

# COMISSÃO IV — FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

## FORMAS DE FÓSFORO INORGÂNICO E FÓSFORO "DISPONÍVEL" EM UM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO, FERTILIZADO COM DIFERENTES FOSFATOS (1)

A.F.C. BAHIA FILHO(2), C.A. VASCONCELLOS(2), H.L. SANTOS(2),  
J.F. MENDES(2), G.V.E. PITTA(2) & A.C. OLIVEIRA(2)

### RESUMO

Em amostras compostas superficiais de um Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa fase cerrado, foram efetuadas análises de formas inorgânicas de fósforo e fósforo "disponível" pelos extratores Bray 1, Bray 2, Mehlich 1 e Olsen. As amostras foram retiradas das parcelas que haviam recebido a aplicação de superfosfato triplo (100, 200, 400 e 800kg/ha de  $P_2O_5$ ), fosfato-de-araxá (200 e 400kg/ha de  $P_2O_5$ ), fosfato-de-patos-de-minas (200, 400 e 800kg/ha de  $P_2O_5$ ), termofosfato Yoorin (200 e 400kg/ha de  $P_2O_5$ ) e uma testemunha. Todos os extratores removeram a forma  $P-NH_4F$  quando foi aplicado o superfosfato triplo. Houve, no entanto, modificações nas demais formas na ordem  $P-NH_4F > P-NaOH > P-H_2SO_4$ . A aplicação de fosfatos naturais (fosfato-de-araxá e fosfato-de-patos-de-minas) promoveu alterações somente na forma  $P-H_2SO_4$ , que foi extraída pelo Bray 2 e Mehlich 1, enquanto o Bray 1 removeu  $P-NH_4F$ . A forma  $P-NaOH$  foi afetada pela aplicação do termofosfato Yoorin e extraída preferencialmente pelo Bray 1 e Bray 2. Para o extrator Olsen, não houve remoção preferencial de nenhuma forma no fosfato-de-araxá, fosfato-patos-de-minas e termofosfato Yoorin. Esse mesmo comportamento foi também verificado para o extrator Mehlich 1, com o último fosfato. Os dados obtidos com o extrator Bray 1 mostraram claramente as alterações ocorridas na disponibilidade de P com a aplicação das diferentes fontes de fósforo.

### SUMMARY: INORGANIC AND "AVAILABLE" FORMS OF PHOSPHORUS IN A DARK RED LATOSOL AFTER APPLICATION OF DIFFERENT PHOSPHATES

Surface soil samples of clayey Dark Red Latosol, cerrado phase, were analysed inorganic forms of phosphorus by the extractors Bray 1, Bray 2, Mehlich 1 and Olsen methods. After the harvesting of sorghum (hybrid NK 233) the soil samples were collected in plots where triple superphosphate (100, 200, 400 and 800 kg  $P_2O_5$ /ha), Araxá natural rock phosphate (200 and 400 kg  $P_2O_5$ /ha), 'Patos de Minas' natural rock phosphate (200 and 400 kg  $P_2O_5$ /ha), Yoorin termophosphate (200 and 400 kg  $P_2O_5$ /ha) were applied as broadcast. A check plot was included. All the extractors tested removed  $P-NH_4F$  form in plots where triple superphosphate had been applied. On the other hand, differences were observed in relation to other forms, in the following order:  $P-NH_4F > P-NaOH > P-H_2SO_4$ . The fertilization with Rock phosphate (Araxá and Patos de Minas) promoted changes in  $P-H_2SO_4$  form only. This form was extracted by the Bray 2 and Mehlich 1 methods, while the Bray 1 method removed the  $P-NH_4F$  form. The  $P-NaOH$  form was affected by the application of Yoorin thermophosphate and was extracted preferentially by the Bray 1 and Bray 2 methods. In treatments receiving rock phosphates, the Olsen method in relation to other methods gave a low correlation with the inorganic phosphorus forms extracted. Similar behavior was observed with Mehlich 1 method and Yoorin thermophosphate. The results obtained with Bray 1 method showed clearly the changes in the availability of P by using different sources of phosphorus.

