

**AValiação DA DISPONIBILIDADE DO FÓSFORO  
APLICADO AO SOLO NA FORMA DE DIFERENTES FOSFATOS**

***CELI TEIXEIRA FEITOSA***

**Orientador: *VALDOMIRO CORRÊA DE BITTENCOURT***

**Dissertação apresentada à Escola Superior de  
Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade  
de São Paulo, para obtenção do título de Mestre  
em Solos e Nutrição de Plantas**

**PIRACICABA  
Estado de São Paulo—Brasil  
Novembro, 1978**

À memória de minha saudosa MÃE

## AGRADECIMENTOS

Agradeço às seguintes pessoas e instituição:

Professor Dr. Valdomiro Corrêa de Bittencourt pela orientação e apoio.

Dr. Bernardo van Raij

Engenheiro Agrônomo Quirino Augusto de Camargo Carmello

Dr. Hipolito A.A. Mascarenhas

Dr. Ruter Hiroce

Seção de Técnica Experimental e Cálculo do I.A.C.

Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo pela oportunidade concedida e facilidade oferecidas.

## INDICE

	página
1. Resumo .....	1
2. Introdução .....	4
3. Revisão de Literatura .....	6
4. Material e Métodos .....	29
4.1. Solos .....	29
4.2. Ensaio com plantas .....	32
4.3. Extração e determinação do P dos solos .....	34
4.4. Análise química do material vegetal .....	35
5. Resultados e Discussão .....	36
5.1. Avaliação química do fósforo do solo .....	36
5.2. Avaliação biológica dos fosfatos .....	46
5.3. Estudo de correlação .....	50
6. Conclusões .....	67
7. Summary .....	68
8. Literatura Citada .....	71

## 1. RESUMO

A disponibilidade do fósforo do solo e de fertilizantes fosfatados foi avaliada por experimento utilizando amostras de solos Podzólico Vermelho Amarelo-variação Piracicaba (PVp) e Latossolo Vermelho Amarelo-fase arenosa (LEa). Utilizou-se os fosfatos: <sup>aram-12</sup>superfosfato triplo, termofosfato, hiperfosfato e apatita de Araxá, que foram acrescentados aos solos nas quantidades equivalentes a 30 e 60 ppm de P. Após a aplicação dos adubos fosfatados, <sup>aram-12</sup>incubou-se os solos durante 120 dias e fez-se amostragens aos 10, 30 e 120 dias, após os quais, plantou-se trigo cultivar IRN - 526/63 que foi conduzido até a produção, obtendo-se o peso seco da parte aérea. Na aplicação do fósforo residual disponível utilizou-se o milho, variedade Hmd 7974. Amostragem do solo foi também efetuada antes do plantio de milho (270 dias), que foi cultivado durante 5 semanas e depois colhido e seco, para obtenção do peso seco da parte aérea.

Analisou-se o fósforo nas amostras de solo pelos métodos de extração:  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05N;  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05N+ $\text{NH}_4\text{F}$  0,03N e  $\text{NaHCO}_3$  0,5N a pH 8,5 na relação solo/solução de 1:10. No material vegetal determinou-se o fósforo total absorvido, que juntamente com os pesos secos da parte aérea foram correlacionados com os teores de fósforo encontrados no solo pelos vários métodos.

Pouca variação foi observada nos teores de fósforo para os períodos de incubação de 10, 30 e 120 dias. O comportamento dos métodos de extração em presença dos vários fosfatos mostrou que existem diferenças marcantes, principalmente quando do uso de métodos de extração ácida em presença de fosfato natural. O  $\text{NaHCO}_3$  0,5N a pH 8,5 extraiu teores muito mais baixos quando comparados com os extratores ácidos, porém estas quantidades apresentaram uma certa diferenciação quanto aos tratamentos, pois para fosfatos solúveis os valores encontrados foram maiores.

O LEa apresentou teor inicial de fósforo, mais elevado do que o PVp para todos os extratores estudados.

O termofosfato dose 2 (60 ppm de P) proporcionou maior peso seco da parte aérea do trigo, nos dois solos, porém para peso seco da parte aérea de milho o maior foi o obtido com hiperfosfato dose 2 (60 ppm de P) para os dois solos.

Os teores de fósforo absorvidos pelo trigo e milho foram mais elevados para os tratamentos que receberam hiperfosfato e apatita de Araxá na dose 2 (60 ppm de P). As mais altas correlações foram obtidas para o método  $H_2SO_4$  0,05N +  $NH_4F$  0,03N nos períodos de incubação de 10, 30 e 120 dias quando correlacionados com P absorvido pelo trigo. Os métodos do  $NaHCO_3$  0,5N a pH 8,5 e  $H_2SO_4$  0,05N resultaram menores correlações tanto para peso seco da parte aérea quanto para P absorvido nas duas culturas.

## 2. INTRODUÇÃO

Nos solos do Estado de São Paulo, têm sido encontrado teores variáveis de fósforo total. Assim, CATANI et alii (1957) observaram uma variação entre 84 e 1970 ppm de P total, sendo que os solos mais ricos eram aqueles oriundos de diábase, e os mais pobres, os oriundos do Arenito de Bauru. VERDADE (1960), por sua vez, encontrou uma variação de 1310 a 2180 ppm de P total para os primeiros solos e de 43 a 218 ppm de P para os últimos.

CATANI e BATAGLIA (1968), estudando várias amostras de Latossolo Roxo, encontraram variação entre 741 e 1493 ppm de P total. JORGE e VALADARES (1969) teores que variaram de 1111 ppm de P total para um Latossolo Roxo a 134 ppm de P total para um Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa.

Apesar dos solos apresentarem teores considerados altos de fósforo total, somente pequena parte está na forma disponível às plantas. Assim, a fração maior não é utilizada pelas mesmas, pois encontra-se ligada a compostos inorgâni-



cos e orgânicos, a qual não pode ser liberada a curto prazo. Assim, um grande número de métodos de extração têm sido desenvolvidos em decorrência da necessidade de se conhecer a quantidade real do fósforo do solo, que está na forma aproveitável pelas plantas. Para isso, são utilizadas várias soluções diluídas de ácido forte (TRUOG, 1930; MELSON et alii, 1953), soluções alcalinas (OLSEN e WATANABE, 1957), água (PAAUW, 1971) e resina trocadora de ânions (COOKE e HISLOP, 1962).

De um modo geral, a eficiência desses diferentes métodos de extração, varia com a natureza do solo, e, principalmente, com as formas de combinação do elemento no solo. Quanto aos fosfatos que são usados como adubos, alguns reagem rapidamente com o solo e outros, lentamente. Sendo assim, a disponibilidade para as plantas será diferente para os vários fertilizantes. Nessas condições o aproveitamento desses fertilizantes está correlacionado com a capacidade de absorção das plantas e, conseqüentemente, os teores de P determinados pelos vários métodos químicos podem não apresentar uma variação no mesmo sentido.

Com base nesses aspectos é que se propões estudar os diferentes métodos de extração do fósforo de solos, que receberam aplicação de fosfatos de várias naturezas. Tal estudo aliado à avaliação da disponibilidade do elemento para as plantas, deverá dar subsídios para se testar a eficiência dos diferentes métodos, bem como para a compreensão do efeito residual dos adubos.

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

A extração do fósforo do solo por métodos químicos já começou a ser estudada no século passado por DYER (1894), citado por HEESE (1971). Assim, Dyer em seus estudos iniciais utilizou solução ácida, sendo que, a partir desta data vários trabalhos científicos têm sido apresentados com variações na metodologia. Desse modo, TRUOG (1930), PURI e OS-HAR (1936), BRAY e KURTZ (1945), PEECH et alii (1947), WILLIAMS (1950), NELSON et alii, etc, usaram soluções de ácidos minerais ou orgânicos combinados ou não com sais.

DAS (1930), OLSEN et alii (1954), SAUNDER (1956), etc, utilizaram soluções alcalinas de sais e hidróxidos minerais. Finalmente, (BLENKINSOP, 1938; BURD e MUKPHY, 1939; BINGHAVE, 1949) citados por NELSON et alii (1953) e PAAUW (1971), etc, extraíram o fósforo do solo com água.

Recentemente, outras metodologias têm sido usadas para a extração do fósforo, tais como, aquelas que empre-

gam a resina trocadora de ânions, os métodos baseados na troca isotópica e os processos que determinam o potencial de fósforo pelo uso de solução de  $\text{CaCl}_2$ . Nessas condições, CALDWELL (1955), citado por HEESE (1971), etc, utilizou resina trocadora de ânions; McAULIFFE et alii (1947), LARSEN (1952), RUSSELL et alii (1954), etc, empregaram a técnica de troca isotópica e SCHOFIELD (1955) baseou o estudo no potencial químico do fosfato. Estes métodos vêm sendo testados, com algumas modificações em nossos dias.

Mc LEAN et alii (1953) utilizaram várias amostras de solo para extração do fósforo pelos métodos; Bray I ( $\text{NH}_4\text{F}$  0,03N +  $\text{HCl}$  0,025N), Peech e English (acetato de sódio + ácido acético, pH 4,85), Truog ( $\text{NaHSO}_4$ , pH 3,0),  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CO}_2$ , Ruhnke ( $\text{KHSO}_4$ , pH 2,0) e Ghani (ácido acético 0,5M, pH 2,6). Os dados obtidos nas extrações foram correlacionados com o fósforo absorvido pelas culturas de aveia e alfafa cultivadas durante 3 anos consecutivos. Observaram que os métodos de extração com  $\text{K}_2\text{CO}_3$  e  $\text{CO}_2$ , quando usados para solos neutros e alcalinos, davam alta correlação, porém quando todos os solos foram incluídos o melhor método foi o de Bray cujo r foi da ordem de 0,45.

CATANI e GARGANTINI (1954) estudaram em amostras de solos massapê Salmorão, terra roxa misturada e arenito de Bauru a extração do fósforo por métodos químicos e biológicos. Os primeiros constaram de  $\text{H}_2\text{O}$  destilada, ácido acético

0,25N,  $H_2SO_4$  0,05N+ $NH_4F$  0,025N,  $H_2SO_4$  0,05N, todos na relação solo/solução 4:100 e ácido oxálico 0,25N + oxalato de potássio 0,75N na relação 10:200. Para a extração biológica pelo método de Neubauer utilizaram a cultura de arroz. Os dados encontrados mostraram que a água destilada e a solução de ácido acético extraíram menos fósforo do que o arroz nos solos que receberam superfosfato; nos solos que não receberam fósforo os resultados da extração com água destilada e ácido acético foram muito baixos. As soluções  $H_2SO_4$  0,05N,  $H_2SO_4$  0,05N +  $NH_4F$  0,03N, ácido oxálico 0,25 N + oxalato de potássio 0,75N extraíram mais fósforo do que o arroz nos tratamentos com e sem fósforo, mostrando desta maneira que os métodos químicos empregados extraem parte do fósforo que esta na forma inorgânica. O método  $H_2SO_4$  0,05N foi o que mais de aproximou dos valores encontrados pela extração com arroz pelo método Neubauer.

OLSEN et alii (1954) estudaram a correlação entre o valor "A" e os métodos Ray I, Olsen,  $H_2O$  e  $CO_2$  utilizando seis grupos de solos. Verificaram que o método Olsen apresentou a melhor correlação para todos os grupos de solos estudados.

THOMPSON e PRATT (1954) trabalharam com 18 amostras de solo representando 14 séries, divididas em dois grupos de acordo com o valor do pH original. Com estes solos realizaram dois experimentos: um com milho e outro com alfafa. No primeiro aplicaram superfosfato contendo  $P^{32}$  e plantaram mi-

lho, que após 8 semanas foi colhido seco e analisado determinando o fósforo total e o valor A. No segundo experimento estudaram tres níveis de fósforo e cultivaram alfafa durante 10 meses, realizando 5 cortes sendo que no último procederam a colheita de toda a planta, incluindo as raízes. Determinaram a quantidade de fósforo total removido pela cultura. Nas amostras de solo procederam a determinação do fósforo através dos métodos Truog, Bray I e II, citrato de amônio 1% a pH 5,1, ácido cítrico 1%, NaOH M e Olsen que foram correlacionados com o valor "A" e o fósforo removido pela alfafa. Observaram que não houve diferença entre os dois grupos de solo tanto para o fósforo removido pela alfafa como para o valor "A". No estudo da correlação entre o fósforo extraído pelos vários métodos e o fósforo removido pela alfafa observaram que os melhores métodos foram Bray I., Olsen e o citrato de amônio 1% o mesmo ocorrendo na correlação entre fósforo extraído do solo e o valor "A". Os valores de r foram 0,91 e 0,93 para Bray I; 0,87 e 0,97 para Olsen e 0,82 e 0,83 para citrato de amônio. Quando fizeram a comparação entre métodos observaram que os extractores ácidos se apresentaram melhores para os solos ácidos. Entretanto para todos os solos os métodos Bray I e Olsen mostraram-se mais promissores.

