

o fator que mais afetou a absorção de K pelo milho, seguido do teor de água, PTK e argila.

A absorção relativa de K ( $K/(Ca + Mg)$  absorvido) foi explicada pela própria intensidade relativa de K ( $K/(Ca + Mg)^{1/2}$ ) associada a teor de argila, teor de água e PTK.

Após o K-solução ou intensidade relativa de K, o que mais afetou a absorção de K ou sua absorção relativa foi o teor de argila, pois o mesmo inclui indiretamente a contribuição do teor de água e do PTK.

## LITERATURA CITADA

- BARBER, S.A. A diffusion and mass-flow concept of soil nutrient availability. *Soil Sci.*, 97:103-107, 1962.
- BARBER, S.A. Influence of the plant root on ion movement in soil. In: CARSON, E.W. ed. *The plant root and its environment*. Charlottesville, University Press of Virginia, 1974. p.525-564.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30)
- GRIMME, H. Soil factors of potassium availability. *Indian Soc. Sci. Bull.* 10:3-22, 1976.
- MENGEL, K. & BRAUNSCHWEIG, L.C. The effect of soil moisture upon the availability of potassium and this influence in growth of young maize plants (*Zea mays*). *Soil Sci.*, 114:142-148, 1972.
- MORAES, O. de. Índices de disponibilidade de potássio para as plantas. Tese de Mestr. Agron.-Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre. / 1975 / Não publicada.
- NYE, P.H. & MARRIOT, F.H.C. A theoretical study of the distribution of substances around roots resulting from simultaneous diffusion and mass flow. *Pl. Soil*, 30:459-472, 1969.
- PLACE, G.A. & BARBER, S.A. The effect of soil moisture and Rubidium concentration on diffusion and uptake of Rb-86. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.*, Madison, 28:239-242, 1964.
- TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. *J. Ecology*, 63:995-1001, 1975.

## DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO DO SOLO PARA AS PLANTAS<sup>(1)</sup>

E.Z. GALRÃO<sup>(2)</sup> & S.J. VOLKWEISS<sup>(3)</sup>

## RESUMO

Efetou-se um experimento em casa de vegetação, com amostras de nove solos com diferentes características químicas e físicas, previamente equilibrados com quatro níveis de fósforo, visando avaliar a disponibilidade de P para o trigo através dos métodos de Mehlich, Bray P-1, Olsen e P solução. Procurou-se também avaliar a importância do poder tampão de P e do conteúdo de água do solo na absorção do P pelo trigo. Quando se consideraram todos os solos e níveis de P, os coeficientes de correlação obtidos entre o P absorvido pelo trigo e o P extraído pelos métodos de Mehlich, Bray P-1, Olsen e P solução foram, respectivamente, 0,872; 0,874; 0,895 e 0,811. O poder tampão de P e o conteúdo de água do solo não tiveram efeito significativo na absorção de P, tanto quando foram avaliados isoladamente como quando em conjunto com cada um dos métodos através de análises de correlação e regressão múltiplas.

## SUMMARY: PHOSPHORUS AVAILABILITY IN SOIL TO THE PLANTS

A greenhouse experiment with nine soil samples of different chemical and physical compositions was carried out in order to evaluate the P availability for wheat. The soils were previously equilibrated with four phosphorus levels and P was determined by the Mehlich, Bray P-1, Olsen and P solution methods. The importance of P buffering capacity and available water on P absorption by wheat were also evaluated.

When all soils and P levels were considered, the correlation coefficients between P absorbed and P extracted by the Mehlich, Bray P-1, Olsen and P solution methods were respectively: 0.872; 0.874; 0.895 and 0.811.

The P buffering capacity and the available water did not show any significant effect on P absorption, whether these factors were evaluated separately or jointly with the methods through multiple correlation and regression analysis.

