

## **EFEITO RESIDUAL DE FERTILIZANTES FOSFATADOS NUMA SUCESSÃO CENTROSEMA-BRAQUIÁRIA E DETERMINAÇÃO DO FÓSFORO DISPONÍVEL COM DIFERENTES EXTRATORES<sup>1</sup>**

**Fábio Vale<sup>2,3</sup>**

**Fernando Carvalho Oliveira<sup>2,3</sup>**

**Marcelo Eduardo Alves<sup>2,3</sup>**

**Oscarlina Lúcia dos Santos Weber<sup>2,4</sup>**

**José Carlos Chitolina<sup>2,5</sup>**

### **INTRODUÇÃO**

Os solos tropicais caracterizam-se, de maneira geral, por serem ácidos, pobres em fósforo e com alta capacidade de fixação deste elemento, intensificada pela presença de maiores quantidades de óxidos de ferro e de alumínio e pela acidez. O fósforo é considerado, entre os três macronutrientes primários, o menos exigido pelas plantas em termos quantitativos, porém, devido às razões mencionadas, seu consumo na agricultura brasileira, no ano de 1995, maior do que o do nitrogênio, foi de 1.497.000 toneladas de  $P_2O_5$  (ANDA, 1996).

A principal matéria-prima para a fabricação dos fertilizantes fosfatados, as rochas fosfáticas, são recursos naturais não-renováveis, escassos e sem sucedâneos. Assim, percebe-se que há grande necessidade de utilizar os fertilizantes fosfatados de forma eficiente e econômica. Neste contexto, a avaliação do poder residual das diversas

<sup>1</sup> Trabalho apresentado no XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 1997 – Rio de Janeiro, RJ.

<sup>2</sup> Departamento de Química da ESALQ/USP, C.P. 9, Piracicaba-SP, CEP 13418-900.

<sup>3</sup> Bolsista da FAPESP (Doutorado).

<sup>4</sup> Bolsista da Capes (Doutorado).

<sup>5</sup> Professor Associado, bolsista do CNPq.

fontes de fósforo, e também a sua fitodisponibilidade, tornam-se importantes, pois fornecem informações básicas para quantificar a necessidade de utilização de fertilizantes fosfatados.

O efeito residual da adubação fosfatada pode ser definido como a quantidade do fósforo total aplicado que, após transcorrido um período de tempo de sua aplicação, ainda permanece no solo em forma disponível às plantas. A diminuição dos teores de fósforo disponível no solo ocorre pela conversão das formas solúveis em outras menos solúveis. Essa diminuição é influenciada por dose, método de aplicação, fonte de fósforo e solo, através do seu tipo, manejo e pH (GOEDERT & LOBATO, 1984).

Os superfosfatos, que são os fosfatos mais usados na agricultura, são solúveis em água e produzidos, na maioria das vezes, por dissolução ácida de rochas fosfáticas. Há muito se cogita o uso de fosfatos naturais em aplicações diretas em solos ácidos, presumindo-se a sua dissolução pela acidez natural desses solos. Entretanto, a eficiência agrônômica desses materiais é afetada, dentre outros fatores, pela origem geológica, granulometria, características físicas e químicas do solo, pelo modo de aplicação, tempo de reação no solo e espécie vegetal cultivada. Os fosfatos naturais, em geral, apresentam baixa eficiência agrônômica, embora os de origem sedimentar, como os de Gafsa e Arad, em doses elevadas e com incorporação ao solo, tenham apresentado efeitos semelhantes aos dos superfosfatos (BRAGA et al., 1991).

O tratamento térmico de rochas fosfáticas por fusão com serpentina, ou por simples calcinação, principalmente no caso de fosfatos de alumínio, tem sido utilizado como boa alternativa para a indústria de fertilizantes. Assim, o efeito residual de diversas fontes de fósforo tem evidenciado a similaridade de desempenho do termofosfato magnésiano fundido e do fosfato de Gafsa com o do superfosfato triplo (GOEDERT & LOBATO, 1984).