McLEAN et alii (1955) estudaram o fósforo disponível do solo através da extração com os métodos Truog, Truog modificado, Truog modificado + 8 hydroxyquinolina, Peech-English, Bray I, Bray II ( $\text{NH}_4\text{FO.03N} + \text{HCl } 0,1\text{N}$ ),  $\text{HCl } 0,1\text{N}$  e Olsen

( $\text{NaHCO}_3$  0,5N, pH8,5). Obtiveram variações na quantidade de fósforo extraído nos diferentes tipos de solo para todos os métodos, com exceção dos de Peech-English e Olsen. A correlação entre o fósforo extraído do solo e o valor do seu pH foi significativa a 1% para os 6 métodos estudados sendo os valores de  $r$  iguais a 0,52; 0,55; 0,50; 0,49; 0,58 e 0,57 para os métodos Truog, Truog modificado, Truog - modificado + 8 hidroxiquinolina, Bray II, HCl e Peech-English respectivamente. Concluíram que alguns métodos foram mais satisfatórios que outros quando correlacionaram o fósforo extraído e o fósforo total absorvido pelo trevo obtendo-se maiores valores para os métodos Bray I, Olsen e Bray II com os respectivos valores de  $r$  : 0,73; 0,73 e 0,65 todos significativos ao nível de 1%.

PACK e GOMEZ (1956) testando os métodos Olsen,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  e Bray I em solos usualmente plantados com algodão e alfafa observaram que o método da  $\text{H}_2\text{O}$  deu a melhor correlação com o fósforo absorvido tanto para a cultura do algodão como para alfafa sendo os valores de  $r$  altamente significativos e iguais a 0,64 e 0,56 respectivamente. A seguir veio o método Bray I para algodão e o Olsen para alfafa forrajeira. Quando compararam os vários métodos observaram que altas correlações foram obtidas para todas as combinações, tendo entretanto sido a melhor correlação obtida entre  $\text{H}_2\text{O}$  e o método Olsen. Finalmente concluíram através dos dados obtidos que o método de extração com a  $\text{H}_2\text{O}$  foi superior ao método  $\text{CO}_2$ , Bray I e Olsen.

LATHWELL et alii (1958) utilizando 30 amostras de solo estudaram a extração do fósforo pelos métodos, Bray I, Peech-English; Fried-Dean (valor "A") e resina Amberlite IR-400). Os maiores valores encontrados foram para os métodos de Fried-Dean e Bray I, porém quando estudaram as correlações entre métodos obtiveram melhor correlação entre Fried-Dean e resina sendo  $r$  igual a 0,80, altamente significativo. No estudo da correlação entre produção cumulativa, fósforo absorvido e produção relativa o melhor método foi o da resina trocadora de anion percolada.

FRANKLIN e REISENAVER (1960) fizeram comparação entre os métodos do acetato de sódio,  $\text{NaHCO}_3$  e  $\text{NH}_4\text{F} + \text{HCl}$  usando 17 solos de Washington e encontraram que o  $\text{NaHCO}_3$  e o acetato de sódio provaram ser satisfatórios, porém a melhor correlação com resposta à planta foi obtida com o método do  $\text{NaHCO}_3$ .

STELLY e RICAUD (1960) trabalharam com 20 amostras superficiais e 9 métodos de extração nas seguintes relações solo/solução 1:10; 1:20; 1:50 e 1:100. Os métodos estudados foram: Bray I e II, Mehlich, Truog, Olsen, ácido láctico 0,15N, ácido acético 0,3N +  $\text{NH}_4\text{FO}.03\text{N}$  à pH 4,25,  $\text{HCl}$  0,1N,  $\text{HCl}$  0,1N +  $\text{NH}_4\text{FO}.03\text{N}$  acetato de amônio N a pH 4,8 e acetato do sódio 0,75N + ácido acético 0,5N a pH 4,8. Verificaram que diferentes quantidades de fósforo foram extraídas pelos diferentes métodos e que os maiores teores foram encontrados com o uso do  $\text{KCl}$  0,1N +  $\text{NH}_4\text{F}$  0.03N. Os valores do coeficiente de cor

relação foram mais elevados para os extratores: ácido láctico, ácido acético +  $\text{NH}_4\text{F}$  0,03N e Bray II, do que para os métodos de HCl 0,1N e acetato de amônio N quando correlacionados com produção.

BINGHAM (1962) relacionando vários métodos de extração do fósforo do solo, observou que havia muita variação nos dados obtidos, devido ao pH da solução, à relação solo/solução e aos períodos de agitação. Concluiu que em geral os solos ácidos podem ser analisados por várias técnicas sendo que resultados iguais ou próximos, são obtidos. Em solos neutros ou alcalinos os teores do elemento poderão ser melhor avaliados através de um extrator moderado.

ANDERSEN e MOGENSEN (1963) num ensaio de vaso com centeio utilizando 34 amostras de solo com diferentes propriedades físicas e químicas, estudaram a extração do fósforo do solo pelos métodos  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,2N, Egner, Al-solução, Olsen, Na-zeolite, e potencial de fósforo. Observaram grande diferença entre os resultados obtidos pelos vários métodos. O método de extração com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,2N resultou em altos teores de fósforo. O coeficiente de correlação entre o valor e o fósforo disponível foi da ordem de 0,91, altamente significativo. A correlação entre o valor L e o fósforo extraído pelos vários métodos decresceu na seguinte ordem. Olsen > Na-zeolite > potencial de fósforo >  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,2N > CaCl<sub>2</sub> 0,1M.

DIEST (1963) em experimento de vaso com tomate



estudou os seguintes métodos de extração de fósforo, Bray I, acetato de sódio + ácido acético, Olsen, Mehlich ( $\text{HCl } 0.05\text{N} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0.025\text{N}$ ), lactato de amônio + ácido acético, água e eletrodialise e correlacionou com o fósforo absorvido pela cultura.

O autor de posse dos valores de  $r$  subdividiu os vários métodos de extração em 3 categorias: a) métodos que mostraram alta correlação com todos os solos, dentre os quais a extração com  $\text{H}_2\text{O}$  que apresentou a melhor correlação, porém com limitações ao uso em rotina visto que o período de agitação é de 5 horas. A seguir vieram os métodos do lactato de amônio + ácido acético e o de Olsen.

b) métodos que revelaram alta correlação com os solos que possuem baixo a médio nível de fósforo "lábil", e além disso baixa correlação, com os solos com alto teor de fósforo. Nessa categoria, estão incluídos o  $\text{NH}_4\text{F} + \text{HCl}$  e o  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$ .

c) métodos que revelaram pequena correlação com solos que possuem baixa a média concentração de fósforo "lábil" e alta correlação com os solos que possuem alta concentração de fósforo, neste grupo estão incluídos os métodos do acetato de sódio + ácido acético e eletrodialise.

Entretanto, quando todos os solos foram considerados, os coeficientes de correlação variaram de 0,99 para a extração com água a 0,94 para extração com acetato de sódio +

ácido acético e lactato de amônio + ácido acético.

PRATT e GARBER (1964) utilizando 29 amostras superficiais e 2 amostras de sub superfície de solo estudaram a correlação entre o fracionamento do fósforo pelo método de CHANG e JACKSON (1957) e os métodos de extração com H<sub>2</sub>O, Bray I e Olsen. Observaram que a extração com água e Bray I correlacionava-se positivamente com o fósforo da 1ª e 2ª extração no processo de fracionamento onde foi usada a solução NH<sub>4</sub>Cl e NH<sub>4</sub>F e ao mesmo tempo negativamente com a porcentagem de argila. O método Olsen correlacionou-se positivamente com o fósforo extraído com NH<sub>4</sub>Cl, NH<sub>4</sub>F e NaOH. Não houve correlação entre fósforo extraído pelo método de Olsen e a porcentagem de argila.

DAZA e MULLER (1965) estudaram em 10 amostras de solo a extração do fósforo pelos métodos Bray I e II, Truog, Olsen e Egner-Riehm. Verificaram que houve grande variação na quantidade de fósforo extraído por cada um dos métodos nos diferentes solos. Encontraram teores de fósforo mais elevados nos solos quando a extração foi realizada pelo método Truog, - vindo a seguir o método de Bray I. O método de Egner revelou pouca variação entre os teores encontrados.

OLSEN e DEAN (1965) verificaram que a solução de Na HCO<sub>3</sub> reage diferentemente para solos com diferentes fosfatos. A extração em solos que contenham fosfatos de cálcio é fornecida pela diminuição da concentração de cálcio na solu-

ção, devido a precipitação do cálcio na forma de  $\text{CaCO}_3$ , com conseqüente aumento da solubilidade do fósforo. Em solos que contem fosfatos de alumínio e ferro a concentração de fósforo na solução é aumentada devido a elevação do pH. Reação secundária de precipitação em solos ácidos e alcalinos é reduzida - ao mínimo porque a concentração de Al, Ca e Fe permanece num baixo nível.

BRELAND e NESMITH (1967) utilizando 7 amostras de solo da Flórida estudaram a extração das mesmas com acetato de sódio N pH 4,8, Bray I, Carolina do Norte, Clsen, acetato de amônio N pH 4,8,  $\text{H}_2\text{O}$  destilada,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.02 N pH 3,0,  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  destilada e acetato de amônio pH 7.0. Observaram que os extratores que contêm a mistura de  $\text{NH}_4\text{F} + \text{HCl}$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$  removeram grande quantidade de fósforo enquanto o acetato de amônio pH 4,8 foi o que menos extraiu. Em solos ácidos os autores verificaram que a solução de  $\text{NaHCO}_3$  foi mais eficiente na remoção de fósforo do que os extratores acetato de sódio ou acetato de amônio. Concluíram que o ion bicarbonato substitui melhor o fósforo do que o ion acetato. Porém o acetato de sódio pH 4,8 extraiu mais fósforo do que o acetato de amônio N pH 4,8 provavelmente ao ion sódio, cuja atividade é maior. Os métodos de extração com  $\text{H}_2\text{O}$  destilada,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,02N e  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  destilada removeram pequena quantidade de fósforo do solo.

WHITE e HAYDOCK (1967) trabalhando com 15 amostras diferentes de solo, conduziram experimentos em casa de ve

getação com alfafa e Phaseolus lathyroides L. As amostras de solo foram analisadas utilizando-se os seguintes métodos: Olsen, Truog, Morgan (ácido acético 0,5N pH 4,8 com acetato de sódio) e potencial de fósforo ( $\text{CaCl}_2\text{O}$ , 01M). O resultado do experimento com alfafa mostrou que a correlação com a produção relativa foi alta para o potencial de fósforo, Olsen e Truog, mas muito baixa para o método Morgan. A correlação com o fósforo absorvido foi mais baixa do que com a produção relativa, e diminuiu na ordem; Olsen > potencial de fósforo > Truog > Morgan.

Nos solos utilizados no experimento com Phaseolus lathyroides, a correlação com produção relativa e com fósforo absorvido, foi mais elevada para o método Truog seguido pelo método Morgan, que pareceu ser melhor do que o método Olsen e potencial de fósforo.

BALERDI et alii (1968) utilizaram para o estudo do fósforo de solos os métodos de extração Bray I, Mehlich, Egner-Riehm (lactato de cálcio), Olsen e Saunder modificado ( $\text{NaOHN}$ ). Verificaram que os métodos Bray I, Mehlich e Egner-Riehm extraíram quantidades maiores de fósforo nos solos em que predominavam os fosfatos de cálcio enquanto o método Saunder em solos que continham altos teores de fosfato de ferro e alumínio. O método Olsen extraiu menor quantidade de fósforo do que os demais métodos. Os autores fizeram correlação entre métodos analíticos, produção de matéria seca e absorção de fósforo pelo tomateiro e obtiveram os seguintes resultados: Eg-

ner- Riehm 0,95 > Olsen 0,87 > Bray I 0,86 > Mehlich (Carolina do Norte) 0,85 e por último Saunder (NaOHN) 0,34.