(1) Trabalho apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Manaus, 8 a 13 de julho de 1979. Recebido para publicação em agosto de 1981 e aprovado em maio de 1982.

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

## INTRODUÇÃO

Em solos com alta capacidade de adsorção de fósforo, tem sido recomendado o uso de fosfatos naturais como forma de aumentar a eficiência de utilização dos fosfatos solúveis, aplicados no sulco de plantio. O emprego desses fosfatos como única fonte de fósforo para o vegetal tem apresentado, no entanto, resultados contraditórios.

Um dos problemas que surge, quando do seu uso, é a escolha de extratores que retratem com fidelidade as modificações de disponibilidade de P no solo. Os extratores ácidos, por exemplo, podem acarretar sérias dificuldades na interpretação dos resultados em virtude da dissolução de formas de P não disponíveis para as plantas. Alguns trabalhos, como os de Smith et alii (1957), Feitosa & Raij (1976), Brown et alii (1977) e Raij (1978) apresentam os extratores Bray 1, Bray 2 e Olsen como possíveis soluções para esse tipo de problema.

O conhecimento das formas de P inorgânico, relacionadas com os teores de P "disponível" obtidos pelos extratores, permite a identificação das formas extraídas preferencialmente e suas alterações decorrentes da aplicação de fosfatos.

A quantificação das formas inorgânicas e sua relação com os teores de P "disponível" obtidos pelos extratores Bray 1, Bray 2, Mehlich 1 e Olsen após a aplicação de fosfatos solúvel e de rocha, constitui o objetivo deste trabalho.

## MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se amostras superficiais compostas de um Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa, fase cerrado, localizado no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas (MG). Neste solo (Quadro 1), foi instalado um experimento em 1976, comparando o efeito da adubação verde sobre o aproveitamento de fosfatos pela cultura do sorgo. A metodologia empregada foi anteriormente descrita por França et alii (1979). Nesse trabalho, sete meses após a aplicação dos fertilizantes fosfatados, tomaram-se vinte subamostras por parcela para composição da amostra composta em um experimento de sorgo, cujas parcelas haviam recebido anteriormente 100, 200, 400 e 800kg/ha de  $P_2O_5$  na forma de superfosfato triplo, 200 e 400kg/ha de  $P_2O_5$  na forma de termofosfato Yoorin e fosfato-de-araxá e 200, 400 e 800kg/ha  $P_2O_5$  como fosfato de patos-de-minas, além de uma testemunha. As quantidades de  $P_2O_5$  aplicadas foram calculadas, considerando-se o teor de  $P_2O_5$  total de cada fonte (Quadro 2). Os fosfatos foram também caracterizados quanto aos teores de  $P_2O_5$  solúvel, em ácido cítrico a 2% na relação 1:100 e a composição granulométrica (Quadro 2). A aplicação dos fertilizantes foi efetuada a lanço e a incorporação com enxada rotativa.

As frações de fósforo inorgânico foram determinadas pelo método de Chang & Jackson (1957), em duas repetições do ensaio, analisando-se somente as

Quadro 1. Análise química do Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa de Sete Lagoas (MG)

Profundidade	pH H <sub>2</sub> O	M.O.	P	Cátions trocáveis			
				Ca	Mg	Al	K
cm		%	ppm	meq/100 cm <sup>3</sup>			ppm
0-20	5,50	3,07	3	2,80	1,05	0,23	39
20-40	5,20	2,55	1	1,33	0,50	0,72	25

Quadro 2. Características químicas e físicas dos fosfatos utilizados

Fosfatos	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		Granulometria (Mesh)				
	Total	Ác. Cítrico	>60	60-100	100-150	150-200	<200
	%						
Araxá	25,97	4,08	0,6	4,4	10,0	14,2	70,0
Patos-de-minas	25,79	6,72	0,4	1,2	3,6	0,2	85,6
Termofosfato de Yoorin	19,53	16,71	11,2	14,4	10,8	13,0	50,6
Super triplo	53,29	45,20	—	—	—	—	—

quatro primeiras fases, conforme adaptação proposta por Braga (1972) e com o pH de 8,2 na solução de  $\text{NH}_4\text{F}$  0,5 M (Fife, 1959 a e b). O fósforo no filtrado foi determinado colorimetricamente pelo método de Murphy & Riley (1962).

