

FIXAÇÃO DE FÓSFORO EM SOLOS DO
MUNICÍPIO DE PIRACICABA*

M.D. Thomazi**
F.de A.F.de Mello***
S. Arzolla***

RESUMO: Foi estudada a capacidade de fixação de fosfato na camada de 0-20cm em oito solos do município de Piracicaba e a disponibilidade do fosfato fixado.

Inicialmente incubou-se por 15 dias porções de 200g de terra com doses crescentes de fósforo (0, 50, 100, 200 e 250ppm de P) mantendo-se a umidade igual a 50-70% de capacidade de embebição de cada terra. A seguir, porções de 4g dessas amostras foram agitadas horizontalmente durante 48 horas, com períodos de repouso eventuais, com solução de CaCl_2 contendo 50ppm de P, procedendo-se, depois, a filtração da solução sobrenadante e a dosagem do teor de fósforo da mesma. A diferença entre os conteúdos de P da solução original e da obtida após a filtração foi considerada fixada. A partir do conhecimento das quantidades fixadas por cada terra foi calculada a quantidade de P que deve ser adicionada a cada uma a fim de anular-lhe o poder de fixação de fosfato. Procedeu-se, também, a extração do P

* Parte da tese de doutoramento do primeiro autor.

** Engenheiro Agrônomo da UNICAMP.

*** Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da E.S.A. "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo - 13.400 - Piracicaba, SP.

disponível das terras incubadas com esse elemento e calcularam-se as quantidades do mesmo necessárias serem adicionadas para que as terras mantenham um teor médio de P assimilável. Os principais resultados foram os seguintes: Para anular a capacidade de fixação de fosfato dos solos estudados devem ser-lhes fornecidos de 62 a 2015ppm de P e a capacidade de fixação está relacionada com o teor de argila e o teor de Fe livre. Para que os solos em apreço possam manter um teor de 16 ou 40ppm na solução devem ser-lhes adicionados fosfatos solúveis nas doses que variaram de 6 a 51ppm ou 42-106ppm.

Termos para indexação: Fixação de fosfato, adsorção de fosfato, fósforo disponível.

PHOSPHORUS FIXATION IN SOILS FROM THE MUNICIPALITY OF PIRACICABA

ABSTRACT: Phosphate fixation capacity of eight soils representative of the Piracicaba municipality, State of São Paulo, Brazil, were studied. Representative samples of the following soils were utilized: Iracema, Luiz de Queiroz, Pau D'Alho, Monte Olimpo, Lageadinho, Quebra Dente, Gibóia e Ribeirão Claro. Once the amount of phosphate fixed by each soil was known, the quantity of P to be added to neutralize their respective fixing capacities was calculated. The available P from soils incubated without this element was extracted and a calculation was made to verify how much of it must be added to the soils for them to maintain their mean values of available phosphorus. Mean values of available P, soluble phosphate that must be added to the soils varied according to soil type. It was concluded that the percentage of clay is a good index to evaluate the capacity of phosphate retention by soils from the municipality of Piracicaba.

Index terms: phosphate fixation, phosphate adsorption, available phosphorus.

INTRODUÇÃO

Pesquisadores ligados à adubação das culturas, à fertilidade do solo e os químicos de solo têm considerado muito importante o fenômeno da fixação do fosfato e têm dedicado muito de seus esforços ao estudo desse fenômeno.

Vários autores têm apresentado importantes revisões bibliográficas relativas ao fato (DEAN, 1949; KURTZ, 1953; OLSEN, 1953; HEMMWALL, 1957; CATANI, 1947).

A fixação do fósforo pelo solo se dá rapidamente de modo que ela compete com a planta na aquisição do nutriente em apreço. Em condições de laboratório o fenômeno se completa quase totalmente dentro de poucas horas (HIBBARD, 1935; OLSEN & WATANABE, 1957; RENNIE & McKERCHER, 1959; FROTA, 1973; GHANI & ISLAM, 1946).

Por um lado, a fixação do fósforo é um processo prejudicial às plantas; por outro lado, trata-se de um fenômeno benéfico porque evita as perdas por lixiviação. Além disso, não se pode afirmar que o fósforo fixado está totalmente perdido para os vegetais, pois há trabalhos que comprovam que o citado nutriente, após a adsorção* no terreno de cultivo, continua sendo absorvido durante muitos anos embora de maneira parcimoniosa, conforme citam CATANI (1947), em algodoeiro, MENDES (1950), em cafeeiro, e GOEDERT *et alii* (1987), em milho e *Brachiaria humidicola*.