FONSECA et alii (1968) estudaram os métodos - Bray I e Mehlich na relação solo solução de 1:10 com agitação por 5 minutos num experimento de micro-parcelas com milho. Os resultados obtidos revelaram que para o método Bray I quando todos os solos foram incluídos o valor de r foi 0,53, altamente significativo. Para o método Mehlich o valor de r foi 0,52 altamente significativo para todos os solos e 0,65 para solos com alumínio menor que 0,2 emg por 100 g. Por outro lado o valor de r foi de 0,11, não significativo para solos com alumínio maior de 0,2 emg por 100 g. Este método é bastante utilizado no Brasil, porém não produz resultados muito exatos visto nossos solos apresentarem em sua grande maioria teores de alumínio acima de 0,2 e mg/100 g de T.F.S.A.

GUAJARDO e ORTEGA (1968) em estudo de correlação - ção entre o método de extração Bray I e o rendimento relativo de trigo cultivado em 62 amostras de solo obtiveram valor igual 0,84 altamente significativo.

MUSTAFA e DURAIRAJ (1968), trabalhando com solos do Sul da Índia, estudaram o efeito de doses de superfosfato e fosfato dicálcico em amostras incubadas de solos "vermelhos", "negros" e lateríticos. Os autores utilizaram para a determinação do fósforo solúvel os métodos Olsen e Bray I e II, obtendo teores mais elevados para os solos lateríticos e meno-

res para os solos "negros". Onde foi adicionado fosfato dicálcico, os métodos Bray I e II forneceram os teores mais altos - de fósforo solúvel.

NOROZÁNSKY e PIERKL (1969) estudaram a determinação do fósforo solúvel em amostras de solos ácidos, neutros e alcalinos, que haviam recebido aplicação de fósforo na forma de superfosfato, fosfato dicálcico e sedimentos fosfatados. Determinaram o fósforo pelos métodos Olsen, Bray e Egner. Para os solos alcalinos o método de Olsen foi menos eficaz do que o método Bray I, porém o inverso foi verdadeiro para os solos ácidos. Foi observado também que o teor de fósforo extraído pelo método Olsen foi proporcional à quantidade de adubo aplicado e a solubilidade dos mesmos. O método Egner forneceu valores que apresentaram boas correlações com os dados obtidos pelo método Olsen para os solos alcalinos. Para os solos ácidos, o método de Egner mostrou melhor correlação com o método Bray, porém nenhuma correlação foi observada entre o método de Egner e os outros métodos para solos neutros.

OKE (1970) trabalhou com 15 amostras de solo onde cultivou milho. As amostras de solo foram analisadas utilizando-se os métodos: Bray I, HCl 0,3N,  $H_2SO_4$  0,01N, NaOH 0,1N,  $K_2CO_3$  1%, ácido láctico 1% e Morgan. Correlacionou-se o fósforo total absorvido pelo milho e o fósforo do solo extraído pelos vários métodos além do fósforo solúvel na folha e o fósforo do solo. Observou-se que não houve correlação significati-

va entre o fósforo extraído pelos diferentes métodos e o fósforo total absorvido, porém para a correlação entre fósforo solúvel na planta e o fósforo do solo somente o método de  $H_2SO_4$  0,01N foi significativo ao nível de 5%. Os métodos HCl 0,3N e  $H_2SO_4$  0,01N foram os que deram os mais altos teores de fósforo.

NOVCZÁMSKY e PIRKL (1970) estudaram os métodos Olsen, Bray I, Egner-Riehm em amostras de solo incubadas durante 14 dias com superfosfato, fosfato dicálcico e verificaram que o método Olsen foi mais eficiente que o método Bray I no caso de solos alcalinos, mas para solos ácidos o inverso foi verificado. A quantidade extraída foi proporcional à quantidade aplicada. Os teores obtidos pelo método de Enger-Riehm tiveram melhor correlação para todos os solos; os teores obtidos pelo método Olsen, para os solos alcalinos foram melhores do que o Bray para os solos ácidos, porém nenhuma correlação foi encontrada entre o método Egner-Riehm e os outros métodos para os solos neutros.

VARGAS (1970) utilizou em seu estudo 40 amostras de solos superficiais dos quais extraiu fósforo pelo método Olsen, Bray I, Mehlich, Saunder modificado (NaOHN), Egner-Riehm (lactato de cálcio 0,02N pH 3,8), potencial químico e resina trocadora de anions. No estudo das correlações entre os métodos de extração e o fósforo absorvido, a matéria seca e o rendimento relativo, verificou-se que não houve diferença significativa para nenhum dos casos, mas quando correlacionou

o fósforo em equilíbrio com as variáveis acima mencionadas, - houve aumento do coeficiente de correlação, na sua maioria significativo. Para métodos de extração e fósforo em equilíbrio os coeficientes de correlação foram da seguinte ordem 0,85; - 0,70; 0,67; 0,50 e 0,43, respectivamente, para os métodos Egner-Riehm; Mehlich, Olsen, Bray I e Saunder modificado.

CATANI e NAKAMURA (1971) utilizaram amostras do horizonte Ap dos seguintes grandes grupos de solo: Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Amarelo - fase arenosa, Podzolizado Vermelho Amarelo - orto e Podzolizado Lins-Marília, variação - Marília, os quais foram tratados com diversas soluções:  $H_2SO_4$  0,05N;  $HCl$  0,05N +  $H_2SO_4$  0,025N;  $H_2SO_4$  0,05N +  $NH_4F$  0,025N e ácido acético 0,1N, tendo sido as relações solo/solução 5:100; 10:100 e 20:100. Observaram que quando a relação passou de 5:100 para 20:100 a capacidade de extração do fósforo das soluções diminuiu. Essa diminuição foi mais acentuada nos solos Latossolo Roxo, Podzolizado Vermelho Amarelo-orto e no Latossolo Vermelho Amarelo - fase arenosa. Quanto a capacidade de extração para uma mesma relação, os métodos do  $H_2SO_4$  0,05N e  $HCl$  0,05N +  $H_2SO_4$  0,025 N se equivaleram. A solução de  $H_2SO_4$  0,05N +  $NH_4F$  0,025N extraiu mais fósforo do que as duas anteriores no Latossolo Roxo, Podzolizado Vermelho Amarelo - orto e Latossolo Vermelho Amarelo - fase arenosa, indicando que o ânion fluoreto favorece a extração do fósforo do solo com um teor apreciável de sesquióxidos. No Podzolizado Lins- Marília, variação Marília as diferenças na extração de fósforo pe-



la solução de  $H_2SO_4$  0,05N +  $NH_4F$  0,025N;  $H_2SO_4$  0,05N; HCl 0,05N +  $H_2SO_4$  0,025N foram muito pequenas, porém maiores que as obtidas para os demais grupos de solo.

MUZILLI et alii (1971) estudaram, em solos ácidos da região sul do Estado do Paraná, o comportamento do termofosfato, do fosfato Rhemania e do superfosfato simples em ensaio de campo, utilizando 3 níveis de adubação. Os adubos foram aplicados à lanço e logo após, coletaram amostras aos 30, 60 e 90 dias, e procederam a extração do fósforo solúvel pelo método Carolina do Norte ( $H_2SO_4$  0,025N + HCl 0,05N).

Através do quadro de resultados apresentados pelos autores pode-se verificar que com a aplicação de fosfato Rhemania e do superfosfato simples os teores de fósforo solúvel aumentaram com o tempo de contato do solo com o adubo, porém para o termofosfato ocorreu o inverso, provavelmente devido ao fato do termofosfato apresentar alto teor de cálcio.

ROSAND e FASSBENDER (1971) utilizando solos ácidos estudaram o comportamento dos seguintes extratores Olsen, Truog, Egner - Riehm e Mehlich 1 e 2. O método Mehlich 1 corresponde a relação solo/solução de 1:4 e o 2 a relação 1:10. Os dados obtidos foram correlacionados com matéria seca e conteúdo de fósforo na parte aérea do sorgo. Observaram que os coeficientes de correlação entre métodos versus matéria seca e métodos versus conteúdo de P seguiram a seguinte ordem Olsen > Truog > Egner - Riehm > Mehlich 2 > Mehlich 1. Os valores de

método versus matéria seca foram da ordem de 0,99 e 0,97, respectivamente, para os métodos Olsen e Truog.

ANANDE (1972) selecionou alguns trabalhos e verificou que o método de extração com bicarbonato de sódio é extensivamente correlacionado com o fósforo disponível em diferentes tipos de solo. Os teores obtidos em muitos solos dão uma boa estimativa do fósforo disponível, o que foi verificado pelo autor através da correlação com produção. Isto se verifica na verdade para solos pouco ácidos ou levemente alcalinos.

ROSAND e SANTANA (1972) comparando extratores químicos evidenciaram diferentes capacidades de extração para os métodos Egner- Riehm, Truog, Mehlich, Olsen, Olsen modificado ( $\text{NaHCO}_3$  0,5N +  $\text{NH}_4\text{F}$  0,5N à pH8,5). A correlação entre os teores de fósforo encontrados no solo e produção de massa seca da parte aérea das plântulas de cacau foram altamente significativas. Obtiveram valores mais altos para os métodos Truog, Egner- Riehm, Olsen modificado e Olsen cujos valores foram respectivamente 0,82; 0,82; 0,79 e 0,77 que confirmaram os já obtidos por ROSAND e FASSENDER (1971).

BHAN e SHANKER (1973) trabalharam com 12 amostras de solos superficiais representando 4 diferentes grupos de solo da região de Budekland. Utilizaram para o estudo vasos de capacidade de 1,75 Kg de solo onde foi plantado arroz, que foi cultivado durante 50 dias. Determinaram o fósforo  $t_0$

tal absorvido pela cultura e correlacionaram com o fósforo extraído do solo pelos métodos Bray I e II,  $H_2O$ , Truog e Olsen. Obtiveram alta correlação entre o método Olsen, e o fósforo total absorvido pela cultura e método Olsen e matéria seca de arroz.

GARGANTINI e FEITOSA (1973) em ensaio de vaso sem cultura estudaram o comportamento do superfosfato simples e triplo, fosfato diamônio, termofosfato e apatita de Araxá, em Latossolo Vermelho Escuro-orto e Podzolizado de Lins e Marília-variação Marília. Verificaram que no período de 15 a 360 dias após a aplicação dos adubos, os teores de fósforo extraído com  $H_2SO_4$  0,05N para cada adubo não mostraram variação com relação ao tempo de contacto do solo com os adubos. Contudo, comparando os teores de fósforo extraídos das amostras tratadas com os diferentes adubos, verificaram variação nos teores, com resultados mais elevados para o solo podzolizado e, para ambos os solos, no caso em que foi aplicado o superfosfato triplo.

PFULB e WIECHENS (1973) estudaram em solos onde se aplicou o fosfato de rocha a extração com lactato de amônio + ácido acético, dose dupla de lactato de amônio + ácido acético e lactato de cálcio + ácido acético. Constataram que a extração por método ácido retira o fosfato apatítico contido no fosfato de rocha super estimando os teores de fósforo nos solos neutros e alcalinos. Nos solos ácidos pouca -

variação foi obtida para o método com lactato de amônio + ácido acético, mas quando estudaram os solos sem levar em consideração o pH, os três métodos se comportaram igualmente.

LOPEZ et alii (1974) trabalhando com solos vulcânicos da Colômbia, estudaram a extração de fósforo pelos métodos Bray II, Olsen, Bray II modificado, Mehlich modificado e Cinecafe ( $H_2SO_4$  0,08N) em relação às frações minerais de P e a sua absorção pela planta. Verificaram que a totalidade das soluções extratoras solubilizaram intensamente os fosfatos de cálcio apatítico e não apatítico, mas extraíram muito pouco do fósforo ligado ao ferro e alumínio. Contudo os fosfatos de cálcio apatítico influenciaram muito pouco na nutrição da planta e a contribuição dos fosfatos de ferro e alumínio - no mesmo processo foi praticamente nula.

BEAUCHAMP et alii (1976) estudaram os métodos Bray I, II e Olsen em 53 amostras de solo de 2 localidades. - Correlacionaram os teores de fósforo extraído com pH, teor de argila, capacidade de troca de cations e conteúdo de matéria orgânica. Observaram que o comportamento dos métodos variou diferentemente para cada propriedade do solo. No estudo da correlação entre métodos notaram que houve grande variação entre os coeficientes obtidos para as amostras superficiais e subsuperficiais independente da localidade. Por outro lado os maiores coeficientes de correlação foram entre os métodos Bray I e II e Bray I e Olsen para a mesma localidade, em amos

tras superficiais obtendo-se valores de  $r$  da ordem de 0,89 e 0,88 respectivamente.

