

## FIXAÇÃO DE FÓSFORO EM SOLOS ALUVIAIS

*José Nelson Espindola Frota (\*)*

Um dos problemas fundamentais que os solos do Estado do Ceará apresentam é o baixo teor de fósforo disponível às plantas. Esta carência natural, torna quase que imprescindível a aplicação de fertilizantes fosfatados, quando se faz uma agricultura racional. O problema seria relativamente fácil se a solução fosse a simples aplicação de fertilizantes fosfatados. Entretanto, ocorre no solo a fixação do fósforo adicionado, sendo este fato a principal causa da perda temporária de grande parte dos fertilizantes aplicados.

As reações dos adubos portadores de fósforo com o solo depende da natureza e quantidade das superfícies de absorção, pH, compostos de ferro, alumínio e cálcio.

O mecanismo de adsorção de fósforo em solos ácidos ocorre principalmente por precipitação<sup>(6)</sup> ou por reação química de adsorção<sup>(5)</sup> devido a compostos de ferro e alumínio.

A fixação do fósforo adicionado ao solo se processa rapidamente nos estágios iniciais e apesar de decrescer, ainda continua por várias semanas<sup>(3)</sup>.

Resultados obtidos por Hibbard<sup>(4)</sup>, Olsen e Watanabe<sup>(8)</sup> e Renne e McKercher<sup>(10)</sup>, indicam que a fixação do fósforo em condições de laboratório praticamente se completa (80 a 100%) dentro de poucas horas. Devido a rapidez do processo, experimentos de curta duração, em laboratório, têm sido usados para medir a capacidade de fixação de fósforo dos solos. Evidências experimentais<sup>(8)</sup> têm mostrado a validade

destas medidas na determinação do teor de fósforo disponível nos solos.

Inúmeros métodos analíticos foram usados para determinar a fixação de fósforo em solos<sup>(2)</sup>. De modo geral, os métodos consistem em usar um tempo específico de contato entre o solo e a solução de fósforo adicionado. Em alguns métodos a redução na concentração de fósforo na solução é considerada como medida da capacidade de fixação. Outros métodos medem a quantidade de fósforo extraído do solo, depois de estabelecido o equilíbrio com o fósforo adicionado e a comparam com o teor em solo não tratado.

Esta pesquisa foi delineada com a finalidade de determinar a capacidade de fixação de alguns solos aluviais do Ceará, principalmente daqueles situados nas zonas de irrigação. Estudou-se também a correlação existente entre o teor de fósforo fixado e os teores de alumínio solúvel, cálcio trocável e percentagem de argila. O presente trabalho faz parte de uma série de pesquisas que visa determinar as características químicas dos solos do Estado do Ceará.

### MATERIAL E MÉTODO

Vinte e três solos aluviais, representativos de 6 zonas de irrigação do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), no Estado do Ceará, correspondendo aos municípios de Sobral (Açude Aires de Sousa, 5 solos), Tauá (Açude Várzea do Boi, 2 solos), Russas (Açude Santo Antônio, 1 solo), Quixadá (Açude Banabuiu, 3 solos), Icó (Açude Lima Campos, 2 solos), Morada Nova (Projeto Morada Nova, 4

(\*) Professor do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

solos) e Pentecoste (Vale do Curu, 6 solos), foram utilizados neste trabalho.

As amostras de solo foram coletadas dos 20 cm superficiais, e, depois de secas ao ar, destorroadas, peneiradas (peneira com 2 mm de malha), foram analisadas no Laboratório de Solos da Escola de Agronomia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

Para determinar a fixação de fósforo nos referidos solos, adotou-se o método seguinte: em 10 gramas de solo, determinou-se o teor de fósforo solúvel, pelo método de Carolina do Norte, comumente usado na determinação de fósforo disponível em análises de fertilidade na região. Noutras 10 gramas de solo adicionou-se fósforo na forma de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , em 3 diferentes concentrações (50, 100 e 200 ppm). Após agitação de 30 minutos, os solos permaneceram em repouso por 24 horas, quando novamente se determinou o teor de fósforo solúvel. A quantidade de fósforo fixado foi obtida pela equação:

$P \text{ fixado} = (\text{Psn} + \text{Pa}) - \text{Pst}$ , onde,  
 $\text{Psn}$  = fósforo no solo sob condições naturais  
 $\text{Pa}$  = fósforo adicionado  
 $\text{Pst}$  = fósforo no solo após 24 horas de adição

Com o intuito de verificar qual propriedade dos solos estudados mais influenciava a fixação de fósforo, procedeu-se a análise de correlação entre a quantidade de fósforo fixado e os teores de alumínio solúvel, cálcio trocável e percentagem de argila, seguindo-se esquema descrito por Steel e Torrie(11)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises físicas e químicas dos solos estudados estão apresentados na Tabela I. No decorrer da discussão, far-se-á menção aos solos com relação aos números recebidos na tabela mencionada.