A avaliação do efeito residual do fósforo dos fertilizantes tem sido feita por diversos autores, tendo por base a produção agrícola, o rendimento de matéria seca e o conteúdo de fósforo nas culturas

subseqüentes. O efeito residual pode também ser avaliado pela determinação do fósforo fitodisponível no solo (READ *et al.*, 1973). Em estudos de campo, foram encontradas respostas ao fósforo residual na produção de forrageiras e cereais por períodos de 3 a 9 anos, após uma única aplicação de fósforo (READ *et al.*, 1973). Também foram observadas respostas por vários anos, ao fósforo residual proveniente de aplicações regulares de pequenas quantidades de fertilizantes fosfatados (SPRATT & McCURDY, 1966). No Brasil, parcelas adubadas anualmente com superfosfato triplo durante 11 anos não apresentaram resposta à adubação fosfatada nos quatro anos seguintes (PATELLA, 1980).

Existem vários métodos de extração de fósforo, o que é um reflexo da complexidade do seu comportamento no solo, bem como da falta de concordância sobre qual seria o método de avaliação mais adequado. Segundo VAN RAIJ (1978), os métodos empregados para esse fim extraem certa quantidade do elemento que muitas vezes não se relaciona com aquela que o solo poderia fornecer às plantas. Entre tais métodos, destacam-se: Bray I (BRAY & KURTZ, 1945), Mehlich I (OLSEN & DEAN, 196), Mehlich III (MEHLICH, 1984), e o da resina trocadora de íons (VAN RAIJ & QUAGGIO, 1983). Eles apresentam diferentes capacidades de extrair fósforo dos componentes fosfatados. Os extratores ácidos extraem o fósforo ligado ao Ca e, em menor proporção, o ligado ao Fe e ao Al. Com isso, em solos ácidos, ricos de óxidos de Fe e Al, e de caulinita, como é o caso da maioria dos solos brasileiros, esses extratores não são a melhor opção, pois é comum a obtenção de resultados excessivamente baixos em solos adubados. No caso de extratores alcalinos, ocorre maior extração de fósforo ligado a alumínio e cálcio. O método da resina trocadora de íons não utiliza qualquer reagente químico, extrai, em princípio, apenas as formas lábeis de fósforo.

O extrator considerado ideal deve apresentar altas correlações com as respostas biológicas das plantas e não deve sofrer influência da presença de fosfatos de baixa solubilidade aplicados anteriormente (STEFANUTTI, 1991).

Com base no exposto, o presente trabalho teve como objetivos avaliar o efeito residual de alguns fertilizantes fosfatados e a eficiência dos métodos Bray I, Mehlich I, Mehlich III e resina trocadora de íons na quantificação do P disponível às plantas de capim braquiária.

## MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se um experimento de vasos, em casa-de-vegetação, junto ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura, CENA-USP, Piracicaba-SP, que consistiu no cultivo de braquiária (*Brachiaria decumbens*) em um Latossolo Vermelho Amarelo textura média no qual, anteriormente, tinham sido efetuados seis cultivos sucessivos de centrosema (*Centrosema pubescens*). As características iniciais do solo encontram-se na **Tabela 1**.

**Tabela 1.** Características químicas do solo antes do plantio da centrosema.

pH	M.O.	P	S- SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	m
CaCl <sub>2</sub>	g.kg <sup>-1</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>		cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-1</sup>								
3,7	20,3	4,0	59,47	1,1	3,0	2,3	21,6	9,83	6,3	104,7	6,02%	78,33%

O tratamento realizado antes do plantio da centrosema consistiu na aplicação de calcário dolomítico para elevar a saturação de bases a 60%, doses uniformes de potássio e micronutrientes fosfatados em quatro níveis: zero, 50, 100 e 200 mg dm<sup>-3</sup> de P, com quatro fontes do elemento – superfosfato triplo, termofosfato Yoorin, fosfato natural da Carolina do Norte e fosfato natural de Arad. Na **Tabela 2** são apresentados os teores de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dos fertilizantes fosfatados, analisados segundo BRASIL (1983).

**Tabela 2.** Características dos fertilizantes utilizados.

Fertilizantes	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> em H <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> em ác. cítrico 2%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> em CNA* + H <sub>2</sub> O
Superfosfato Triplo	47,64%	42,01%	43,17%	46,08%
Termofosfato Yoorin	17,31%	—	16,22%	7,47%
Fosfato natural da Carolina do Norte	28,96%	—	9,29%	5,33%
Fosfato Natural de Arad	33,09%	—	9,95%	2,91%