<sup>(1)</sup> Parte do trabalho de Tese apresentado pelo primeiro autor como um dos requisitos ao Grau de Mestre em Agronomia, na área de solos. Faculdade de Agronomia, UFRGS — Porto Alegre. Recebido para publicação em outubro de 1980 e aprovado em março de 1981.

<sup>(2)</sup> Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC/EMBRAPA), Caixa Postal 70-0023, CEP 73.300 - Planaltina (DF).

<sup>(3)</sup> Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS - Porto Alegre (RS).

## INTRODUÇÃO

Os métodos atualmente empregados para a avaliação da disponibilidade de fósforo, extraem certa quantidade de P que muitas vezes não se acha relacionada com aquela que o solo poderia fornecer às plantas (Baldovinos & Thomas, 1967; Blanchar & Caldell, 1964; Smille & Syers, 1972 e Volkweiss, 1973). Uma das causas da baixa capacidade dos métodos em avaliar a disponibilidade de P para as plantas, é que alguns parâmetros do solo ligados ao mecanismo de difusão do P até à superfície das raízes não são avaliados por esses métodos.

A quantidade de P que chega à superfície das raízes por difusão é diretamente proporcional à concentração de P na solução do solo, ao coeficiente de difusão de P no solo e à relação entre o P absorvido e o P da solução, chamado de poder tampão de P (Nye, 1977). Um método que inclua a medição de alguns dos parâmetros acima mencionados, provavelmente terá maior capacidade preditiva da disponibilidade de P e será de uso mais amplo, visto que as diferenças entre solos serão pelo menos em parte compensadas pelas medições desses parâmetros.

O objetivo deste trabalho é tentar melhorar a capacidade preditiva de alguns dos métodos ora usados na avaliação da disponibilidade de P, através da medição de alguns parâmetros do solo que influem no mecanismo de difusão do fósforo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Utilizaram-se amostras de nove solos do Rio Grande do Sul, com ampla variação nas suas propriedades (Quadro 1). As amostras foram coletadas da camada superficial do solo, até uma profundidade de aproximadamente 20cm. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, utilizan-

do-se o esquema fatorial 9 x 4 (nove solos e quatro níveis de P), dispostos em blocos ao acaso com três repetições. Todos os solos sofreram a correção da acidez pela aplicação de uma mistura de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$  (proporção 3:1), para a elevação do pH até 6,0 (Mielniczuk *et alii*, 1969). Os tratamentos de fósforo foram feitos com solução de  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ . As doses de P para um mesmo nível foram diferentes a fim de obter, para cada nível, concentração de P na solução semelhante nos vários solos, do que se fossem utilizadas doses iguais. Dessa maneira, as doses de P para os solos Bagé, Bela Vista, Cruz Alta, São Jerônimo e Tupanciretã foram:  $P_0 = 0$ ;  $P_1 = 25$ ;  $P_2 = 50$  e  $P_3 = 100$  ppm de P. Nos solos Erechim e Passo Fundo:  $P_0 = 0$ ;  $P_1 = 50$ ;  $P_2 = 100$  e  $P_3 = 200$  ppm de P. Nos solos Charrua e Vacaria:  $P_0 = 0$ ;  $P_1 = 75$ ;  $P_2 = 150$  e  $P_3 = 300$  ppm de P. O período de equilíbrio das doses de P com os solos foi de 68 dias. Adicionaram-se, em todos os solos, quantidades suficientes dos demais nutrientes, de maneira a não se tornarem limitantes ao desenvolvimento das plantas. A umidade de cada solo foi mantida à capacidade de campo com água destilada. Como planta teste foi semeado trigo, var. Lagoa Vermelha, deixando-se cinco plantas por vaso. Efetuou-se um corte trinta dias após a emergência. Determinou-se o teor total de P no tecido pela dissolução das cinzas em meio nítrico, conforme Chapman & Pratt (1973). Das amostras de solo guardadas após o período de equilíbrio com os níveis de P, foram tiradas subamostras para a extração de P pelos métodos de Mehlich, Bray P-1 e Olsen (Olsen & Dean, 1965). Para o P extraído por Mehlich e Bray P-1, usou-se como redutor o ácido 1-amino-2-naftol-4-sulfônico (Mielniczuk *et alii*, 1969). O P extraído pelo Olsen foi determinado pelo método de Murphy & Riley (1962). Para a determinação do P na solução, colocaram-se 3g de solo não moído, guardado após o período de equilíbrio com os níveis de P, em tubos de centrífuga de 50ml, aos quais se adicionaram 30ml de uma solução de  $\text{SrCl}_2 \cdot 10^{-3}\text{M}$ . A seguir, agitou-se durante uma hora em agitador horizontal. Durante as 24 horas seguintes, os tubos sofreram agitações manuais periódicas, quando então foram submetidos a uma centrifugação de 10.000 r.p.m. por dez minutos. Do sobrenadante, retirou-se uma alíquota para a determinação de P pelo método de Murphy & Riley (1962). A concentração de P no sobrenadante foi considerada como P na solução. A diferença entre a dose de P aplicada anteriormente e o total de P do sobrenadante, foi considerada como o P retido pelo solo. O coeficiente de regressão (b) calculado com os valores de P retido (variável dependente) e os valores de log P solução (variável independente) para cada solo foi considerado como sendo um índice do poder tampão de P do solo (PTP), conforme Bache & Williams (1971). Foram executadas análises de correlação e regressão