Os teores de fósforo fixado nos 23 solos aluviais estão contidos na Tabela II. Os solos em pauta apresentaram alta capacidade de fixação de fósforo, tendo o de número 23, proveniente do Vale do Curu, no município de Pentecos-

te, fixado maior quantidade de fósforo, enquanto o de número 16, do Projeto Morada Nova, fixou o mais baixo teor. O solo de número 23 fixou cerca de 48, 87 e 152 ppm de fósforo, correspondendo a 96%, 87%, 3,76% de fosfato adicionado, decorrentes das aplicações de 50, 100 e 200 ppm de fósforo, respectivamente. Entretanto, o solo número 16 fixou somente 20, 32 e 58 ppm, correspondendo a 41, 32 e 29% do fósforo adicionado, referentes às mesmas aplicações (50, 100 e 200 ppm). Os demais solos fixaram fósforo em teores intermediários aos acima mencionados. Observou-se que a fixação em termos absolutos (ppm) cresceu com o aumento de fosfato adicionado. Todavia, as quantidades relativas, em percentagem de fixação, foram máximas ao se aplicarem 50 ppm de fósforo e atingiram valores menores quando se aplicaram 100 e 200 ppm.

Na Tabela III são apresentados os coeficientes de correlação entre a fixação de fósforo e os teores de cálcio trocável, alumínio solúvel e percentagem de argila. Quando se aplicaram 50 ppm de fósforo aos solos, houve uma significativa correlação positiva entre o fósforo fixado e a quantidade de cálcio trocável ( $r = 0,99$ ), como também com a percentagem de argila ( $= 0,45$ ).

No entanto, não houve correlação com o teor de alumínio solúvel. Esta ausência de correlação entre o fósforo fixado e o teor de alumínio solúvel deve-se, provavelmente, ao pH dos solos ser superior a 6,0, com oito solos não apresentando alumínio solúvel.

Ao serem adicionadas 100 ppm de fósforo, observou-se correlação somente com a percentagem de argila. Nenhuma correlação se verificou na aplicação de 200 ppm de fósforo. Apoiado nestes resultados, pode-se concluir que a fixação devido aos compostos de cálcio ocorre até valores inferiores a 100 ppm de fósforo, enquanto os teores de argila são responsáveis pela fixação até valores acima de 100 ppm de fósforo no solo.

A alta capacidade de fixação de fósforo nos solos aluviais estudados (Tabela II), indica que as recomendações para o uso de fertilizantes fosfatados,

baseadas em prescrições diretas da quantidade de fósforo necessário para elevar o teor no solo a um determinado nível, são mais precisas do que a estimativa da quantidade de fósforo disponível no solo de per si. Reeve e Sumner<sup>(9)</sup> opinam que os químicos de solo têm se preocupado demasiado em determinar o nível de fósforo solúvel no solo, a partir do qual fazem as sugestões para adubação, sem levar em consideração a capacidade de fixação do solo. Os resultados apresentados na Tabela II mostram que uma parcela bastante significativa, em alguns casos mais de 90% do fosfato adicionado ao solo, é fixada, não sendo utilizada de imediato pelas plantas. Entretanto, Kurtz<sup>(7)</sup> afirma que em solos ácidos e neutros as formas de fosfato adsorvidos podem ser prontamente utilizadas pela maioria das culturas e que a conversão à formas menos solúveis ocorre somente após alguns meses da aplicação, dependendo ainda da concentração de fósforo. Mesmo assim, achamos aconselhável que a sugestão para adubação fosfatada, baseada na análise de fósforo solúvel no solo, levasse em consideração algum outro fator, tal como teor de argila do solo.

### CONCLUSÕES

Os 23 solos aluviais estudados apresentaram uma fixação de fósforo que variou de 20,7 ppm (41,4%) a 48,1 ppm (96,2%), quando se adicionou 50 ppm de fósforo solúvel. Com a aplicação de 100 e 200 ppm o valor absoluto de fixação aumentou em cada solo, diminuindo no entanto o percentual fixado.

Correlações significantes ao nível de 1% foram obtidas para o fósforo fixado e os teores de cálcio trocável e percentagem de argila, com a aplicação de 50 ppm de fósforo ao solo. Nas aplicações de 100 e 200 ppm, só houve correlação com a percentagem de argila em 100 ppm. A nenhum nível de fósforo aplicado houve correlação com alumínio solúvel.