Os teores de fósforo "disponível" foram obtidos pelos extratores Bray 1, Bray 2, Mehlich 1 e Olsen (Quadro 3), em quatro repetições do ensaio, e quantificados colorimetricamente pelo método de Braga & Defelipo (1974).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão. Para o ajuste da regressão múltipla, empregou-se o método de regressão por Stepwise (passo a passo).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Relações entre teores de fósforo "disponível" e formas de fósforo inorgânico*

Na determinação da fração de fósforo solúvel em  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , não se constataram concentrações de fósforo dentro da sensibilidade do método empregado.

Os coeficientes de correlação entre os teores de fósforo "disponível" obtidos através de vários extratores são apresentados no quadro 4.

A ocorrência de valores significativos nos coeficientes de correlação obtidos sugere, como acentuam Bahia Filho & Braga (1975), a extração preferencial de determinada forma de fósforo.

Quando foram consideradas todas as fontes, obteve-se o valor de coeficiente de correlação alto,

apenas entre o fósforo "disponível" pelo método de Mehlich e o "disponível" dado por Bray 2. Embora significativos, os coeficientes de correlação entre as concentrações de fósforo obtidas por Bray 1 e Bray 2, e Bray 1 e Olsen, são bastante inferiores aos apresentados por Mehlich e Bray 2. Conseqüentemente, na maioria das fontes, os extratores Mehlich 1 e Bray 2 removeram preferencialmente as mesmas formas de fósforo, o que levou à obtenção de elevados coeficientes de correlação. A forma removida foi  $\text{P-NH}_4\text{F}$  no superfosfato triplo e  $\text{P-H}_2\text{SO}_4$  nos fosfatos-de-araxá e patos-de-minas (Quadro 5). O extrator Mehlich 1 dissolve P-Ca em solos que contenham essa forma em quantidade apreciável e P-Al em solos com baixo P-Ca (Kamprath & Watson, 1980). A sua ação consiste no fornecimento de íons hidrogênio que solubilizam fosfatos de cálcio e, em menor extensão, fosfatos de alumínio e ferro. A ordem de solubilidade esperada é  $\text{P-Ca} > \text{P-Al} > \text{P-Fe}$  (Thomas & Peaslee, 1973). No caso do superfosfato triplo, a remoção preferencial foi  $\text{P-NH}_4\text{F}$ , tendo em vista a maior atividade dessa forma em relação a  $\text{P-H}_2\text{SO}_4$  (Quadro 5).

Quando se consideram os fosfatos naturais, a forma removida ( $\text{P-H}_2\text{SO}_4$ ) é constituída de fosfato de cálcio que veio, provavelmente, do fertilizante aplicado e que ainda não reagiu com o solo.

O mesmo comportamento se verifica com o extrator Bray 2, dada a sua acidez. A extração de  $\text{P-NH}_4\text{F}$  por esse extrator deve-se também à ação complexante do fluor sobre o alumínio (Thomas & Peaslee, 1973).

O extrator de Olsen tem a sua extração baseada em hidrólise de Al ou Fe (Kamprath & Watson, 1980), não removendo fosfatos básicos de cálcio

Quadro 3. Extratores químicos utilizados para obtenção dos teores de P disponível

Extrator	Composição química	Relação solo/solução	Tempo de agitação	Referência
Bray 1	$\text{NH}_4\text{F}$ 0,03N	1:10	1	Bray (1947)
	+ HCl 0,025N			
Bray 2	$\text{NH}_4\text{F}$ 0,03N	1:10	1	Bray (1947)
	+ HCl 0,1N			
Mehlich 1	$\text{H}_2\text{SO}_4$ 0,025N	1:10	5	Vettori (1969)
	+ HCl 0,05N			
Olsen	$\text{NaHCO}_3$ 0,5M	1:20	30	Jackson (1968)

(Thomas & Peaslee, 1973). Dessa forma, justifica-se a atuação desse extrator somente quando foi aplicado o superfosfato triplo.