Quadro 1. Características gerais dos solos estudados

Solo	Classificação <sup>(1)</sup>	Análises físicas <sup>(2)</sup>				Análises químicas			
		Argila	Silte	Areia	Capac. de campo	N.C. <sup>(3)</sup>	pH <sup>(4)</sup> água	pH <sup>(5)</sup> água	M.O. <sup>(6)</sup>
		%			t/ha		%		
Cruz Alta	Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico	28	4	68	20,6	6,0	4,9	6,2	2,7
Erechim	Latossolo Roxo Distrófico	70	20	10	41,5	6,6	5,3	5,9	6,9
Passo Fundo	Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico	68	2	30	35,7	8,1	4,9	5,8	6,4
Vacaria	Latossolo Bruno Distrófico	67	17	16	44,9	12,5	4,7	5,5	7,0
São Jerônimo	Latossolo Bruno-Avermelhado Distrófico	29	17	54	21,2	3,8	5,1	6,0	3,7
Tupanciretã	Podzólico Vermelho-Amarelo	15	2	83	14,0	2,3	5,0	5,9	0,2
Bela Vista	Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico	32	13	55	18,3	4,2	4,9	6,0	2,6
Bagé	Planossolo Vértico	16	18	66	20,7	4,7	5,0	5,7	3,2
Charrua	Solo Litólico Eutrófico	45	35	20	39,2	5,3	5,2	6,0	7,8

(1) Segundo Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul (Brasil, 1973). (2) Argila, silte e areia pelo método de Day (1965); Capacidade de campo: tensão aplicada de 1/3 de atm. (3) N.C.: Necessidade de calcário pelo método SMP (Mielniczuk *et alii*, 1969). (4) Antes da calagem. (5) Após a calagem. (6) M.O.: matéria orgânica pelo método de Walkley Black modificado (Mielniczuk *et alii*, 1969).

simples e múltiplas entre os valores de P absorvido pela planta e os valores de P extraído do solo pelos métodos referidos e outros parâmetros do solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Obteve-se para cada solo boa correlação entre o P adicionado e o P absorvido (Quadro 2).

O coeficiente b, que expressa o aumento da quantidade de P absorvido para cada aumento de um ppm de P aplicado, apresentou variações entre os solos. Os solos Bagé e Tupanciretã apresentaram os maiores valores de b e os solos Charrua e Vacaria, os menores.