\* Citrato neutro de amônio.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial de 4 doses × 4 fontes, com três repetições, totalizando, portanto, 48 unidades experimentais. Antes do plantio da braquiária, efetuou-se a coleta de uma amostra de solo em cada unidade experimental para a determinação do teor de P disponível pelo uso de quatro extratores: Bray I (NH<sub>4</sub>F 0,03 mol L<sup>-1</sup> + HCl 0,025 mol L<sup>-1</sup>), Mehlich I (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 mol L<sup>-1</sup> + HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup>, pH 1,2), Mehlich III (CH<sub>3</sub>COOH 0,2 mol L<sup>-1</sup> + NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 0,25 mol L<sup>-1</sup> + NH<sub>4</sub>F 0,015 mol L<sup>-1</sup> + HNO<sub>3</sub> 0,013 mol L<sup>-1</sup> + EDTA 0,001 mol L<sup>-1</sup>) e resina trocadora de íons. Por ocasião do plantio, forneceram-se nitrogênio e potássio ao solo. Após a germinação, deixaram-se três plantas por vaso e, diariamente, fez-se irrigação, mantendo-se o solo com umidade equivalente à 60% de sua capacidade de retenção. Um mês após a germinação, efetuou-se a aplicação de N em cobertura, sob a forma de nitrato de amônio. Ao final do período experimental (60 dias após o plantio), fez-se o corte das plantas rente ao solo e secou-se o material em estufa, obtendo-se, assim, a quantidade de matéria seca produzida em cada unidade experimental. Em seguida as amostras foram moídas, submetidas a digestão nítrico-perclórica. Os teores de P foram determinados nos extratos de acordo com MALAVOLTA *et al.* (1989). A quantidade de P acumulada na parte aérea das plantas foi calculada com base na massa de matéria seca produzida e nos teores desse elemento.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Material vegetal

Os resultados encontrados para fontes, doses de fósforo e produção de matéria seca são apresentados na **Tabela 3**. De maneira geral, as fontes mais insolúveis, Carolina do Norte e Arad, foram as que proporcionaram maiores produções de matéria seca, o que evidencia seu efeito residual, que se deve à dissolução gradativa das formas de fósforo contidas nestes materiais (**Tabela 2**).

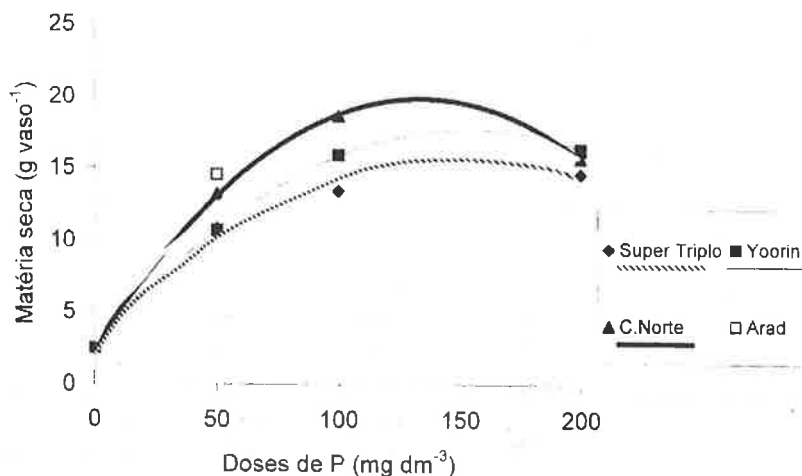
Quanto aos efeitos de doses, observou-se que as de 50 e 100 mg  $\text{dm}^{-3}$  foram as que diferenciaram o poder residual das várias fontes de fósforo, destacando-se, em ordem decrescente, as seguintes fontes: Carolina do Norte > Arad > Yoorin > Superfósforo triplo (**Figura 1**). Na dose de 200 mg  $\text{dm}^{-3}$  não foram observadas diferenças entre as fontes, provavelmente por ser relativamente elevada, com efeitos residuais que poderão aparecer ao longo de cultivos subsequentes.

O fósforo absorvido pelas plantas de braquiária (**Tabela 3**) mostrou valores proporcionais à produção de matéria seca. No entanto, não foram compatíveis quando comparados dentro da mesma dose, o que evidencia incoerência entre produção de matéria seca e fósforo absorvido.