No que concerne à capacidade de fixação de P dos solos do município de Piracicaba poucos trabalhos têm

* Os termos fixação, adsorção e retenção são usados como sinônimos neste trabalho.

sido realizados. Alguns serão citados a seguir.

Baseado no princípio do valor A de FRIED & DEAN (1954), MELLO (1970) calculou que várias terras eram capazes de reter de 0,06 a 1,91mg de P por 100g.

MELLO *et alii* (1979), MELLO *et alii* (1980) e MELLO (1982), por meio de ensaios de incubação, em laboratório, concluíram que as capacidades de fixação de fosfato de um regossolo, de um latossolo e de um solo hidromórfico seriam anuladas pela adição de 560kg/ha de P_2O_5 , 365kg/ha de P_2O_5 e 1265kg/ha de P_2O_5 , respectivamente.

Considerando a significância do fato em discussão, que Piracicaba é um município agrícola importante e que a retenção do fosfato não tem sido suficientemente estudada em solos dessa região, decidiu-se fazer o presente trabalho com as seguintes finalidades:

a) Determinar as quantidades de fósforo que devem ser adicionadas às terras a fim de anular-lhes o poder de fixação de fosfato.

b) Estimar quanto desse elemento deve ser incorporado ao solo para manter um teor médio de P disponível (16 a 40ppm).

MATERIAL E MÉTODOS

Os solos utilizados neste trabalho ocorrem no município de Piracicaba: séries Iracema (Latossolo Roxo), Luiz de Queiroz (Terra Roxa Estruturada), Pau D'Alho (Terra Roxa Estruturada, fase rasa), Monte Olimpo (Hidromórfico), Lageadinho (Cambissolo), Quebra Dente e Giboia (Podzólico Vermelho Amarelo) e Ribeirão Claro (Areia Quartzosa).

Algumas características químicas e granulométricas desses solos estão nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Resultados da análise química das terras

Solo Série	pH CaCl ₂	M.O. %	P.resina µg/cm ³	Al ³⁺ troçável meq/100cm ³	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %
Iracema	5,2	2,60	6,52	0,10	6,54	± 10
Pau D'Alho	6,0	3,07	14,35	0,13	3,71	-
Monte Olimpo	4,1	3,44	8,26	1,40	1,84	-
Ribeirão Claro	4,7	1,58	3,04	0,24	0,60	-
Quebra Dente	4,1	1,67	8,70	1,60	0,38	-
Gibóia	6,3	1,30	19,57	0,11	1,51	-
Lageadinho	4,8	4,37	9,13	0,26	1,81	-
Luiz de Queiroz	6,1	1,40	2,17	0,08	7,83	-

Tabela 2. Resultados da análise granulométrica das terras

Solo Séries	Frações		
	Areia	Limo	Argila (calgon)
Iracema	23,9	18,1	58,0
Pau D'Alho	37,9	30,0	32,3
Monte Olimpo	35,7	36,2	28,1
Ribeirão Claro	91,4	0,6	8,0
Quebra Dente	61,0	30,0	9,0
Gibóia	74,6	5,0	20,4
Lageadinho	24,7	43,3	32,0
Luiz de Queiroz	26,7	23,8	49,5

Porções de 200g de cada terra foram transferidas para copos de plástico recebendo 0, 50, 100, 150, 200 e 250ppm de P como solução de KH_2PO_4 . Após a secagem, as terras foram destorroadas, homogeneizadas e retornadas aos copos respectivos onde receberam água até o poder de embebição e foram mantidas úmidas, durante 15 dias, a 50-70% do poder de embebição. Depois foram secas, destorroadas e homogeneizadas.

Com as terras preparadas conforme descrito acima foram feitos dois ensaios, descritos a seguir.

Primeiro ensaio: Estudo da fixação do fósforo após a incubação com fosfato

Porções de 4g de terra foram passadas para frascos de Erlenmeyer de 250ml cada um recebendo 100ml de solução 0,01 M em CaCl_2 e contendo 50ppm de P proveniente do KH_2PO_4 .