ENWEZOR (1977) trabalhou com 30 amostras superficiais onde aplicou fósforo na forma de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  em dois níveis. A cultura utilizada foi o milho cultivado durante 5 semanas após as quais foi colhido e determinada a produção relativa. Os métodos estudados foram resina trocadora de ânions, Bray I e II, Morgan, Truog, Olsen e  $\text{NaOH}$  0,1N. Os métodos da resina trocadora de ânions e de Morgan foram os menos eficientes na extração do fósforo do solo e o autor sugere que esta baixa eficiência seja devido à acidez do solo. Nesta condição o fósforo inorgânico se encontra na forma de fosfato de ferro e alumínio, que são pouco solúveis em água e em solução de ácido diluído, como a solução de Truog cujos teores determinados foram apenas um pouco mais altos do que os anteriores. O método  $\text{NaOH}$  0,1N foi mais eficiente na extração visto que as formas de fósforo ligado ao ferro ou alumínio, são mais solúveis em solução alcalinas do que em soluções ácidas. Quando correlacionou o fósforo extraído por vários métodos e a produção relativa de milho, todos os métodos deram coeficiente de correlação significativo ao nível de 0,1%. O método Bray II teve o maior coeficiente de correlação, da ordem de 0,74, vindo a seguir a resina trocadora de ânions, Bray I, Morgan, Olsen, Truog e o  $\text{NaOH}$  0,1N.

FEITOSA e RAIJ (1977) trabalharam com Podzóli-

co Vermelho Amarelo- variação Piracicaba e Latossolo Vermelho Escuro - fase arenosa onde foi aplicado fósforo nas formas de superfosfato simples e triplo, termofosfato, DAP, hiperfosfato e apatita de Araxá, em quantidades correspondentes a 26 ppm de P. Obtiveram teores de fósforo variáveis para os vários tratamentos quando o solo foi extraído pelos métodos -  $H_2SO_4$  0.05N, Bray II e Olsen, verificando que os tratamentos com apatita de Araxá e hiperfosfato apresentaram teores mais elevados de fósforo do que os outros para os métodos de extração com  $H_2SO_4$  0.05N e Bray II. Os teores obtido pelo método Olsen foram mais baixos, porém discriminou melhor os teores de fósforo entre os adubos. A correlação entre os métodos de extração e o peso seco de grãos de trigo, peso seco da parte aérea de milho e fósforo absorvido por trigo e milho mostrou que as melhores correlações foram obtidas para extração com  $NaHCO_3$  0,5N a pH 8,5. Observaram diferente comportamento dos métodos para os dois grupos de solo, tendo sido verificado - que o método do  $H_2SO_4$  0,05N foi o que menor correlação obteve.

KANWAR e TRIPATHI (1977) estudaram os seguintes métodos de extração de fósforo Bray I, Olsen e Morgan e correlacionaram com os teores de fósforo obtidos pelo método de fracionamento CHANG e JACKSON (1957). Observaram que o método Bray I extraiu mais fósforo do que os demais métodos. A fração Ca- fósforo correlacionou-se positivamente com o método Bray I e Olsen, porém ao considerarem separadamente grupos

de solo eles verificaram que os solos onde há predominância de fósforo ligado ao ferro houve contribuição das três frações (fósforo ligado ao alumínio, ao ferro e ao cálcio) no fósforo disponível para os métodos Bray I, Olsen e Morgan. Sugeriram que todos os extratores são similares na seletividade da dissolução do fósforo nestes grupos de solos. Dentre as três frações e ferro foi o que obteve maior coeficiente de correlação. Os métodos Bray I e Olsen extraem preferencialmente o fósforo ligado ao ferro e cálcio.

RAIJ (1978) em uma revisão da literatura onde foram relacionados os seguintes métodos: resina trocadora de ânions, Olsen, Bray I e II, Mehlich, Truog, Morgan (acetato de sódio 0,75 M em ácido acético 0,4N a pH 4,8), água,  $\text{CaCl}_2$  0,01 M, valor E e valor L, verificou que dentre os métodos o que mais se destacou foi a resina trocadora de ânions pois forneceu maior valor para a porcentagem de variação da resposta a fósforo. Os valores E e L foram inferiores ao método da resina, porém superaram aos demais com exceção do método Olsen, que dentre os métodos de extração mais rápida, destacou-se por sua superioridade e versatilidade em diferentes condições de solo. Os métodos Bray I e II, Mehlich, Truog e Morgan foram menos eficientes nos solos alcalinos e calcários.

VERNA e SWAMINATHAM (1978) estudaram em 8 anos tras de solo da Índia o comportamento dos métodos biológicos e

químicos. Utilizaram para o método biológico o desenvolvimento de colônia Cunninghamella e para os métodos químicos a extração com  $H_2O$ , Olsen, Spurway ( $HClO_4, 13M$ ), Bray I, Morgan com acetato de sódio, Egner com lactato de cálcio, valor E e potencial de fósforo. Obtiveram alta correlação entre o método do Spurway e porcentagem de produção de batata porém para os demais métodos não houve significância.

De uma maneira geral, os dados relatados na bibliografia apresentada vem elucidar certos aspectos que até certo ponto comprometem os métodos de extração do fósforo do solo. Assim, variação nos teores determinados, são devido ao pH da solução, ao tempo de contacto e a relação entre solo e solução.

Como foi visto, soluções extratoras ácidas, alcalinas e moderadas são empregadas, porém nenhuma correlação definida foi obtida.

No caso específico dos solos brasileiros nos quais predominam formas de fósforo ligadas ao ferro e alumínio principalmente, extratores ácidos e alcalinos podem ser empregados, os quais evidentemente terão um maior efeito solubilizante sobre uma dessas formas. Assim um ponto muito importante que deve ser considerado é o relativo à capacidade de absorção da cultura em particular.



#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

##### 4.1. Solos

O presente trabalho foi realizado com amostras coletadas dos 20 centímetros superiores, de dois solos classificados, segundo o Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo (1960), como Podzólico Vermelho Amarelo-variação Piracicaba (PVp) e Latossolo Vermelho Escuro-fase arenosa (LEa) localizados nas regiões sul e nordeste do Estado de São Paulo, respectivamente.

As áreas amostradas foram, respectivamente, a Estação Experimental de Capão Bonito (Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo) e a Estação Experimental de São Simão (EMBRAPA)

O solo PVp suportava originalmente pasto formado de gramínea e o LEa considerado como cerradão, apresentava a vegetação natural. Nenhum dos solos em estudo havia recebido adubação mineral anteriormente e as suas características fi

sicas e químicas constam da Tabela 1.

O pH em água foi medido em suspensão obtida na relação solo/solução de 1:2,5. O carbono orgânico foi determinado por via úmida, colorimetricamente. O fósforo e o potássio foram extraídos com solução de  $H_2SO_4$  0,05N e determinados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente. O cálcio, magnésio e o alumínio foram extraídos com  $KClN$  e determinados por espectrometria de absorção atômica e por titulação com  $NaOH$  0,025N, respectivamente (RAIJ e ZULLO, 1977). Os teores totais de  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$  e  $P_2O_5$  foram obtidos através da digestão com  $H_2SO_4$  1+1. O  $SiO_2$  foi separado por filtração e solubilizado com solução de  $Na_2CO_3$  a 5% a quente e dosado colorimetricamente com solução sulfomolibdica em presença de ácidos tartárico e ascórbico. Em alíquota do filtrado do extrato sulfúrico determinou-se volumetricamente o  $Al_2O_3$  com EDTA e  $2nSO_4$  usando a ditizona como indicador; o  $Fe_2O_3$  foi determinado colorimetricamente utilizando 1,10 - fenantrolina em presença de ácido ascórbico e citrato de sódio; o  $TiO_2$  e o  $P_2O_5$  determinados colorimetricamente pelo  $KMnO_4$  em presença de ácido sulfúrico e pelo molibdato de amônio em presença de subcarbonato de bismuto e utilizando o ácido ascórbico como redutor, respectivamente, VETTORI (1969).

O coeficiente  $K_i$  foi calculado pela relação molecular  $SiO_2/Al_2O_3$  e o  $K_r$  pela relação molecular  $SiO_2/Al_2O_3 + Fe_2O_3$ .

Tabela 1. Característica física e química dos solos estudados.

Análise física

Solo	Argila	Siltes	Areia fina	Areia grossa
	(%)			
PVp	20,0	8,7	56,7	14,6
LEa	35,0	5,0	41,8	18,2

Análise química

Solos	pH	C	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	P
	H <sub>2</sub> O	%	e.mg/100ml			µg/ml	
PVp	6,1	2,2	1,3	0,5	0,0	76	1
LEa	5,9	1,8	1,3	0,7	0,0	40	3

Total

	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Ki	Kr
	(%)						
PVp	0,037	6,34	7,87	2,10	0,07	1,41	1,17
LEa	0,091	6,93	9,92	10,05	2,37	1,20	0,72

Os solos em questão foram escolhidos levando-se em consideração os teores de argila (CAMARGO e RAIJ, 1973), pH entre 5,0 e 6,0, ausência ou baixo teor de alumínio além da pequena concentração de fósforo solúvel, fatores estes que influenciam a imobilização e evidenciam o comportamento do fósforo colocado através de fertilizantes.

#### 4.2, Ensaio com plantas

Foram utilizados vasos de barro vitrificados internamente com capacidade para 10 kg de solo. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, estudando-se os seguintes tratamentos para cada tipo de solo.

- 1 - NK;
- 2 - NK + fósforo na forma de superfosfato triplo, dose 1;
- 3 - NK + fósforo na forma de superfosfato triplo, dose 2;
- 4 - NK + fósforo na forma de termofosfato, dose 1;
- 5 - NK + fósforo na forma de termofosfato, dose 2;
- 6 - NK + fósforo na forma de hiperfosfato, dose 1;
- 7 - NK + fósforo na forma de hiperfosfato, dose 2;
- 8 - NK + fósforo na forma de apatita de Araxá, dose 1;
- 9 - NK + fósforo na forma de apatita de Araxá, dose 2;

As adubações fosfatadas acrescentaram ao solo 30 e 60 ppm de P, tomando-se como base o teor de fósforo total dos adubos. Os adubos utilizados foram: superfosfato triplo

44,25%, termofosfato 18,18%; hiperfosfato 28,36%; apatita de Araxá 28,61% de  $P_2O_5$  total, que foram integralmente misturados aos solos. Após a aplicação dos adubos fosfatados, os solos ficaram incubando em estado úmido, durante 120 dias, sendo realizadas amostragens nos períodos de 10, 30, 120 dias após o início da experiência, este último, antes do plantio de trigo, e aos 270 dias, imediatamente antes do plantio do milho. Nas amostragens dos solos de cada vaso, estes eram revolvidos individualmente em recipientes de onde retiravam-se aproximadamente 100 g do solo.

Após o período de incubação procedeu-se à adubação, sendo as quantidades aplicadas calculadas baseando-se em TERMAN et alii (1966) e constaram de 3,3 g de  $(NH_4)_2 SO_4$  no plantio e 6,6 g em cobertura; 1,5 g do  $K_2SO_4$ ; 0,232 g de  $Fe_2SO_4 \cdot 7 H_2O$ ; 0,113 g de  $MnSO_4 \cdot H_2O$ ; 0,176 g de  $Zn SO_4 \cdot 7 H_2O$ ; 0,052 g de  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ; 0,164 g de  $Na_2 B_4O_7 \cdot 10H_2O$  e 0,162 g de  $MgCO_3$  por vaso com 10 kg de solo.

No estudo da disponibilidade do fósforo dos solos, plantou-se trigo, IRN-526/63 variedade Mexicana. Colocaram-se 50 sementes e deixaram-se 30 plantas por vaso após o desbaste, que se deu aos 25 dias após a germinação. Os vasos receberam água suficiente para o desenvolvimento das gramíneas. O trigo foi conduzido até a produção, sendo as plantas cortadas rente ao solo e levadas à estufa até peso constante, obtendo-se os pesos secos da parte aérea.

No estudo da avaliação do fósforo residual disponível utilizou-se o milho.