### Solo

Os teores de P-disponível extraídos pelos métodos de Mehlich I, Mehlich III, Resina e Bray I, em função dos tratamentos, encontram-se na **Tabela 4**. O método da resina trocadora de íons foi o que apresentou os menores valores de P-disponível, quando comparado com os outros métodos empregados. Dentre esses valores, não foram observadas grandes diferenças entre as quantidades extraídas nas diferentes fontes de P. Esperava-se que nos tratamentos com fosfato natural os valores extraídos pela resina fossem menores que nos demais, o que não ocorreu. Tal se deve, provavelmente, devido à solubilização destes produtos com o decorrer do tempo, produzindo, como consequência, o aumento da concentração de fósforo na solução do solo e dos teores de P-lábil, formas do elemento extraídas pela

resina trocadora de íons. Pelo método Mehlich I verificaram-se maiores valores de P extraído nos tratamentos com fosfatos naturais. Esta solução, por ser ácida, dissolve apatita e, portanto, pode superestimar o P-disponível (VAN RAIJ, 1978). Entretanto, em se tratando da avaliação do poder residual de fosfatos menos solúveis, parece que o comportamento do extrator pode ser diferente, tendo em vista as significativas correlações entre P-extraído pelo Mehlich e a resposta biológica das plantas. Inversamente ao Mehlich I, o método Mehlich III extraiu mais P nos tratamentos com superfosfato triplo e termofosfato Yoorin, provavelmente por se tratar de um extrator menos ácido, com menor poder de dissolução de P-Ca. O método Bray I apresentou valores menores que os da resina, na dose de 200 mg dm<sup>-3</sup>, para os tratamentos com Yoorin, Carolina do Norte e Arad.



**Figura 1.** Efeito residual de doses de diferentes fontes de P sobre a produção de matéria seca de plantas de braquiária.

**Tabela 3.** Produção de matéria seca e teor de fósforo absorvido pelas plantas de braquiária.

Tratamentos		Matéria Seca	Fósforo Absorvido
Fontes	Doses (mg P dm <sup>-3</sup> )	(g.vaso <sup>-1</sup> )	(mg vaso <sup>-1</sup> )
Testemunha	0	2,47	3,14
Superfosfato Triplo	50	10,77 b	16,48
	100	13,40 β	24,11
	200	14,53 A	28,02
Termofosfato Yoorin	50	10,67 b	13,48
	100	15,87 β	25,44
	200	16,30 A	25,58
F.N. Carolina do Norte	50	13,20 ab	14,05
	100	18,60 α	21,66
	200	15,63 A	24,96
F.N. de Arad	50	14,50 a	14,94
	100	15,87 β	23,27
	200	16,16 A	23,66
Fontes × Doses		*	ns
DMS 5% (fonte d. doses)		2,60	...
CV		10,15%	12,48%

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, ns = não significativo.

**Tabela 4.** Teores de P no solo após o cultivo da centrosema.

Fontes	Doses (mg P dm <sup>-3</sup> )	P recuperado (mg kg <sup>-1</sup> )			
		Mehlich I	Mehlich III	Resina	Bray I
Testemunha	0	6,3	6,5	4,3	5,5
Superfosfato Triplo	50	18,9	15,9	15,1	12,9
	100	28,6	34,8	18,7	29,4
	200	63,2	95,3	60,1	78,0
Termofosfato Yoorin	50	10,3	12,5	10,5	10,2
	100	18,8	22,0	15,6	16,3
	200	46,5	46,6	47,5	33,8
F.N. Carolina do Norte	50	17,5	14,4	7,9	14,5
	100	33,4	29,2	19,9	19,9
	200	82,6	61,	53,2	33,5
F.N. Arad	50	14,1	13,2	11,2	11,4
	100	36,8	26,1	25,8	19,1
	200	99,4	47,1	54,7	23,2



De uma maneira geral, todos os extratores empregados foram eficientes na avaliação do P disponível, como se vê pela significância e pelos altos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) obtidos nos estudos de regressão realizados (Tabelas 5 e 6). No entanto, essa igualdade de comportamento para os fosfatos insolúveis, mesmo para os extratores ácidos, deve-se ao tempo decorrido da sua aplicação ao solo.

**Tabela 5.** Produção de matéria seca (g), em função dos teores de P no solo (mg kg<sup>-1</sup>). Nas equações  $x \geq 6,3$  para Mehlich I,  $x \geq 6,5$  para Mehlich III,  $x \geq 4,3$  para Resina, e  $x \geq 5,5$  para Bray I.