Após 48 horas de agitação horizontal, com repousos eventuais, fez-se a filtração e determinação do teor de P do extrato.

A diferença entre os conteúdos de P da solução original e do extrato final foi considerada fixada. A dosagem do P foi feita pelo método colorimétrico do vanadomolibdato de amônio (KIEHL & PORTA, 1980).

Foram estudadas as correlações entre as doses de P postas a incubar com as quantidades fixadas por cada terra. Através da equação correspondente foi calculada a concentração de P solúvel que deve ser adicionada a cada terra para anular-lhe o poder de fixação de fosfato.

Segundo ensaio: Estudo da disponibilidade do P após a incubação.

Procedeu-se à extração do P disponível das terras pelo método da resina (RAIJ & QUAGGIO, 1983) e fez-se o estudo das correlações entre os teores disponíveis em contrados e aqueles postos a incubar.

Por meio das equações de regressão foram calculadas as concentrações de P necessárias serem mantidas nas terras para que elas conservem um teor médio desse elemento na forma disponível, isto é, entre 16 e 40ppm, segundo RAIJ *et alii* (1985).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudo da fixação do fósforo após a incubação com fosfato.

Os resultados obtidos após a incubação, a respeito dos teores de P fixado pelas terras, estão na Tabela 3.

A presença de números negativos significa que a terra, em vez de fixar fósforo da solução de trabalho, liberou P considerado fixado.

Com os dados da Tabela 3 foram calculadas as equações de regressão entre os teores de P fixado e aqueles postos na incubação. Os resultados obtidos estão nas

equações, apresentadas a seguir, em que y são os teores de P fixado e x os teores de P postos a incubar com as terras.

$y = 845,670 - 0,584 x$	$r = -0,97^{**}$	Solo Iracema
$y = 953,125 - 0,473 x$	$r = -0,92^{**}$	Solo Luiz de Queiroz
$y = 716,429 - 0,723 x$	$r = -0,99^{**}$	Solo Monte Olimpo
$y = 488,473 - 1,085 x$	$r = -0,97^{**}$	Solo Lageadinho
$y = 372,857 - 1,039 x$	$r = -0,97^{**}$	Solo Pau D'Alho
$y = 143,395 - 1,489 x$	$r = -0,95^{**}$	Solo Quebra Dente
$y = 253,455 - 1,369 x$	$r = -0,96^{**}$	Solo Gibóia
$y = 105,330 - 1,688 x$	$r = -0,97^{**}$	Solo Ribeirão Claro

Tabela 3. Teores de P fixado pelas terras após a incubação, ppm

Solo Série	Concentrações de P postas a incubar, ppm					
	0	50	100	150	200	250
Iracema	851	827	782	732	728	716
Luiz de Queiroz	968	941	872	869	866	848
Monte Olimpo	712	688	652	604	544	524
Lageadinho	496	464	332	332	260	236
Pau D'Alho	392	317	272	173	164	140
Quebra Dente	154	124	-52	-132	-160	-182
Gibóia	257	227	92	-4	-28	-50
Ribeirão Claro	156	128	-100	-154	-268	-280

Utilizando-se as equações de regressão referidas calcularam-se os teores de P que cada terra deve conter a fim de anular o seu poder de fixar fósforo, embora se reconheça que isso não é exato. Os resultados são apresentados na Tabela 4.

Constataram-se correlações significativas entre os dados da Tabela 4 e os teores de argila e de óxido de ferro livre representados pelas seguintes equações

de regressão:

a) Para a argila:

$$y = -332,16 + 34,83 x \quad r = 0,86^{**}$$

b) Para o Fe_2O_3 livre

$$y = 6,38 + 233,42 x \quad r = 0,93^{**}$$

Tabela 4. Teores de P que cada terra deve receber a fim de não fixar mais fosfato

Solo Série	Teor de P ppm
Iracema	1448
Luiz de Queiroz	2015
Monte Olimpo	991
Lageadinho	450
Pau D'Alho	359
Quebra Dente	97
Gibóia	185
Ribeirão Claro	62

Esses resultados mostram que quanto mais rico em argila e em Fe_2O_3 livre, mais fosfato é necessário adicionar ao solo para anular ou reduzir significativamente o seu poder de reter esse ânion; e, no que se refere à argila, cuja dosagem é mais simples que a do Fe_2O_3 livre e, ainda, este está contido nela, o resultado está de acordo com LOPES & COX (1979) que dizem, em relação a solos de cerrado: "Do ponto de vista agrônômico, a percentagem de argila é a variável mais recomendada para estimar a capacidade de fixação de fósforo nesses solos".