Nas sugestões para adubação fosfatada, deve-se levar em consideração o teor de argila dos solos aluviais do Ceará, sugerindo-se maior aplicação de fosfato aos solos mais argilosos.

### SUMMARY

The Phosphorus fixation in 23 alluvial soils of irrigated areas in Ceará, Brazil was determined in this paper. Different concentration of soluble phosphate (50, 100, 200 ppm) was added to the soils and the phosphorus concentration determined after 24 hours. Although the soils studied were capable of fixing large quantities of phosphorus (41 to 96%) considerable variation exists among them. Exchangeable calcium and clay related significantly to phosphorus fixation capacity, but no significance was observed to soluble aluminium.

### BIBLIOGRAFIA

1. BUCKMAN, H. O., e N. C. BRADY. 1966. — *The Nature and Properties of Soils*. The MacMillan Co. New York. 567p.
2. DEAN, L. A. 1949. Fixation of soil phosphorus, pp. 391-411 em A.G. NORMAN (Ed) *Advances in Agronomy*. Academic Press. Inc. New York.
3. HARRIS, C.I. e G.F. WARREN. 1962. Determination of Phosphorus fixation capacity in organic soil. *Sci. Soc. Amer. Proc.* 26: 381-383.
4. HIBBARD, P.L. 1935. Factors influencing phosphate fixation in soils. *Soil Sci.* 39: 337-358.
5. HSU, P.H. 1965. Fixation of phosphate by aluminium and iron in acidic soils. *Soil Sci.* 99: 398-402.
6. KITTRICK, J.A., e M.L. JACK. 1955. Common ion effect on phosphate solubility. *Soil Sci.* 79: 415-421.
7. KURTZ, L.T. 1953. Inorganic phosphorus in acid and neutral soils, pp. 59-80, em W. H. PIERRE e A. G. NORMAN (Ed.) *Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition*. Academic Press Inc. New York.
8. OLSEN, S.R. e F.S. WATANABE. 1957. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir isotherm. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 21: 144-149.
9. REEVE, N.G. e M.E. SUMNER. 1970. Effects of aluminium toxicity and phosphorus fixation on crop growth on oxisols in Natal. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 34: 263-267.
10. RENNIE, D.A. e R.B. MCKERCHER. 1959. Adsorption of phosphorus by four Saskatchewan soils. *Can. J. Soil Sci.* 39: 64-75.
11. STEEL, R.G.D., e J.H. TORRIE. 1960. *Principles and procedures of statistics*. McGraw-Hill book Co., New York, 481 p.

TABELA I  
Características físicas e químicas de 23 solos aluviais do Estado do Ceará