Fonte	Extractor	Equações	$R^2$
Superfosfato Triplo	Mehlich I	$y = -1,9991 + 0,7999x - 0,0089x^2$	0,99**
	Mehlich III	$y = 0,6173 + 0,5452x - 0,0041x^2$	0,89**
	Resina	$y = -1,8355 + 0,1044x - 0,0128x^2$	0,99**
	Bray I	$y = 0,7703 + 0,6442x - 0,0060x^2$	0,87**
Termofosfato Yoorin	Mehlich I	$y = -6,0207 + 1,7021x - 0,0263x^2$	0,95**
	Mehlich III	$y = -5,6808 + 1,4882x - 0,0218x^2$	0,98**
	Resina	$y = 4,4541 + 1,7255x - 0,0271x^2$	1,00**
	Bray I	$y = -8,0202 + 2,2117x - 0,0441x^2$	0,99**
F.N. da Carolina do Norte	Mehlich I	$y = -2,3537 + 0,9509x - 0,0088x^2$	0,97**
	Mehlich III	$y = -3,7962 + 1,2486x - 0,0152x^2$	0,95**
	Resina	$y = -0,7655 + 1,4659x - 0,0217x^2$	0,84**
	Bray I	$y = -8,5304 + 2,1996x - 0,0440x^2$	0,99**
F.N. de Arad	Mehlich I	$y = -2,3559 + 0,5758x - 0,0044x^2$	0,70**
	Mehlich III	$y = -3,2146 + 1,3150x - 0,0193x^2$	0,82**
	Resina	$y = 0,0804 + 1,0047x - 0,0133x^2$	0,79**
	Bray I	$y = -12,7393 + 2,3076x - 0,0891x^2$	0,98**

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

**Tabela 6.** Fósforo acumulado (mg), em função dos teores de P no solo ( $\text{mg kg}^{-1}$ ). Nas equações temos  $x \geq 6,3$  para Mehlich I,  $x \geq 6,5$  para Mehlich III,  $x \geq 4,3$  para Resina, e  $x \geq 5,5$  para Bray I.

Fonte	Extrator	Equações	R <sup>2</sup>
Superfósforo Triplo	Mehlich I	$y = -5,3779 + 1,4378x - 0,0143x^2$	0,99**
	Mehlich III	$y = -1,3246 + 1,0385x - 0,0076x^2$	0,89**
	Resina	$y = -4,9013 + 1,8894x - 0,0221x^2$	0,99**
	Bray I	$y = -1,0766 + 1,2298x - 0,0109x^2$	0,87**
Termofósforo Yoorin	Mehlich I	$y = -12,5614 + 2,8782x - 0,0442x^2$	0,95**
	Mehlich III	$y = -11,4086 + 2,4553x - 0,0356x^2$	0,98**
	Resina	$y = -8,8831 + 2,7908x - 0,0434x^2$	1,00**
	Bray I	$y = -14,9705 + 3,6054x - 0,0713x^2$	0,99**
F.N. da Carolina do Norte	Mehlich I	$y = -2,3310 + 1,0140x - 0,0082x^2$	0,97**
	Mehlich III	$y = -3,6476 + 1,2932x - 0,0134x^2$	0,95**
	Resina	$y = -0,8661 + 1,6080x - 0,0316x^2$	0,84**
	Bray I	$y = -7,2159 + 2,0317x - 0,0316x^2$	0,99**
F.N. de Arad	Mehlich I	$y = -0,0895 + 0,9231x - 0,0068x^2$	0,70**
	Mehlich III	$y = -7,1126 + 1,8914x - 0,0263x^2$	0,82**
	Resina	$y = -1,6948 + 1,5045x - 0,0191x^2$	0,79**
	Bray I	$y = -16,4277 + 4,0206x - 0,0983x^2$	0,98**

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade

## CONCLUSÕES

Os fosfatos naturais da Carolina do Norte e de Arad foram, dentre as fontes de P, as que apresentaram maior poder residual.

As doses de P que diferenciaram o poder residual dos fertilizantes foram as equivalentes a 50 e 100  $\text{mg dm}^{-3}$ , pois a dose de 200  $\text{mg dm}^{-3}$  não permitiu a observação desse efeito.

Todos os extratores utilizados foram eficientes na avaliação do P residual disponível para as plantas.