Estudo da disponibilidade do fósforo após a incubação.

Os resultados obtidos estão na Tabela 5.

Tabela 5. Teores de fósforo disponível após a incubação

Solo Série	Concentrações de P postas a incubar					
	0	50	100	150	200	250
Iracema	8	25	62	109	118	173
Luiz de Querioz	1	11	36	40	92	106
Monte Olimpo	9	27	48	99	109	121
Lageadinho	11	23	47	68	103	152
Pau D'Alho	18	40	66	93	135	164
Quebra Dente	5	41	74	114	160	207
Gibóia	11	38	78	143	173	211
Ribeirão Claro	2	33	75	130	169	198

Com os dados da Tabela 5 foram determinadas as equações de regressão referidas em MATERIAL E MÉTODOS, segundo ensaio. São as seguintes (x representa ppm de P posta a incubar e y ppm de P disponível nas terras após a incubação).

$y = 0,750 + 0,658 x$	$r = 0,99^{**}$	Solo Iracema
$y = -6,813 + 0,441 x$	$r = 0,97^{**}$	Solo Luiz de Queiroz
$y = 8,370 + 0,490 x$	$r = 0,98^{**}$	Solo Monte Olimpo
$y = -1,020 + 0,549 x$	$r = 0,98^{**}$	Solo Lageadinho
$y = 11,870 + 0,596 x$	$r = 0,99^{**}$	Solo Pau D'Alho
$y = 0,290 + 0,803 x$	$r = 0,99^{**}$	Solo Quebra Dente
$y = 4,618 + 0,836 x$	$r = 0,99^{**}$	Solo Gibóia
$y = 1,368 + 0,990 x$	$r = 0,99^{**}$	Solo Ribeirão Claro

Com essas equações foram calculadas as concentrações de P necessárias serem adicionadas a cada terra para que elas possam conter um teor médio desse elemento, isto é, de 16 a 40ppm. Os resultados encontrados

se acham na Tabela 6.

Tabela 6. Concentração de P, em ppm, necessárias serem adicionadas a cada terra para manter um teor médio desse elemento na forma disponível

Solo Série	P adicionado para manter	
	16	40
Iracema	23	59
Luiz de Queiroz	51	106
Monte Olimpo	15	64
Lageadinho	31	74
Pau D'Alho	6	47
Quebra Dente	19	49
Gibõia	13	42
Ribeirão Claro	17	46

Nota-se que o solo que requer mais P para manter um teor médio é o Luiz de Queiroz, seguido do Lageadinho. Os demais requerem teores menores, inclusive o Iracema, o que, em trabalho anterior, revelou maior poder de fixação quando não incubado previamente com fosfato.

As observações acima são importantes, sobretudo no caso do Lageadinho, devido à sua pequena espessura.

Outra observação interessante é a de que a disponibilidade do P parece não estar inteiramente associada à capacidade inicial de fixação do solo, antes da incubação, pois solos sabidamente grandes fixadores desse elemento (Iracema e Monte Olimpo) liberaram-no tanto quanto aqueles que revelaram capacidades de retenção mais baixas. Com o Lageadinho ocorreu o inverso.

De qualquer modo, sobretudo nos solos com grande poder de retenção esses resultados estão de acordo com

os observados por outros autores (NOVAES & KAMPRATH, 1978) de que o P fixado, em particular o recém fixado é, em parte ao menos, disponível às plantas.

CONCLUSÕES

Para anular a capacidade de fixação de fósforo dos solos do município de Piracicaba estudados neste trabalho devem ser-lhes fornecidas quantidades que variam de 62 a 2015ppm de P, sendo que esta propriedade está correlacionada positivamente com os teores de argila dos mesmos.