**Quadro 2. Equações de regressão simples e coeficientes de correlação entre o P absorvido pela planta em mg/vaso (Y) e o P adicionado em ppm (X), para cada solo**

Solo	Equação	Coeficiente correlação, r
Bagé	$Y = 2,98 + 0,130X$	0,988**
Bela Vista	$Y = 0,27 + 0,080X$	0,982**
Charrua	$Y = -0,36 + 0,018X$	0,945**
Cruz Alta	$Y = 0,13 + 0,068X$	0,982**
Erechim	$Y = 0,61 + 0,032X$	0,999**
Passo Fundo	$Y = 0,33 + 0,043X$	0,995**
São Jerônimo	$Y = -0,20 + 0,080X$	0,986**
Tupanciretã	$Y = 0,91 + 0,190X$	0,999**
Vacaria	$Y = -0,03 + 0,026X$	0,967**

\*\* : altamente significativo ( $P < 0,01$ )

Neste trabalho, como em outros (Anghinoni, 1972 e Bahia Filho, 1974), cada solo foi tratado com quatro níveis de P com o objetivo de obter ampla variação nos valores de P extraído e P absorvido. A amplitude desses níveis foi responsável pelos coeficientes de correlação altamente significativos entre o P absorvido pelo trigo e o P extraído pelos métodos, para todos os solos e níveis (Quadro 3), como também para cada solo isoladamente (Quadro 4). Soltanpour et alii (1974), em estudo com um único solo, também obtiveram coeficientes de correlação significativos entre o P absorvido pelo sorgo e os logaritmos da concentração de P na solução do solo, P  $CaCl_2$ , P total e com o P extraído pelo método de Mehlich.

**Quadro 3. Equação de regressão simples e coeficiente de correlação entre o P absorvido pela planta em mg/vaso (Y) e o P extraído pelos métodos, em ppm (X), para todos os solos e níveis**

Método	Equação	Coeficiente correlação, r
Mehlich	$Y = -0,75 + 0,359X$	0,872**
Bray P-1	$Y = -0,70 + 0,428X$	0,874**
Olsen	$Y = -1,58 + 0,636X$	0,895**
P solução	$Y = 2,33 + 11,124X$	0,811**

\*\* : altamente significativo ( $P < 0,01$ ).

**Quadro 4. Coeficientes de correlação (r) entre o P absorvido pela planta (mg/vaso) e o P extraído pelos métodos (ppm), para cada solo**

Solo	Métodos utilizados			
	Mehlich	Bray P-1	Olsen	P solução
Bagé	0,985**	0,985**	0,999**	0,999**
Bela Vista	0,969**	0,969**	0,964**	0,914**
Charrua	0,994**	0,994**	0,995**	0,973**
Cruz Alta	0,967**	0,967**	0,997**	0,968**
Erechim	0,994**	0,994**	0,981**	0,993**
Passo Fundo	0,991**	0,911**	0,991**	0,951**
São Jerônimo	0,979**	0,979**	0,998**	0,986**
Tupanciretã	0,920**	0,920**	0,995**	0,910**
Vacaria	0,993**	0,993**	0,993**	0,990**

\*\* : altamente significativo ( $P < 0,01$ ).

Com o objetivo de evitar o efeito de níveis de P de cada solo nos coeficientes de correlação, foram calculados os coeficientes de correlação para todos os solos em cada nível (Quadro 5). Os coeficientes de correlação foram menores que os do quadro 2, e não foram significativos nos níveis  $P_0$  e  $P_1$  para todos os métodos, com exceção do nível  $P_1$  para P solução. Isso indica que os coeficientes de correlação obtidos, quando se consideraram todos os solos e níveis (Quadro 3), foram altos, pelo menos em parte, devido ao efeito dos níveis de P adicionado. Os baixos coeficientes de correlação encontrados nos níveis  $P_0$  e  $P_1$  podem ser atribuídos em parte ao fato de que nesses níveis houve pequena variação nos valores de P extraído e nos de P absorvido. O P solução, ao contrário dos outros métodos, apresentou significância para o nível  $P_1$ . Outros pesquisadores (Blanchar & Caldell, 1964; Diest, 1963), e Paauw, 1971), também obtiveram altos coeficientes de correlação entre o P absorvido e o P solução. Uma das causas dos baixos coeficientes de correlação do quadro 5 pode ser a ocorrência de reações de readsorção-precipitação (Volkweiss, 1973), durante o processo de extração pelos métodos de Mehlich, Bray P-1 e Olsen. Como essas reações devem ser quantitativamente proporcionais aos teores de óxidos de Fe e Al, os solos com altos teores desses óxi-