O extrator Bray 1 apresentou coeficiente de correlação significativo unicamente com o Bray 2 nas fontes superfosfato triplo e termofosfato Yoorin. (Quadro 4). O Bray 1 difere do Bray 2 apenas em acidez (Quadro 3). Essa diferença, no entanto, é suficiente para que o Bray 1 não remova  $P-H_2SO_4$  de fosfatos naturais e que a extração nesta situação seja preponderantemente de fósforo ligado ao alumínio (Quadro 5). Assim, o extrator de Bray 1, através do íon fluoreto e da sua menor acidez, é sensível a modificações na disponibilidade de P causadas pela reação do fosfato natural com o solo. Quando se considera o termofosfato Yoorin, a forma extraída preferencialmente é a P-NaOH. O termofosfato é um produto de reação básica (França et alii, 1979) e, provavelmente, a sua aplicação reprimiu a formação de formas de fósforo ligadas a Al. Dessa forma, os extratores Bray 1 e Bray 2 removeram P-NaOH (Quadro 5) possivelmente em razão da maior atividade dessa forma, através da ação complexante do flúor sobre o ferro. Semelhante resultado foi obtido por Braga & Defelipo (1972), em amostras de solo com calagem onde os extratores Bray 1 e Bray 2 removeram P-NaOH, não sendo significativa a contribuição da forma  $P-NH_4F$ .

### Fósforo disponível e formas de fósforo inorgânico em função do nível e da fonte de fertilizante

A análise de variância dos teores de fósforo "disponível" e das diferentes formas de fósforo evidenciou que a aplicação de superfosfato triplo alterou as concentrações de P obtidas por todos os extratores, bem como todas as frações de P inorgânico.

As equações ajustadas entre P disponível e níveis de  $P_2O_5$  aplicados (Figura 1) mostram que a maior recuperação foi obtida com o uso do extrator Bray 1 e, a menor, com o Olsen. As declividades obtidas refletem o poder tampão do solo em estudo. Comparativamente aos valores determinados por Freire et alii (1979) para os extratores Mehlich 1 e Bray 2, obtive-se, no presente trabalho, menor recuperação do P aplicado, indicando que o solo aqui empregado apresenta maior fator capacidade que os solos utilizados por Freire et alii (1979).

As amplitudes de variação encontradas foram maiores para o extrator Bray 1, (11,1 ppm), seguindo-se Bray 2 e Mehlich 1 (9,9 ppm) e Olsen (6,3 ppm).

A aplicação do superfosfato triplo promoveu alterações com maior intensidade na forma  $P-NH_4F$  (Figura 2). A comparação entre as declividades das regressões ajustadas entre doses de  $P_2O_5$  e fósforo inorgânico nas diferentes frações caracteriza a se-

Quadro 4. Coeficientes de correlação linear entre teores de P disponível obtidos por extratores em amostras de solo com diferentes fosfatos

Fonte	Extrator	Coeficiente de correlação (r)		
		Bray 1	Bray 2	Olsen
Todas as fontes	Mehlich 1	0,095	0,961**	-0,034
	Bray 1		0,294*	0,387**
	Bray 2			0,093
Superfosfato triplo	Mehlich 1	0,888**	0,905**	0,586**
	Bray 1		0,913**	0,527*
	Bray 2			0,657**
Fosfato-de-araxá	Mehlich 1	0,228	0,913**	-0,151
	Bray 1		0,463	-0,232
	Bray 2			-0,079
Fosfato-patos-de-minas	Mehlich 1	0,448	0,990**	0,178
	Bray 1		0,461	-0,450
	Bray 2			0,154
Termofosfato-de-Yoorin	Mehlich 1	0,544	0,627*	0,754**
	Bray 1		0,832**	-0,466
	Bray 2			-0,109

\* Excede o nível de 5%.