## RESUMO

Com o objetivo de avaliar o efeito residual de alguns fertilizantes fosfatados e determinar o fósforo disponível às plantas através de quatro extratores (Bray I, Mehlich I, Mehlich III e Resina Trocadora de Íons), foi realizado um experimento em casa-de-vegetação, com quatro fontes de P (superfosfato triplo, termofosfato Yoorin, fosfato natural da Carolina do Norte e fosfato natural de Arad), em quatro doses (zero, 50, 100 e 200 mg dm<sup>-3</sup>). Cultivou-se *Brachiaria decumbens* após seis cultivos de *Centrosema pubescens*, em um Latossolo Vermelho Amarelo. Os resultados permitiram as seguintes conclusões: os fosfatos naturais da Carolina do Norte e de Arad foram as fontes de P que apresentaram maior poder residual; as doses de P que diferenciaram o poder residual foram as equivalentes a 50 e 100 mg dm<sup>-3</sup>; todos extratores utilizados foram eficientes na avaliação do P residual disponível para as plantas.

**Palavras-chave:** Fósforo, fertilizantes fosfatados, efeito residual, extratores.

## SUMMARY

### RESIDUAL EFFECT OF PHOSPHATE FERTILIZERS EVALUATED BY DIFFERENT EXTRACTANTS

The residual effect of phosphate fertilizers and the phosphorus available to plants were evaluated in a Typic Hapludox in a greenhouse study, using different sources of P (triple superphosphate, Yoorin termophosphate, North Caroline rock phosphate and Arad rock phosphate) applied in four levels (zero, 50, 100 and 200 mg dm<sup>-3</sup>). *Brachiaria decumbens* was grown in pots, after six cultivations of *Centrosema pubescens*. The following conclusions were drawn: North Caroline rock phosphate and Arad rock phosphate showed the higher residual effect in the levels corresponding to 50 and 100 mg dm<sup>-3</sup>; the

extractants showed the same efficiency in the evaluation of the residual effect of phosphate.

**Key words:** Phosphorus, phosphate fertilizers, residual effect, extractants.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDA, 1996. **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes**. São Paulo, ANSA – Associação Nacional Para Difusão de Adubos.
- BRAGA, N.R.; H.A.A. MASCARENHAS; E.A. BULISANI; B. VAN RAIJ; C.T. FEITOSA, R. HIROCE, 1991. Eficiência Agronômica de Nove Fosfatos em Quatro Cultivos Consecutivos de Soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 15: 315-319.
- BRAY, R. & L.T. KURTZ, 1945. Determination of Total, organic and Available Forms of Phosphorus in Soils. **Soil Science**, 59: 67-70.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, 1983. **Análises de Corretivos, Fertilizantes e Inoculantes – Métodos Oficiais**. Brasília, Laboratório Nacional de Referência Vegetal (LANARV) / Secretaria de Defesa Agropecuária. 104p.
- GOEDERT, W. & E. LOBATO, 1984. Avaliação Agronômica de Fosfatos em Solos de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 8: 97-102.
- MALAVOLTA, E.; G.C. VITTI & S.A. OLIVEIRA, 1989. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: Princípios e Aplicações**. Piracicaba, POTAFÓS. 201p.
- MEHLICH, A., 1984. Mehlich 3 Soil Test Extractant: A Modification of Mehlich 2 Extractant. **Communication in Soil Science Plant Analyses**, 15(12): 1409-1416.
- OLSEN, S.R. & L.A. DEAN, 1965. Phosphorus. In: BLACK, C.A. **Methods of Soil Analysis**. New York, Amer. Soc. Agronomy Inc. v.2, p.1035-1049.
- PATELLA, J.F., 1980. Influência de Quinze Anos de Adubação NPK Sobre o Crescimento do Trigo e Algumas Propriedades Químicas do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 4: 31-35.

- READ, D.W.L.; E.D. SPRATT; L.D. BAILEY; F.G. WARDER; W.S. FERGUSON, 1973. Residual Value of Phosphatic Fertilizer on Chernozemic Soil. **Can. J. Soil Sci.**, **53**: 389-398.
- SPRATT, E.D. & E.U. McCURDY, 1966. The Effect of Various Long-Term Soil Fertility Treatments on the Phosphorus Status of a Clay Chernozem. **Can. J. Soil Sci.**, **46**: 29-36.
- STEFANUTTI, R., 1991. Efeito da Granulometria de um Termofosfato Magnesiano no Aproveitamento de Fósforo. Piracicaba. 76p. (Mestrado – Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP).
- VAN RAIJ, B., 1978. Seleção de Métodos de Laboratório para Avaliar a Disponibilidade de Fósforo em Solo. **Revista de Análise de Solo**, **2**: 1-9.
- VAN RAIJ, B. & J.A. QUAGGIO, 1983. **Métodos de Análise de Solo para Fins de Fertilidade**. Campinas, IAC. 31p. (Boletim Técnico, 81).