**Quadro 5. Coeficiente de correlação entre o P absorvido pela planta (mg/vaso) e o P extraído pelos métodos (ppm), para cada nível**

Níveis de P	Métodos utilizados			
	Mehlich	Bray P-1	Olsen	P solução
$P_0$	0,575ns	0,563ns	0,160ns	0,091ns
$P_1$	0,513ns	0,128ns	0,524ns	0,626ns
$P_2$	0,779*	0,568ns	0,768*	0,627*
$P_4$	0,726*	0,820**	0,863**	0,835**

ns: não significativo; \*: significativo ( $P < 0,05$ ); \*\* : altamente significativo ( $P < 0,01$ ).

**Quadro 6.** Relação entre o P absorvido pela planta em mg/vaso (Y) e o P extraído pelos métodos (ppm), poder tampão de P (PTP) e conteúdo de água do solo em % ( $\theta$ ), para todos os solos e níveis

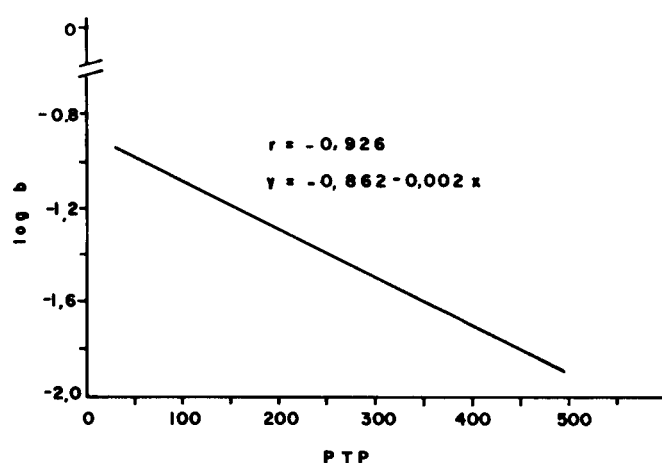
Eq. N.º	Equação	Coeficiente de correlação	Coeficiente de regressão parcial padrão (B) variável		
			P	PTP	$\theta$
1	$Y = 6,00 - 0,0078\text{PTP}$	0,254ns	—	—	—
2	$Y = 7,78 - 0,117\theta$	0,281ns	—	—	—
3	$Y = 0,74 + 0,358\text{P (Mehlich)}$	0,871**	—	—	—
4	$Y = 1,22 + 0,367\text{P (Mehlich)} + 0,0018\text{PTP}$	0,873**	0,895	0,061	—
5	$Y = 1,60 + 0,368\text{P (Mehlich)} + 0,025\theta$	0,873**	0,892	—	0,058
6	$Y = 1,50 + 0,368\text{P (Mehlich)} + 0,006\text{PTP} + 0,0177\theta$	0,873**	0,895	0,020	0,042
7	$Y = 0,71 + 0,428\text{P (Bray P-1)}$	0,874**	—	—	—
8	$Y = 0,79 + 0,430\text{P (Bray P-1)} + 0,0003\text{PTP}$	0,874**	0,880	0,019	—
9	$Y = 0,98 + 0,431\text{P (Bray P-1)} + 0,0008\theta$	0,874**	0,877	—	0,010
10	$Y = 12,0 + 0,432\text{P (Bray P-1)} - 0,0014\text{PTP} + 0,0255\theta$	0,874**	0,811	0,045	0,061
11	$Y = 1,58 + 0,636\text{P (Olsen)}$	0,894**	—	—	—
12	$Y = 0,70 + 0,623\text{P (Olsen)} - 0,0038\text{PTP}$	0,903**	0,872	0,137	—
13	$Y = 0,19 + 0,620\text{P (Olsen)} - 0,0569\theta$	0,905**	0,876	—	0,125
14	$Y = 0,20 + 0,620\text{P (Olsen)} + 0,0003\text{PTP} - 0,058\theta$	0,905**	0,872	0,003	0,140
15	$Y = 2,34 + 21,1\text{P (solução)}$	0,811**	—	—	—
16	$Y = 2,44 + 21,0\text{P (solução)} - 0,0005\text{PTP}$	0,811**	0,814	0,007	—
17	$Y = 2,45 + 21,2\text{P (solução)} + 0,003\theta$	0,811**	0,806	—	0,015
18	$Y = 1,55 + 1,32\text{P (solução)} - 0,0042\text{PTP} + 0,0564\theta$	0,813**	0,818	0,137	0,136