\*\* Excede o nível de 1%.

guinte ordem de alteração: P-NH<sub>4</sub>F > P-NaOH > P-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

De maneira análoga ao trabalho de Braga & De-felipo (1972), foram encontrados os maiores valores de P na forma extraída por NaOH, seguindo-se NH<sub>4</sub>F e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. A forma solúvel em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> apresentou valores elevados para esse tipo de solo, podendo ter ocorrido, como salientam Williams et alii (1967), remoção de formas solúveis em redutor.

As quantidades aplicadas dos fosfatos-de-araxá e patos-de-minas somente alteraram significativamente os teores de P disponível obtidos pelos extractores Bray 2 e Mehlich 1. Quanto às formas de P no solo, apenas a solúvel em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> foi estatisticamente afetada. Esse comportamento reforça o fato anteriormente discutido de que, nessas fontes, esses dois extractores removem o P-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> do próprio fertilizante fosfatado e que ainda não reagiu com o solo. Nos dois fosfatos, os teores obtidos pelo extractor Mehlich foram iguais ou superiores aos obtidos por Bray 2 (Figura 1). No entanto, o fato de os extractores citados refletirem o P proveniente do fertilizante que não reagiu com o solo, indica a inadequação dos mesmos para avaliação da disponibilidade de P em solo que tenha recebido fosfato natural (patos-de-minas ou de-araxá).

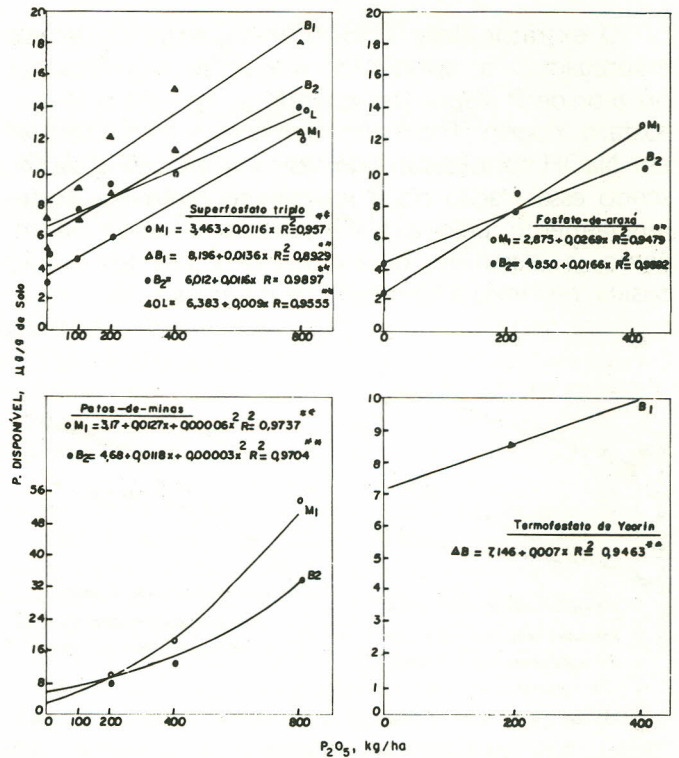


Figura 1. Variação de fontes de fósforo disponível obtidos por vários extractores em função do nível de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado e da fonte de fertilização.