Os solos foram inicialmente amostrados e receberam uma adubação de manutenção de 3,3 g de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ; 1,5 g de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  e 0,26 g  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$  por vaso no plantio. Plantaram-se 20 sementes do cultivar Hmd-7974 e deixaram-se 10 plantas por vaso após o desbaste que se deu aos 20 dias após a germinação. Procedeu-se a adubação nitrogenada em cobertura colocando-se 8,3 g de  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$  por vaso.

#### 4.3. Extração e determinação do P dos solos

Em amostras coletadas nas diferentes épocas, secas ao ar e passadas em peneira de malha de 2mm, determinou-se o fósforo utilizando-se os seguintes extratores:  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05M (IAC; CATANI et alii, 1954),  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05N +  $\text{NH}_4\text{F}$  0,03N (CATANI et alii, 1954) e  $\text{NaHCO}_3$  0,5N a pH 8,5 (Olsen et alii, 1954), na relação solo/solução de 1:10 e tempo de agitação de 5 minutos. A escolha dos extratores químicos prendeu-se aos critérios: o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05N é um ácido forte diluído e é utilizado rotineiramente no Estado de São Paulo, servindo portanto, como termo de comparação; o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05N +  $\text{NH}_4\text{F}$  0,03N introduz a ação complexante do fluoreto sobre o ferro e alumínio; o  $\text{NaHCO}_3$  0,5N a pH 8,5 é um extrator alcalino cujo íon bicarbonato diminui a atividade do cálcio em solução, sendo que sua escolha baseou-se também devido ao seu uso generalizado em

inúmeros países, COOKER (1972).

Em todos os extratos o fósforo foi determinado colorimetricamente pelo método do molibdato azul, com bismuto como catalisador e ácido ascórbico como redutor, VETTORI(1969).

#### 4.4. Análise química do material vegetal

Após a colheita as plantas foram secas e moídas. Fez-se a digestão de 0,2 g do material com 3 ml de ácido sulfúrico concentrado e 1 ml de água oxigenada. Completou-se o volume a 100 ml, retirando-se uma alíquota de 5 ml para a determinação do fósforo pelo método do molibdato já indicado.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Avaliação química do fósforo do solo

Os dados de extração do fósforo obtidos pelos métodos do  $H_2SO_4$  0.05N;  $H_2SO_4$  0,05N +  $NH_4F$  0.03N e  $NaHCO_3$  0,5 N a pH 8,5 para os vários períodos de incubação constam das Tabelas 2, 3 e 4 respectivamente. Observa-se que ao longo do período de incubação, 120 dias; pouca variação foi verificada no teor do elemento extraído para os três métodos estudados, mostrando desta maneira que aos 10 dias após a aplicação do adubo, já se verifica a influência do adubo no teor de fósforo do solo. O mesmo foi verificado por GARGANTINI e FEITOSA (1973) quando extraíram o fósforo do solo pelo método do  $H_2SO_4$  0,05N. Eles utilizaram amostras incubadas durante períodos de 15 a 360 dias.

FEITOSA e RAIJ (1977), constataram o mesmo quando estudaram a incubação do fosfato durante 270 dias. Verificaram que já no 1º dia após a aplicação do adubo e no de-



Tabela 2. Fósforo solúvel extraído por  $H_2S_4O_{10}0,05N$ , na relação solo/solução 1:10 das amostras retiradas nos diferentes períodos de incubação, média das 4 repetições.

Solo	Tratamentos	Períodos			
		10 dias	30 dias	120 dias	270 dias
		(ppm)			
PVp	Testemunha	1,9	1,9	1,7	2,0
	S. Triplo dose 1	10,5	9,2	9,3	6,4
	S. Triplo dose 2	20,5	18,1	20,8	12,5
	Termofosfato dose 1	11,0	9,5	11,7	5,7
	Termofosfato dose 2	24,7	23,4	18,5	8,1
	Hiperfosfato dose 1	17,9	20,5	16,9	7,2
	Hiperfosfato dose 2	56,5	59,0	37,9	16,4
	A. Araxá dose 1	22,2	22,4	17,6	15,2
	A. Araxá dose 2	40,1	39,4	33,6	32,2
LEa	Testemunha	4,6	5,2	3,5	3,6
	S. Triplo dose 1	11,0	11,6	9,8	7,0
	S. Triplo dose 2	18,8	18,9	13,5	9,4
	Termofosfato dose 1	14,4	14,7	9,4	5,8
	Termofosfato dose 2	21,7	22,5	12,8	8,3
	Hiperfosfato dose 1	20,0	19,0	17,5	8,1
	Hiperfosfato dose 2	38,9	35,5	35,1	19,3
	A. Araxá dose 1	18,6	17,6	18,7	17,0
	A. Araxá dose 2	37,2	34,9	35,1	30,9

Tabela 3. Fósforo solúvel extraído por  $H_2SO_4$  0,05N +  $NH_4F$  0,03N, na relação solo/solução 1:10 das amostras retiradas nos diferentes períodos de incubação, média das 4 repetições

Solo	Tratamentos	Períodos			
		10 dias	30 dias	120 dias	270 dias
		(ppm)			
PVp	Testemunha	5,2	3,1	4,7	9,3
	S. Triplo dose 1	24,8	18,6	25,3	21,2
	S. Triplo dose 2	41,5	37,4	50,3	41,1
	Termofosfato dose 1	17,4	14,9	22,5	23,6
	Termofosfato dose 2	25,1	33,6	35,0	43,2
	Hiperfosfato dose 1	19,8	26,8	27,7	22,4
	Hiperfosfato dose 2	44,7	39,7	60,8	45,8
	A. Araxá dose 1	18,1	20,6	24,9	19,7
	A. Araxá dose 2	32,6	31,9	52,4	33,6
LEa	Testemunha	13,7	6,7	15,4	22,9
	S. Triplo dose 1	27,7	16,8	32,9	33,5
	S. Triplo dose 2	38,5	25,0	46,8	48,3
	Termofosfato dose 1	30,4	16,9	31,2	32,8
	Termofosfato dose 2	41,8	21,3	38,6	47,1
	Hiperfosfato dose 1	35,6	33,7	34,0	33,8
	Hiperfosfato dose 2	50,0	55,1	55,2	50,6
	A. Araxá dose 1	30,8	24,8	29,7	31,5
	A. Araxá dose 2	46,9	32,9	44,0	44,1

Tabela 4. Fósforo solúvel extraído por  $\text{NaHCO}_3$  0,5N a pH 8,5, na relação solo/solução 1:10 das amostras retiradas nos diferentes períodos de incubação, média de 4 repetições.

Solo	Tratamentos	Períodos			
		10 dias	30 dias	120 dias	270 dias
		(ppm)			
PVp	Testemunha	1,3	2,1	1,7	2,8
	S. Triplo dose 1	4,5	5,5	5,2	3,9
	S. Triplo dose 2	10,2	9,8	9,0	6,3
	Termofosfato dose 1	3,3	3,4	2,8	3,2
	Termofosfato dose 2	4,3	4,4	3,7	7,2
	Hiperfosfato dose 1	3,4	4,0	3,3	5,3
	Hiperfosfato dose 2	4,0	4,6	3,6	6,1
	A. Araxá dose 1	2,5	2,4	1,8	3,7
	A. Araxá dose 2	2,7	2,9	1,9	3,7
LEa	Testemunha	3,2	2,7	2,4	3,6
	S. Triplo dose 1	6,7	6,6	5,6	4,3
	S. Triplo dose 2	10,4	9,8	9,1	6,0
	Termofosfato dose 1	3,7	3,9	3,5	4,6
	Termofosfato dose 2	4,1	4,3	4,3	5,9
	Hiperfosfato dose 1	3,4	3,5	3,2	5,0
	Hiperfosfato dose 2	4,4	4,8	4,0	6,6
	A. Araxá dose 1	4,1	3,2	2,5	3,9
	A. Araxá dose 2	4,8	3,5	2,7	4,8

correr do período de incubação os teores de fósforo se mantinham pouco variáveis.

MUZZILLI et alii (1971) estudaram a reação do tempo de incubação na quantidade de fósforo extraído pelo método Carolina do Norte e observaram uma tendência contrária, pois com a aplicação dos fosfatos Rhemania e Superfosfato simples, os teores de fósforo solúveis aumentaram com o tempo de contacto do solo com o adubo, porém o mesmo não se deu com o termofosfato.

Ainda com relação às Tabelas citadas verificou-se que entre os tratamentos houve grande diferença no teor de fósforo extraído por um mesmo método e que este teor é também variável entre métodos.

Nota-se que a apatita de Araxá e o hiperfosfato, que são fosfatos de solubilização mais lenta no solo, deram teores mais elevados do que os outros adubos quando da utilização de soluções de  $H_2SO_4$  0.05N e  $H_2SO_4$  0.05N +  $NH_4F$  0.03N, mostrando que estes extratores dissolvem o fertilizante menos reativo. O mesmo foi observado por MUSTAFA e DURAIRAJ (1968) que encontraram teores solúveis mais elevados de fósforo quando foi utilizado o extrator  $NH_4F$  0.03N + HCl 0.025N em solos onde se adicionou fosfato dicálcico.

PFULB e WIECHENS (1973) que trabalharam com solos que receberam fosfato de rocha observaram que a extração

por métodos que utilizam soluções ácidas retiram o fosfato apatítico contido nesse material superestimando os teores de fósforo principalmente em solos neutros ou alcalinos.

No caso do extrator  $\text{NaHCO}_3$  0,5H a pH 8,5 verifica-se que os teores obtidos foram bem mais baixos para todos os tratamentos quando comparados com os demais extratores. Apesar dos teores se apresentarem baixos houve uma certa diferenciação quanto aos tratamentos visto que aqueles que receberam superfosfato triplo apresentaram níveis mais elevados de fósforo no solo. Nesse aspecto este extrator discrimina melhor os teores de fósforo extraídos dos adubos.

Quanto aos dados obtidos na comparação de teor aplicado e teor extraído para os diversos adubos verificou-se que não houve relação constante entre os métodos ou mesmo para um mesmo método.

OLSEN e DEAN (1965) demonstraram que a solução de  $\text{NaHCO}_3$  reage diferentemente para solos que receberam diversos fosfatos. Assim em amostras que continham fosfato de cálcio, a extração é favorecida pela diminuição da concentração de cálcio na solução com o conseqüente aumento de solubilidade do fósforo. Porém em solos que apresentavam fosfato de ferro e alumínio a concentração de fósforo é aumentada devido à elevação do pH do solo, fato este não verificado no presente trabalho, pois os teores foram muito baixos para todos os tratamentos.

NOVOZÁMSKÝ e PIRKL (1970) estudaram os métodos de Olsen ( $\text{NaHCO}_3$ ), Bray I ( $\text{NH}_4\text{F} + \text{HCl}$ ) em amostras que receberam adubação fosfatada e obtiveram maior eficiência de extração para o método Olsen em solos ácidos. Eles encontraram - proporcionalidade entre teor aplicado e teor extraído o que foi contrário ao obtido no trabalho.

Comparando os teores de fósforo encontrados para os dois solos observou-se que o LEa apresentou teor inicial mais elevado do que o PVp para todos os extratores estudados. Estes valores se mantiveram mais elevados para o extrator  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.05N +  $\text{NH}_4\text{F}$  0.03N em todos os tratamentos com exceção do que recebeu dose 2 de superfosfato triplo. Porém o mesmo não foi verificado para o extrator  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.05N cujos teores de fósforo encontrado no LEa só foram maiores do que o PVp para os tratamentos que receberam dose 1 de superfosfato triplo, termofosfato e hiperfosfato. Com o extrator  $\text{NaHCO}_3$  0,5N a pH 8,5 nota-se que os maiores teores foram encontrados para o LEa em todos os tratamentos com exceção do hiperfosfato dose 1 e termofosfato dose 2.

Na amostragem aos 270 dias, ou seja após o cultivo do trigo, os resultados do teor de fósforo do solo foram muito variáveis havendo casos de aumento do teor deste elemento no solo.