ns: não significativo; \*\*: altamente significativo ( $P < 0,01$ ).

dos tenderão a apresentar menores quantidades de P extraído. Esse fato constitui evidente prejuízo para a eficiência dos métodos em avaliar a disponibilidade de P.

Os dados do quadro 6 (equações 1 e 2) mostram que o PTP (poder tampão de fósforo) e  $\theta$  (conteúdo de água do solo) isoladamente não tiveram efeitos significativos na absorção de P pelo trigo ( $r = 0,254$  e  $r = 0,281$  respectivamente).

Os coeficientes B (coeficiente de regressão parcial padrão) do quadro 6 indicam que o P extraído pelos métodos foi a variável que mais contribuiu para a absorção de P pela planta, tanto quando se introduziram nas equações de regressão múltipla o PTP e o  $\theta$  individualmente (equações 4, 5, 8, 9, 12, 13, 16 e 17), como quando ambos foram introduzidos em conjunto (equações 6, 10, 14 e 18). Devido à baixa contribuição do PTP e da  $\theta$  na absorção de P pelo trigo, os coeficientes de correlação múltipla não foram maiores que os coeficientes de correlação simples entre o P absorvido e o P extraído pelos métodos. Portanto, ambos os parâmetros, PTP e  $\theta$ , não aumentaram a capacidade preditiva dos métodos em avaliar a disponibilidade de P para as plantas. Resultados também não significativos para o PTP, em condições de casa de vegetação com diversos tipos de solos, foram encontrados por Bahia Filho (1974) e Wendt (1974). O efeito não significativo do PTP pode ser devido ao fato de que o curto período de exploração do solo pelas raízes não permitiu que o P da fase sólida sofresse um decréscimo



**Figura 1.** Relação entre o poder tampão de P (PTP) e o logaritmo do aumento da absorção de P por unidade de P aplicado no solo (b).

tal que provocasse uma diminuição na concentração de P da solução.

Os dados do quadro 2 mostram que existe uma relação linear entre o P adicionado e o P absorvido e que o coeficiente b (aumento da quantidade de P absorvido em mg/vaso devido ao aumento de um ppm de P aplicado), variou de solo para solo. Como mostram os dados da figura 1, obteve-se uma relação linear inversa entre  $\log b$  e PTP ( $r = -0,926$ ).

Isso significa que quanto maior o PTP, menor a absorção de P por unidade de P aplicada.

do. Como consequência, para se promover determinado aumento na absorção de P pelas plantas, devem-se aplicar maiores quantidades de P nos solos com alto PTP que nos solos com baixo PTP: isso porque, quanto maior o PTP do solo, menor a proporção do P aplicado que permanece na solução e, portanto, menor a quantidade de P que as plantas absorvem por unidade de P aplicado.