Para que os solos em apreço mantenham teores médios de P solúvel, 16 a 40ppm pelo método da resina, devem ser-lhes adicionados fosfatos solúveis nas concentrações que variam entre 6 a 51ppm e 42 a 106ppm, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CATANI, R.A. Contribuição ao estudo dos fosfatos, sua dosagem, extração e distribuição nos solos do Estado de São Paulo. Piracicaba, 1947. 65p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ USP).
- DEAN, L.A. Fixation of soil phosphorus. *Advances in Agronomy*, New York, 1:391-409, 1949.
- FRIED, M. & DEAN, L.A. A concept concerning the measurement of available soil nutrients. *Soil Science*, New Jersey, 73:263-72, 1952.
- FROTA, J.N. & ESPINDOLA, N. Fixação de fósforo em solos aluviais. *Ciência Agrônômica*, Porto Alegre, 3:89-94, 1973.
- GHANI, M.O. & ISLAM, M.A. Phosphate fixation in acid soils and its mechanism. *Soil Science*, New Jersey, 62:293-306, 1946.

- GOEDERT, J.W.; SOUZA, D.M.G.de; LOBATO, E. Fósforo. In: GOEDERT, J.W. *Solos dos cerrados*. São Paulo, Nobel, 1987. p.129-66.
- HEM WALL, J.B. The fixation of phosphorus by soils. *Advances in Agronomy*, New York, 9:95-112, 1957.
- HIBBARD, P.L. Factors influencing phosphate fixation in soils. *Soil Science*, New Jersey, 39:337-58, 1935.
- KIEHL, E.J. & PORTA, A. *Análises de lixo e compostos*. Piracicaba, ESALQ, Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes, 1980. 55p.
- KURTZ, L.T. Inorganic phosphorus in acid and neutral soils. In: PIERRE, W.H., ed. *Soil and fertilizers phosphorus in crop nutrition*. New York, Academic Press, 1953. p.59-88.
- LOPES, A.S. & COX, F.R. Relação de características físicas, químicas e mineralógicas com fixação de fósforo em solos sob cerrados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 3:82-8, 1979.
- MELLO, F.A.F. Um método para avaliar a capacidade de fixação de fosfato pelo solo, empregando P^{32} . *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 27:347-52, 1970.
- MELLO, F.A.F.; COELHO, E.J.P.; PALHANO, J.B.; HENKLAIN, J.C.; NETO, L.C. Efeito do tratamento de um regosol com fosfato sobre a capacidade de fixação de fósforo do mesmo. *Ecossistema*, Espírito Santo do Pinhal, 4:93-5, 1979.
- MELLO, F.A.F.; BALONI, E.A.; JANKOVSKY, I.P.; SILVA, A.P.; KOFFLER, N.P.; VALERIO FILHO, M. Efeito do tratamento de um latossol com fosfato sobre a capacidade de fixação de fósforo do mesmo. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 55:127-31, 1980.
- MELLO, F.A.F. Efeitos da adição de doses crescentes de fosfato monocálcico sobre a capacidade de fixação de fosfato de um solo hidromórfico. *Revista de*

Agricultura, Piracicaba, 57:147-51, 1982.

MENDES, C.T. Adubações fosfatadas. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 25:1-22, 1950.

NOVAES, R.F. & KAMPRATH, E.J. Phosphorus supplying capacity of previously heavily fertilized soils. *Journal of the Soil Science Society of America*, Madison, 42:931-5, 1978.

OLSEN, S.R. Inorganic phosphorus in alkaline and calcareous soils. In: PIERRE, W.H., ed. *Soil and fertilizers phosphorus in crop nutrition*. New York, Academic Press, 1953. p.89-122.

OLSEN, S.R. & WATANABE, F.S. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir isotherm. *Journal of the Soil Science Society of America*, Madison, 21:144-9, 1957.

RAIJ, B.van & QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. *Boletim Técnico. Instituto Agronômico*, Campinas (81):1-31, 1983.

RAIJ, B.van; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CANTARELA, H.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. *Boletim Técnico. Instituto Agronômico*, Campinas (100):1-107, 1985.

RENNIE, D.A. & McKERCHER, R.B. Adsorption phosphorus by four Saskatchewan soils. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, 39:64-75, 1959.

Entregue para publicação em: 22/09/89

Aprovado para publicação em: 22/03/90