Na Tabela 5, 6 e 7 são apresentadas as análises de variância dos teores de fósforo aos 120 dias de incubação

Tabela 5. Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade dos teores de fósforo do solo extraído pelo  $H_2SO_4$  0,05N.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Solo	1	45,60	45,60	5,27**
Adubo	3	2530,49	843,49	97,59**
Solo x adubo	3	61,99	20,66	2,39NS
Dose	1	2065,10	2065,10	238,90**
Dose x adubo	3	493,31	164,44	19,03**
(Tratamentos)	17	8063,85	474,34	54,88**
Resíduo	54	466,71	8,64	
Total	71	8530,55	120,15	

Tabela 6. Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade dos teores de fósforo do solo extraído pelo  $H_2SO_4$  0,05N +  $NH_4F$  0,03N.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Solo	1	40,65	40,65	3,73 NS
Adubo	3	1133,83	377,94	34,72**
Solo x adubo	3	122,69	40,90	3,75*
Dose	1	5344,06	5344,06	490,92**
Dose x adubo	3	535,74	178,58	16,40**
(Tratamentos)	17	14408,90	847,58	
Resíduo	54	587,84	10,88	
Total	71	14996,74	211,22	



Tabela 7. Análise de Variância, com desdobramento dos graus de liberdade dos teores de fósforo do solo extraído pelo  $\text{NaHCO}_3$  0,5N a pH 8,5.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Solo	1	5,067	5,067	22,542**
Adubo	3	196,407	65,470	291,128**
Solo x adubo	3	0,555	0,185	0,822NS
Dose	1	28,375	28,375	126,243**
Dose x adubo	3	25,046	8,349	37,144**
(Tratamentos)	17	320,312	18,842	
Resíduo	54	12,137	0,225	
Total	71	332,470		

ção para os extratores  $H_2SO_4$  0.05N;  $H_2SO_4$  0.05N +  $NH_4F$  0.03N e  $NaHCO_3$  0.5N a pH 8,5, respectivamente. Verifica-se que para  $H_2SO_4$  0.05N não foi obtida significância quando da interação solo x adubo. Para solo a significância foi ao nível de 5%, porém para o adubo, dose e dose x adubo foi altamente significativo diferindo do extrator  $NaHCO_3$  0,5N a pH 8,5 somente para solo cuja significância foi ao nível de 1%. O extrator  $H_2SO_4$  0,05N +  $NH_4F$  0.03N comportou-se diferentemente dos demais extratores, não apresentando significância para solo e para solo x adubo a significância foi ao nível de 5%.

Na Tabela 8 são apresentadas as diferenças mínimas significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5% para os teores de fósforo solúveis em extrator químico.

## 5.2. Avaliação biológica dos fosfatos

Na Tabela 9 são apresentados o peso seco da parte aérea do trigo e do milho, além do fósforo absorvido pelas duas culturas. Verificou-se que para o PVp quando estudou-se peso seco da parte aérea de trigo, o melhor tratamento foi obtido para o termofosfato dose 2, que somente diferiu ao nível 1% dos tratamentos testemunha e apatita de Araxá na dose 1. Para o LEa o mesmo foi obtido, porém na comparação entre solos o PVp obteve resultados mais elevados para todos os tratamentos com exceção do tratamento que recebeu dose 2 de superfosfato triplo.

Tabela 8. Diferenças mínimas significativas pelo teste de Tukey ao nível de 5% para teores de fósforo solúveis.

Solo	Amostragem	Teor de P por vários métodos de extração		
		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05N	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05N + NH <sub>4</sub> F 0,03N	NaHCO <sub>3</sub> 0,5N pH 8,5
PVp	Antes do trigo (120 dias)	9,407	9,987	1,470
	Antes do milho (270 dias)	4,004	7,365	1,543
LEa	Antes do trigo (120 dias)	3,100	4,882	0,624
	Antes do milho (270 dias)	4,238	4,384	1,178
PVp+LEa	Antes do trigo (120 dias)	7,676	8,614	1,238
	Antes do milho (270 dias)	4,517	6,642	1,504

Tabela 9. Peso seco da parte aérea de trigo e milho em g/vaso e P absorvido por trigo e milho, mg/vaso, média das 4 repetições.

Solo	Tratamento	Peso seco da parte aérea		P absorvido por	
		trigo (g/vaso)	milho (g/vaso)	trigo (mg/vaso)	milho (mg/vaso)
PVp	Testemunha	18,9	28,8	0,838	1,112
	S. triplo dose 1	25,9	30,2	1,189	1,187
	S. triplo dose 2	26,9	30,7	1,224	1,329
	Termofosfato dose 1	28,9	29,5	1,123	1,325
	Termofosfato dose 2	33,7	31,9	1,196	1,429
	Hiperfosfato dose 1	27,0	30,5	1,092	1,178
	Hiperfosfato dose 2	30,8	32,7	1,152	1,138
	A. Araxá dose 1	22,7	29,4	0,791	1,150
	A. Araxá dose 2	27,4	31,0	1,353	1,194
LEa	Testemunha	16,1	33,2	0,654	1,540
	S. triplo dose 1	25,7	34,6	0,946	1,591
	S. triplo dose 2	28,3	33,2	1,155	1,385
	Termofosfato dose 1	26,4	34,4	1,020	1,433
	Termofosfato dose 2	32,4	34,9	1,356	1,549
	Hiperfosfato dose 1	23,3	33,9	1,203	1,460
	Hiperfosfato dose 2	26,1	35,0	1,727	1,926
	A. Araxá dose 1	21,4	31,7	1,041	1,496
	A. Araxá dose 2	26,5	34,2	1,154	1,544

Para o peso seco da parte aérea de milho verificou-se que no solo PVp, o melhor tratamento foi obtido com a utilização do hiperfosfato dose 2, porém este tratamento não diferiu dos demais. No LEa verificou-se que o melhor tratamento foi obtido para o hiperfosfato dose 2 que não diferiu dos demais tratamentos, demonstrando ser o hiperfosfato de melhor aproveitamento no estudo do efeito residual.

Na comparação dos solos verificou-se que o LEa apresentou em todos os tratamentos valores de peso mais elevados do que o PVp, indicando isto que menor quantidade de fósforo neste solo deve ter sido retido.

Os resultados de peso seco de milho demonstraram que houve aproveitamento pela cultura do fósforo residual e que os fosfatos menos solúveis se igualaram aos demais fosfatos.

No estudo do fósforo absorvido verificou-se que para o trigo no solo PVp a apatita de Araxá na dose 2 apresentou o teor mais elevado e só diferindo a 5% de significância para o tratamento que recebeu dose 1 de apatita de Araxá cujo valor foi inferior ao encontrado para a testemunha. No LEa o teor mais elevado foi obtido com a aplicação ao solo do hiperfosfato dose 2 que não diferiu do tratamento que recebeu termo fosfato dose 2, sendo que os demais tratamentos com exceção da testemunha se igualaram. A cultura de trigo absorveu mais fósforo no solo PVp do que no LEa, para todos os tratamentos -

com exceção daqueles que receberam termofosfato na dose 2, hiperfosfato dose 1 e 2 e apatita de Araxá dose 1. A absorção do fósforo do solo pelo milho no PVp só apresentou diferença significativa ao nível de 5% para o tratamento com termofosfato dose 2 e a testemunha. No LEa o tratamento que apresentou teor mais elevado foi o hiperfosfato dose 2 que diferiu dos demais tratamentos.

No estudo entre solos foram encontrados para o LEa.

Nas Tabelas 10, 11, 12, 13 e 14 são apresentadas a análise de variância para peso seco da parte aérea do trigo, P absorvido pelo milho e diferenças mínimas significativas pelo teste de Tukey para a quantidade de fósforo absorvida pelas plantas e peso seco da parte aérea de trigo e do milho.

### 5.3. Estudo da correlação

Na Tabela 15 e 16 são apresentados os coeficientes de correlação linear entre métodos de extração do fósforo do solo versus peso seco da parte aérea de trigo e milho e respectivas absorções de P. Verificou-se que para peso seco da parte aérea de trigo as maiores correlações foram obtidas para o método de extração com  $H_2SO_4$  0.05N +  $NH_4F$  0.03N aos 120 e 270 dias, Figura 1, havendo pouca diferença entre o PVp e o LEa, mas agrupando-se os solos, o coeficiente de correlação -

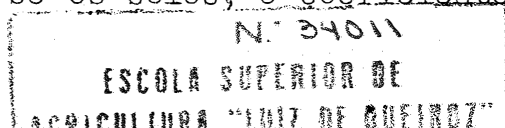


Tabela 10. Análise de Variância, com desdobramento dos Graus de liberdade do peso seco da parte aérea do trigo.

Causa de Variação	GL	SQ	CM	F
Solo	1	271,833	271,833	27,990**
Adubo	3	344,474	114,820	11,320**
Solo x adubo	3	9,061	3,120	0,320 <sup>NS</sup>
Dose	1	105,851	105,851	10,900 **
Dose x adubo	3	1377,575	459,190	47,290**
(Tratamentos)	17	1318,350	77,551	
Resíduo	54	524,830	9,710	
Total	71	1843,181		

Tabela 11. Análise de Variância, com desdobramento dos Graus de liberdade do P absorvido pelo trigo.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Solo	1	0,017	0,017	0,421 NS
Adubo	3	0,029	0,010	0,246 NS
Solo x adubo	3	0,087	0,029	0,733 NS
Dose	1	0,297	0,297	7,486**
Dose x adubo	3	0,218	0,073	1,827 NS
(Tratamentos)	17	2,308	0,120	
Resíduo	54	2,147	0,040	
Total	71	4,455		



Tabela 12. Análise de Variância, com desdobramento dos Graus de liberdade do peso seco da parte aérea de milho.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Solo	1	1,084	1,084	75,746**
Adubo	3	0,169	0,056	3,936*
Solo x adubo	3	0,187	0,062	4,349**
Dose	1	0,187	0,187	13,074**
Dose x adubo	3	0,265	0,088	6,168**
(Tratamentos)	17	2,733	0,161	11,235**
Resíduo	54	0,773	0,014	
Total	71	3,506		

Tabela 13. Análise de Variância, com desdobramento dos Graus de liberdade do P absorvido pelo milho.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Solo	1	150,800	150,800	63,415**
Adubo	3	15,472	5,157	2,169 NS
Solo x adubo	3	3,936	1,312	0,552 NS
Dose	1	19,220	19,220	8,082**
Dose x adubo	3	11,670	3,890	1,636 NS
(tratamentos)	17	285,685	16,805	7,067**
Resíduo	54	128,410	2,278	
Total	71	414,095		

Tabela 14. Diferenças mínimas significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% para quantidades de fósforo absorvido pelas plantas e peso seco da parte aérea de trigo e milho.

Solo	Amostragem	P absorvido pelo		Peso seco da parte aérea	
		Trigo (mg/vaso)	Milho	Trigo (g/vaso)	Milho
PVp	Antes do trigo (120 dias)	0,444	-	7,075	-
	Antes do milho (270 dias)	-	0,175	-	2,228
LEa	Antes do trigo (120 dias)	0,503	-	7,763	-
	Antes do milho (270 dias)	-	0,362	-	4,693
PVp+LEa	Antes do trigo (120 dias)	0,474	-	8,120	-
	Antes do milho (270 dias)	-	0,312	-	4,026

Tabela 15. Coeficientes de correlação linear entre método de extração e peso seco da parte aérea de trigo e milho

Método de extração de	P	Solo	Período de incubação em dias							
			trigo	milho	trigo	milho	trigo	milho	trigo	milho
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05N		PVp	0,54	0,43	0,52	0,38	0,56	0,54	0,19	0,46
		LEa	0,45	0,82**	0,50	0,83**	0,25	0,71*	0,16	0,43
		PVp + LEa	0,50*	0,57*	0,59*	0,51*	0,40	0,62**	0,17	0,43
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05N + NH <sub>4</sub> F 0,03N		PVp	0,59	0,67*	0,73*	0,64	0,62	0,69*	0,83**	0,67*
		LEa	0,72*	0,90**	0,29	0,89**	0,68*	0,88**	0,80**	0,84*
		PVp + LEa	0,50*	0,73**	0,47*	0,80**	0,59**	0,71**	0,63**	0,68**
NaHCO <sub>3</sub> 0,5 N a pH 8,5		PVp	0,32	0,46	0,30	0,47	0,25	0,42	0,73*	0,42
		LEa	0,38	-0,24	0,46	0,15	0,49	0,15	0,72*	0,89**
		PVp + LEa	0,29	0,21	0,35	0,27	0,33	0,26	0,66**	0,60**

\* Significância ao nível de 5% de probabilidade, \*\* significância ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 16. Coeficientes de correlação linear entre método de extração e P absorvido pelo trigo e milho

Método de extração de P	Solo	Período de incubação em dias							
		10		30		120		270	
		trigo	milho	trigo	milho	trigo	milho	trigo	milho
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05N	PVp	0,82**	0,45	0,81**	0,41	0,79*	0,44	0,39	0,01
	LEa	0,36	0,55	0,39	0,53	0,23	0,57	0,01	0,34
	PVp + LEa	0,28	0,25	0,27	0,20	0,23	0,28	0,14*	0,15
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05N + NH <sub>4</sub> F 0,03N	PVp	0,81**	0,59	0,89**	0,65	0,83**	0,56	0,91**	0,85**
	LEa	0,46	0,41	0,31	0,66*	0,45	0,46	0,46	0,36
	PVp + LEa	0,66**	0,58*	0,34	0,45	0,45	0,39	0,71**	0,65**
NaHCO <sub>3</sub> 0,5N a pH 8,5	PVp	0,33	0,48	0,34	0,33	0,27	0,40	0,81**	0,75*
	LEa	-0,07	0,04	0,08	-0,15	0,10	-0,20	0,55	0,42
	PVp + LEa	0,25	0,21	0,19	0,13	0,20	0,13	0,47*	-0,45

\* Significância ao nível de 5% de probabilidade, \*\* significância ao nível de 1% de probabilidade.