### CONCLUSÕES

Quando os solos apresentam ampla variação de P extraível, os métodos avaliam razoavelmente a disponibilidade de P do solo para as plantas.

O poder tampão de P e o conteúdo de água do solo, quando incluídos em equações de regressão múltipla, juntamente com os valores de P extraídos pelos métodos, não aumentam a capacidade destes em avaliar a disponibilidade de P para as plantas.

### AGRADECIMENTOS

Ao Professor Ibanor Anghinoni, pela colaboração prestada na computação dos dados, e ao colega Léo Nobre de Miranda, pelo auxílio nas atividades de casa de vegetação e laboratório.

### LITERATURA CITADA

- ANGHINONI, I. Relação do fósforo com as características dos solos do Rio Grande do Sul e avaliação de sua disponibilidade através de métodos químicos. Tese de Mestrado. Porto Alegre, Fac. Agron., UFRGS, 1972. 108f.
- BACHE, B.W. & WILLIAMS, E.G. A phosphate sorption index for soils. *J. Soil Sci.*, 22:289-301. 1971.
- BAHIA FILHO, A.F.C. Fósforo em latossolo do Estado de Minas Gerais; intensidade, capacidade tampão e quantidade de fósforo, fósforo "disponível" e crescimento vegetal. Tese de Mestrado. Viçosa, UFV, 1974. 69p.
- BALDOVINOS, F. & THOMAS, G.W. The effect of soil clay content on phosphorus uptake. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 31:680-682, 1967.
- BLANCHARD, R.W. & CALDELL, A.C. Phosphorus uptake by plants and readily extractable phosphorus in soils. *Agron. J.*, 56:218-221, 1964.
- BRASIL. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisas Pedológicas. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul. Recife, 1973. 429p. (Bol. 30)
- CHAPMAN, H.D. & PRATT, P.F. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. México, Trillas, 1973. 195p.
- DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A. *et alii*. Methods of soil analysis. 2. ed. Madison, Amer. Soc. Agron., 1965. p.545-567.
- DIEST, A. van. Soil test correlation studies on New Jersey soils; I. Comparison of seven methods for measuring labile inorganic soil phosphorus. *Soil Sci.*, 96:261-266, 1963.
- MIELNICZUK, J., LUDWIG, A.; BONHEN, H. Recomendações de adubo e calcário para solos e culturas do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, 1969. 29p. (Bol. 2)
- MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta.*, 27:31-36, 1962.
- NYE, P.H. - The rate-limiting step in plant nutrient absorption from soil. *Soil Sci.*, 123:292-297, 1977.
- OLSEN, S.R. & DEAN, L.A. Phosphorus. In: BLACK, C.A. *et alii*. Methods of soil analysis. 2. ed. Madison, Amer. Soc. Agron., 1965. p.1035-1049.
- PAAUW, F. van der. An effective water extraction method for the determination of plant available soil phosphorus. *Plant and Soil*, 34:467-480, 1971.
- SMILLE, G.W. & SYERS, J.K. Calcium fluoride formation during extraction of calcareous soils with fluoride. II Implication to the Bray P-1 test. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 36:25-30, 1972.
- SOLTANPOUR, P.N., ADAMS, F.; BENNET, A.C. Soil phosphorus availability as measured by displaced soil solutions, calcium-chloride extracts, dilute-acid extracts, and labile phosphorus. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 38:255-228, 1974.
- VOLKWEISS, S.J. Factors affecting phosphate sorption by soils and mineral. Tese de Ph.D. Madison, USA., University of Wisconsin, 1973. 138f.
- WENDT, R.C. Available P determination by equilibrium with dilute SrCl<sub>2</sub>. Tese de MS. Madison, USA., University of Wisconsin, 1974. 126f.