Quadro 5. Equações de regressão ajustadas entre P disponível e frações de fósforo inorgânico nos diferentes fosfatos

Extra- tor	R <sup>2</sup> devido a cada variável			R <sup>2</sup>	Equação de regressão
	P-NH <sub>4</sub> F(X <sub>1</sub> )	P-NaOH(X <sub>2</sub> )	P-H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (X <sub>3</sub> )		
Independente de fonte	M1	0,009**	0,0443**	0,8563**	0,9098** y = -23,9110 + 0,1838X <sub>1</sub> - 0,1315X <sub>2</sub> + 0,4627X <sub>3</sub>
	B1	0,8907**	0,0237*	ns	0,9144** y = -1,5681 + 0,2252X <sub>1</sub> - 0,0372X <sub>2</sub>
	B2	0,1657**	0,0372**	0,7345**	0,9374** y = -17,1986 + 0,2080X <sub>1</sub> - 0,777X <sub>2</sub> + 0,2819X <sub>3</sub>
	OL	0,4661**	0,0760*	ns	0,5421** y = -5,8889 + 0,1669X <sub>1</sub> - 0,0597X <sub>2</sub>
Superfosfato triplo	M1	0,8037**	ns	ns	0,8037** y = -5,2954 + 0,1544X <sub>1</sub>
	B1	0,8223**	ns	ns	0,8223** y = -3,4043 + 0,1880X <sub>1</sub>
	B2	0,9219**	ns	ns	0,9219** y = -5,7727 + 0,1941X <sub>1</sub>
	OL	0,5860**	ns	ns	0,5860** y = 2,7345 + 0,1112X <sub>1</sub>
Fosfato-de-araxá	M1	ns	ns	0,9694**	0,9694** y = -19,9956 + 0,3332X <sub>3</sub>
	B1	0,9866**	ns	0,0120**	0,9986** y = -2,8241 + 0,1454X <sub>1</sub> + 0,0149X <sub>3</sub>
	B2	ns	ns	0,9783**	0,9783** y = -13,2110 + 0,2502X <sub>3</sub>
	OL	ns	ns	ns	ns
Fosfato-de- patos-de-minas	M1	ns	ns	0,9217**	0,9217** y = -35,4249 + 0,5180X <sub>3</sub>
	B1	0,8760**	ns	ns	0,8760** y = -1,5014 + 0,1357X <sub>1</sub>
	B2	ns	ns	0,9364**	0,9364** y = -18,8106 + 0,3130X <sub>3</sub>
	OL	ns	ns	ns	ns
Termofosfato Yoorin	M1	ns	ns	ns	ns
	B1	ns	0,9182**	ns	0,9182** y = -1,1777 + 0,0649X <sub>2</sub>
	B2	ns	0,8093**	ns	0,8093** y = -3,7579 + 0,0749X <sub>2</sub>
	OL	ns	ns	ns	ns

n.s. - Não significativo.

\* - Excede o nível de 5%

\*\* - Excede o nível de 1%

O extrator Bray 1 foi o único, entre os demais empregados, a apresentar alterações significativas no teor de P disponível quando se aplicou o termofosfato Yoorin (Figura 1). Somente a forma solúvel em NaOH foi afetada significativamente (Figura 2), sendo essa fração do P inorgânico removida preferencialmente pelo extrator citado. Provavelmente, como já discutido, o termofosfato, por ter reação básica, reprimiu a formação de P ligado a Al.

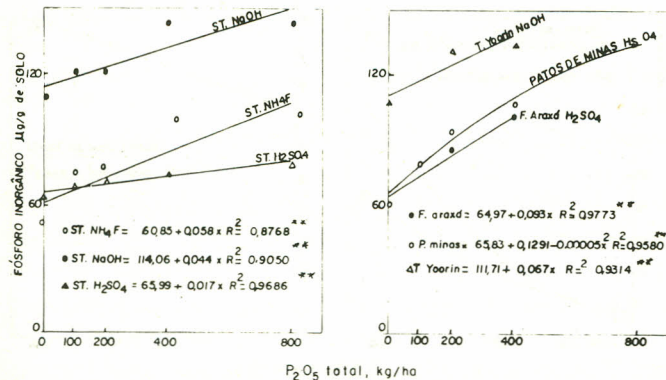


Figura 2. Variação dos teores de fósforo inorgânico pelo fracionamento de Chang e Jackson (1957), com as doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aplicado com a fonte de fertilização.