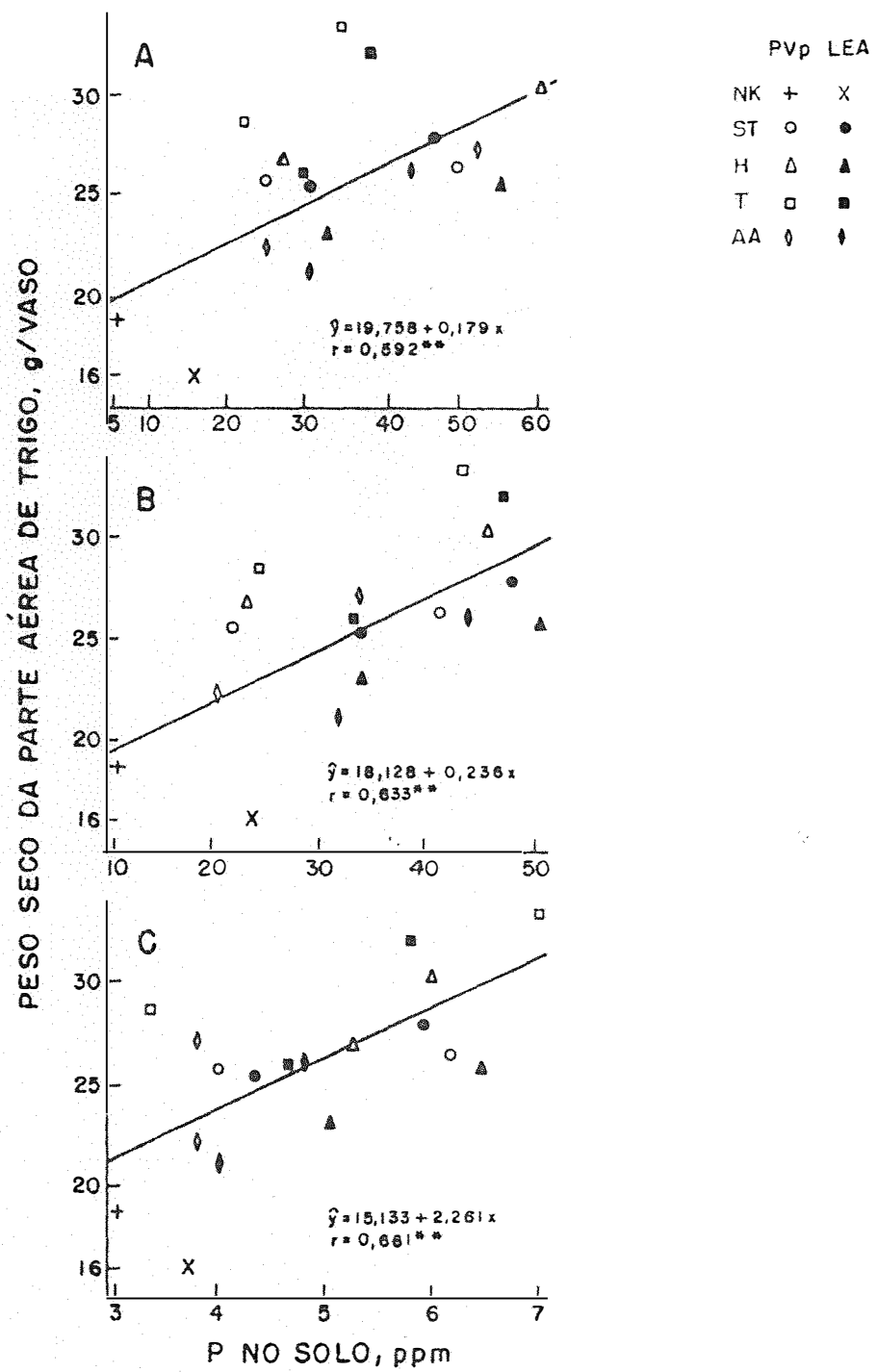


Figura - 1 - Correlações entre peso seco da parte aérea de trigo e os métodos de extração: A -  $H_2SO_4$  0,05N +  $NH_4F$  0,03N aos 120 dias; B -  $H_2SO_4$  0,05N +  $NH_4F$  0,03N aos 270 dias e C -  $NaHCO_3$  0,5N à pH 8,5 aos 270 dias. NK - sem fósforo; ST - superfosfato triplo; T - termofosfato; H - hiperfosfato e AA - apatita de Araxá.

tornou-se bem menor, mas significativo a 1%. O método de extração com  $H_2SO_4$  0.05N apresentou baixa correlação havendo somente significância ao nível de 5% nos conjuntos dos solos e para os períodos de incubação de 10 e 30 dias. O  $NaHCO_3$  0.5N à pH 8,5 obteve muito baixa correlação havendo somente correlação significativa para os 270 dias. Os dados demonstram que as amostragens realizadas antes do plantio da cultura do trigo não se correlacionaram com nenhum dos métodos estudados. Entretanto correlações melhores foram obtidas para a amostragem após a colheita do trigo para os métodos de extração com  $H_2SO_4$  0.05N +  $NH_4F$  0.03N e  $NaHCO_3$  0.5N à pH 8.5.

FRANKLIN e REISENAUER (1960) encontraram uma melhor correlação entre fósforo extraído e resposta à planta quando utilizaram a extração com  $NaHCO_3$  o mesmo sendo observado por ROSAND e FASSBENDER (1971) que correlacionaram matéria seca e extratores. Autores verificaram que o melhor método de extração foi obtido com o  $NaHCO_3$  e Truog cujo coeficiente de correlação foram da ordem de 0,99 e 0,97, respectivamente.

No estudo do peso seco da parte aérea de milho, Figura 2, verificou-se que as maiores correlações foram obtidas pelo método  $H_2SO_4$  0.05N +  $NH_4F$  0.03N. O método de extração com  $H_2SO_4$  0.05N somente deu significância para o solo LEa e com a utilização dos dois solos nos períodos de 10, 30 e 120 dias, para o  $NaHCO_3$  a significância somente foi obtida para o período de 270 dias no LEa e no conjunto de solo. 0

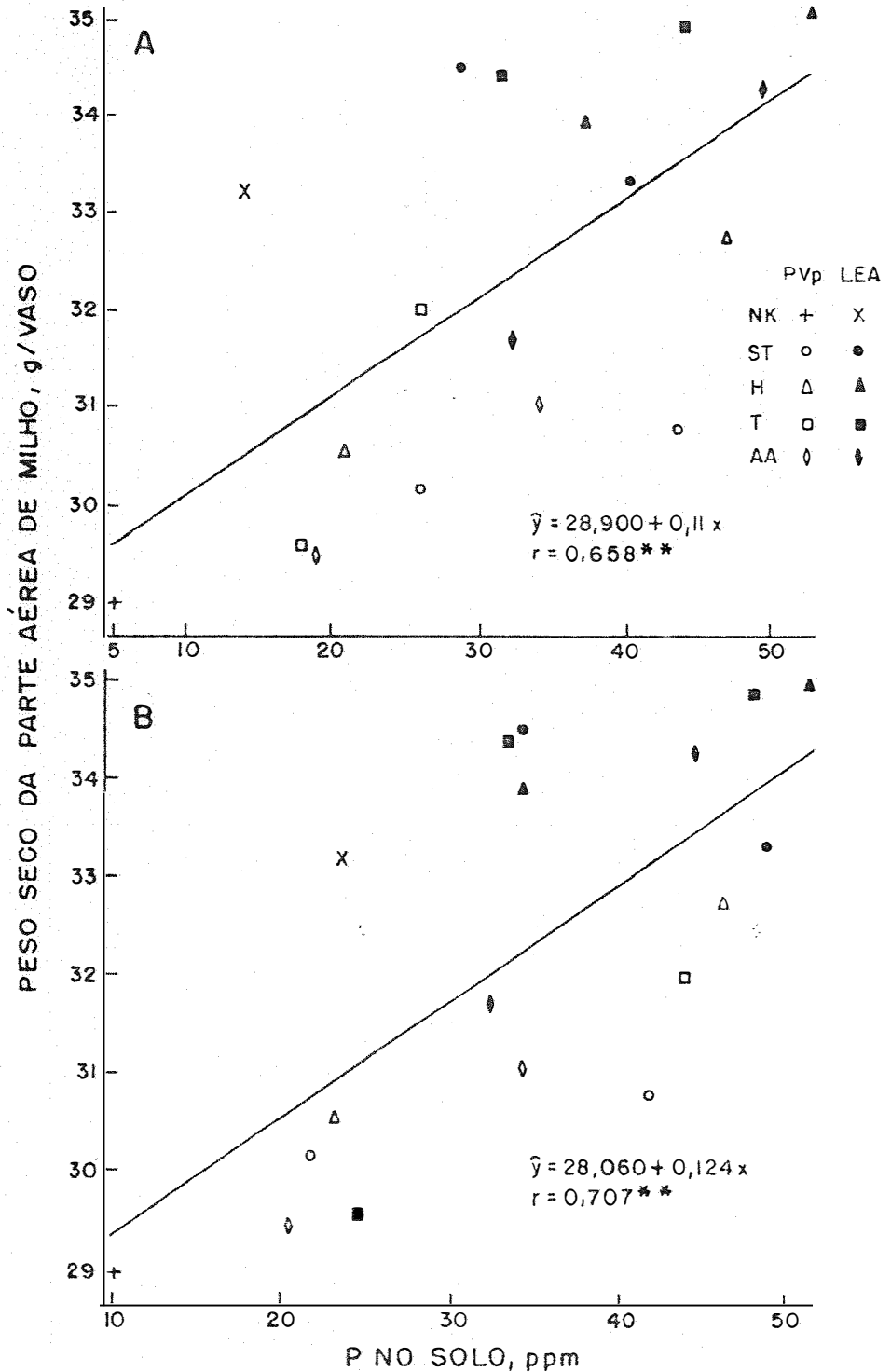


Figura 2 - Correlações entre peso seco da parte aérea de milho e os métodos de extração: A- $H_2SO_4$  0,05N+ $NH_4F$  0,03N aos 10 dias e B- $H_2SO_4$  0,05N+ $NH_4F$  0,03N aos 270 dias.

NK - sem fósforo; ST - superfosfato triplo; T - termofosfato; H - hiperfosfato; AA - apatita de Araxá.