Solo	N.º	Cations trocáveis					pH		P disp.	C.Org.	N total	Arg.	Cond.	Classif. Textural	
		Ca**	Mg**	K*	Na*	Al***	H*	Água/KCl							
Local	meq / 100 g de solo					%		ppm	mmhs/cm						
Sobral	1	11.49	7.27	0.23	1.22	0.17	3.29	6.20	5.80	13	0.98	0.09	42.6	0.40	Arg. silt.
Sobral	2	3.93	2.82	0.22	0.18	0.00	0.83	6.70	5.90	11	0.45	0.07	8.1	0.37	Fr. arenoso
Sobral	3	8.13	6.59	0.17	0.22	0.14	3.24	6.00	5.80	12	1.03	0.11	25.1	0.30	Fr. siltoso
Sobral	4	10.15	8.04	0.437	0.46	0.94	4.03	5.00	4.90	12	1.34	0.14	55.4	0.38	Argila
Sobral	5	10.60	8.32	0.38	0.48	0.21	5.28	5.40	5.00	18	1.26	0.12	33.5	0.75	Fr. Ar. siltoso
Tauá	6	6.68	6.27	0.30	0.26	0.00	1.52	6.80	6.50	19	0.36	0.03	17.5	11.20	Fr. arenosa
Tauá	7	27.51	11.97	0.51	0.46	0.00	0.00	7.00	6.90	32	0.79	0.06	51.8	0.13	Argilosa
Russas	8	0.80	2.00	0.17	0.25	0.04	0.95	6.80	6.20	1	0.19	0.01	5.6	1.05	Arenosa
Quixadá	9	9.88	8.21	0.17	0.26	0.02	1.48	6.60	5.40	5	0.32	0.03	16.2	0.35	Fr. arenosa
Quixadá	10	14.41	8.48	0.51	0.98	0.03	3.38	6.30	5.00	9	1.08	0.09	46.2	0.27	Arg. siltosa
Quixadá	11	9.49	7.01	0.15	1.81	0.02	1.47	6.40	4.80	3	0.27	0.03	16.3	1.65	Fr. arenosa
Icó	12	9.91	8.67	0.86	1.36	0.00	0.00	8.10	7.20	5	0.67	0.06	21.3	0.85	Fr. arg. arenosa
Icó	13	3.21	4.11	0.17	0.33	0.00	0.00	8.60	7.20	3	0.13	0.02	4.4	0.65	Fr. arenosa
Morada Nova	14	5.45	7.51	0.29	2.99	0.00	2.48	6.50	5.30	5	0.33	0.06	22.9	3.30	Arenosa
Morada Nova	15	12.66	5.86	0.34	0.25	0.00	0.00	6.90	5.40	5	0.55	0.05	22.6	0.20	Arenosa
Morada Nova	16	8.26	2.81	0.18	1.92	0.10	3.80	6.00	4.60	16	0.90	0.07	48.5	1.30	Arenosa
Morada Nova	17	19.14	15.99	0.40	1.56	0.03	2.46	6.70	5.00	4	0.62	0.06	62.7	0.25	Argilosa
Pentecoste	18	12.90	8.22	0.39	1.18	0.00	0.00	7.10	6.20	30	1.12	0.10	25.9	2.40	Francosa
Pentecoste	19	4.38	6.52	0.14	1.43	0.05	0.61	6.50	5.60	5	0.37	0.05	17.7	4.50	Arenosa
Pentecoste	20	12.33	9.97	0.90	1.31	0.06	3.10	6.00	5.10	14	1.11	0.12	51.1	2.10	Argilosa
Pentecoste	21	10.40	10.61	0.78	0.97	0.04	4.09	5.90	4.90	4	0.91	0.13	38.9	0.50	Francosa
Pentecoste	22	10.18	6.89	0.27	1.11	0.02	0.82	6.80	6.20	3	0.62	0.10	24.3	0.85	Arenosa
Pentecoste	23	13.29	7.85	0.50	2.47	0.09	1.79	6.80	6.00	18	1.32	0.18	37.7	2.20	Francosa

TABELA II

Fixação de fósforo em 23 solos aluviais do Estado do Ceará.

N.º de Solos	ppm de fósforo adicionado					
	50		100		200	
	P fixado		P fixado		P fixado	
	ppm	%	ppm	%	ppm	%
1	47,3	94,6	90,9	90,9	163,0	82,0
2	26,0	52,0	49,6	49,6	89,6	44,8
3	40,0	80,0	78,7	78,7	153,0	77,0
4	45,0	90,0	87,6	87,6	146,6	73,3
5	37,4	74,8	67,7	67,7	123,7	61,8
6	31,6	62,3	55,2	55,2	88,4	44,2
7	46,0	92,0	92,0	92,0	155,0	77,5
8	36,1	72,2	52,0	52,0	95,0	47,5
9	31,6	63,2	49,0	49,0	89,0	44,5
10	40,2	80,4	79,1	79,1	151,0	75,5
11	24,4	48,8	47,6	47,6	87,6	43,8
12	26,9	53,8	52,9	52,9	100,9	50,5
13	22,7	45,4	34,6	34,6	47,6	23,8
14	45,3	90,6	70,0	70,0	126,0	63,0
15	21,3	42,6	38,3	38,3	64,3	32,1
16	20,7	41,4	32,0	32,0	58,0	29,0
17	43,7	87,4	58,3	58,3	102,3	51,1
18	40,2	80,4	70,8	70,8	119,8	59,9
19	34,1	68,2	65,3	65,3	122,3	61,1
20	42,9	85,8	78,4	78,4	116,4	58,2
21	39,5	79,0	65,0	65,0	121,0	60,5
22	44,6	89,2	86,2	86,2	132,0	66,0
23	48,1	96,2	87,6	87,6	152,6	76,3

TABELA III

Correlação entre a fixação de fósforo e teores de cálcio trocável, alumínio trocável e percentagem de argila, após adição de 3 níveis de fosfato, em 23 solos aluviais do Estado do Ceará.

VARIÁVEIS	FÓSFORO ADICIONADO (ppm)		
	50	100	200
Cálcio x P fixado	0,99++	0,21	0,09
Alumínio x P fixado	0,40	0,36	0,28
% Argila x P fixado	0,54++	0,53++	0,39

++ Significante ao nível de 0.01.