## LITERATURA CITADA

- BAHIA FILHO, A.F.C. & BRAGA, J.M. Fósforo em latossolos do Estado de Minas Gerais. 2. Quantidade de fósforo inorgânico e fósforo "disponível". R. Ceres, 22:50-61, 1975.
- BRAGA, J.M. Adaptação do método de fracionamento a trabalhos de rotina. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 8., Itabuna, 1972. Anais. Itabuna, 1972. p.48.
- BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Relação entre formas de fósforo inorgânico, fósforo disponível e material vegetal em solos sob vegetação de cerrado. I. Trabalhos de laboratório. R. Ceres, 19:124-36, 1972.
- BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. R. Ceres, 21:73-85, 1974.
- BRAY, R.H. Correlation of soil tests with crop response to added fertilizers and with fertilizer requirements. In: KITCHEN, H.B. Diagnostic technique for soils and crops. Washington, American Potash Institute, 1947. p.53-85.
- BROWN, J.R.; GARRET, J.; FISHER, J.R. Soil Testing in Missouri. University of Missouri, Columbia, 1977. 33p. (E.C. 923)
- CHANG, S.C. & JACKSON, M.L. Fractionation of soil phosphorus. Soil Sci., 84: 133-44, 1957.
- FEITOSA, C.T. & RAIJ, B. van. Influência da natureza de fosfatos aplicados a dois solos no fósforo solúvel em extratores químicos e disponível para trigo e milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Campinas, 1975. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.215-20.
- FIFE, C.V. An evaluation of ammonium fluoride as a selective extractant for aluminum - bound soil phosphate. 1. Preliminary studies on non-soil systems. Soil Sci., 87:13-21, 1959a.
- FIFE, C.V. An evaluation of ammonium fluoride as a selective extractant for aluminum bound phosphate. 2. Preliminary study on soils. Soil Sci., 87:83-8, 1959b.
- FRANÇA, G.E.; VASCONCELLOS, C.A.; BAHIA FILHO, A.F.C.; PITTA, G.V.E.; MENDES, J.F.; PACHECO, E.B. Efeito de adubação verde sobre o aproveitamento de fosfato. I. Efeito da acidez do solo na produção do sorgo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 12, Goiânia, 1978. Anais. . . 1979. p. 130.
- FREIRE, F.M.; NOVAIS, R.F.; BRAGA, J.M.; FRANÇA, G.E.; SANTOS, H.L.; SANTOS, P.R.R.S. Adubação fosfatada para a cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) baseada no fósforo "disponível" em diferentes extratores químicos e no fator capacidade". R. bras. Ci. Solo, 3:105-111, 1979.
- JACKSON, M.L. Soil chemical analysis. New Jersey, Prentice Hall, 1968. p.498.
- KAMPRATH, E.J. & WATSON, M.E. Conventional soil and tissue tests for assessing the phosphorus status of soils. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C.; KAMPRATH, E.J. The role of phosphorus in agriculture. Madison, American Society of Agronomy, 1980. p.433-469.
- MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. Anal. chim. Acta., 27:31-36, 1962.
- RAIJ, B. van. Seleção de métodos de laboratórios para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos. R. bras. Ci. Solo., 2:1-9, 1978.
- SMITH, F.W.; ELLIS, B.G. & GRAVA, J. Use of acid fluorid solutions for the extraction of available phosphorus in calcareous soils and in the soils to which rock phosphate has been added. Soil. Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 21(4): 400-404, 1957.
- THOMAS, G.W. & PEASLEE, D.E. Testing soils for phosphorus. In: WALSH, L.M. & BEATON, J.D. Soil testing and plant analysis. Madison, Soil Sci. Am., 1973. p.115-132.
- VETTORI, L. Métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, EPE, 1969. p. 24. (Boletim Técnico 7).
- WILLIAMS, J.D.H.; SYERS, J.K.; WALKER, T.W. Fractionation of soil inorganic phosphate by a modification of Chang and Jackson's procedure. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 31:736-39, 1967.