Tabela 29 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiaria, primeira colheita para o Latossolo Vermelho Amarelo, álico, A moderado, textura média com 17% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	362,102	362,102	33,039 **
Adubo	4	6442,520	1610,630	146,955 **
pH X adubo	4	346,807	86,702	7,911 **
(Tratamento)	(9)	7151,429	794,603	72,500 **
Resíduo	20	219,190	10,960	
Total	29	7370,619		

Tabela 30 - Análise de variância, com desdobramento dos graus de liberdade de P absorvido pela braquiaria, primeira colheita para o Podzólico Vermelho Amarelo, álico, A proeminente, textura arenosa/média com 16% de argila.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
pH	1	410,678	410,678	36,253 **
Adubo	4	4743,411	1185,853	104,683 **
pH X adubo	4	82,497	20,624	1,821 NS
(Tratamento)	(9)	5236,586	581,843	51,363 **
Resíduo	20	226,569	11,328	
Total	29	5463,155		

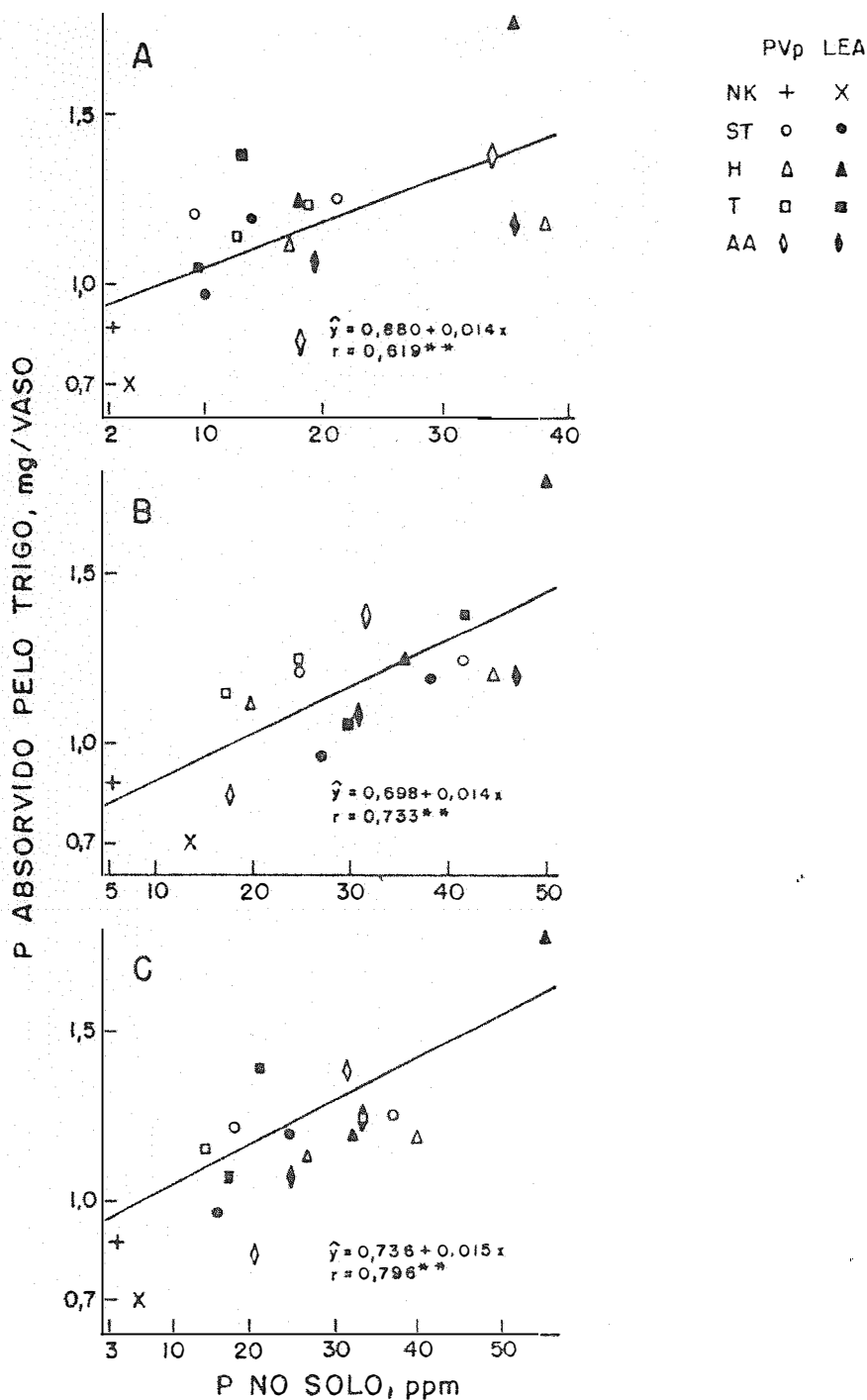


Figura 3 - Correlações entre P absorvido pelo trigo em mg/vaso e os métodos de extração: A- $H_2SO_4$  0,05N aos 120 dias, B- $H_2SO_4$  0,05N+ $NH_4F$  0,03N aos 10 dias; C -  $H_2SO_4$  0,05N+ $NH_4F$  0,03N aos 30 dias.

NK - sem fósforo; ST - superfosfato triplo; T- Temofosfato; H - hiperfosfato; AA - apatita de Araxá.

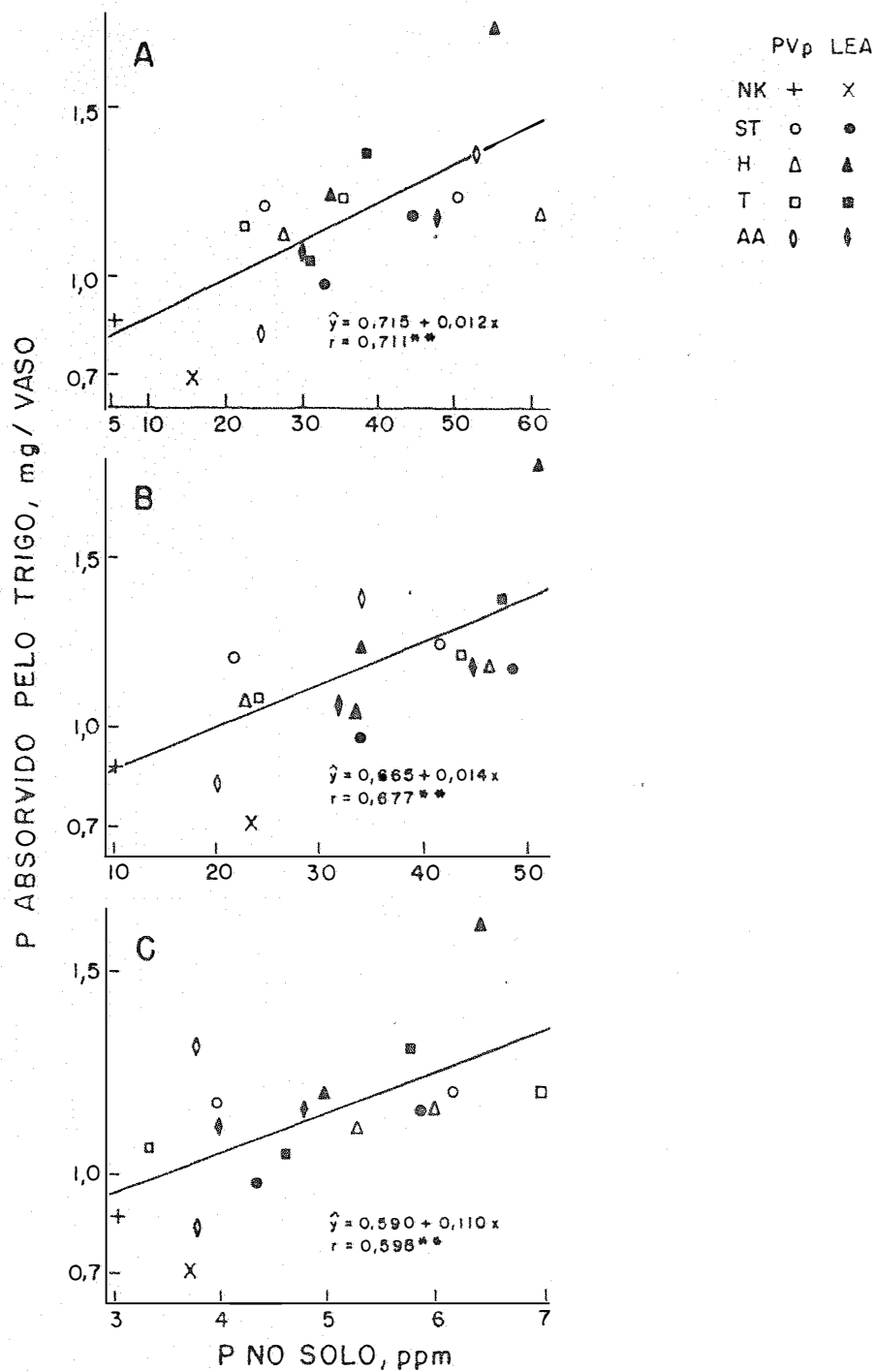


Figura 4 - Correlações entre P absorvido pelo trigo em mg/vaso e os métodos de extração: A- $H_2SO_4$  0,05N+ $NH_4F$  0,03N aos 120 dias; B- $H_2SO_4$  0,05N+ $NH_4F$  0,03N aos 270 dias e C- $NaHCO_3$  0,5N a pH 8,5 aos 270 dias

NK - sem fósforo; ST-superfosfato triplo; T-termofosfato; H-hiperfosfato e AA - apatita de Araxá.

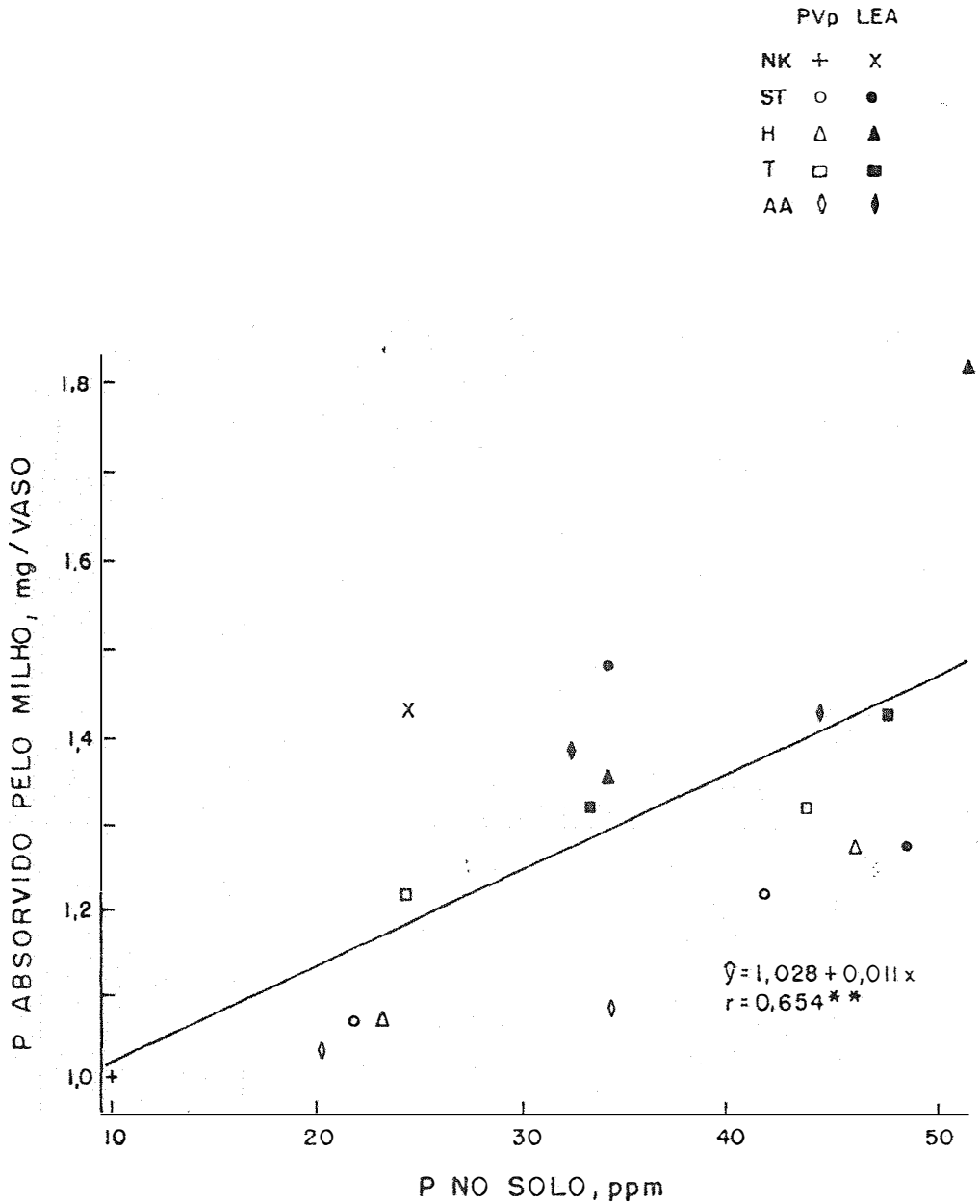


Figura 5 - Correlações entre P absorvido pelo milho em mg/vaso e o método de extração  $H_2SO_4$  0,05N+ $NH_4F$  0,03N aos 270 dias. NK - sem fósforo; ST-superfosfato triplo; T-termofosfato; H-hiperfosfato e AA-apatita de Araxá.

DIEST (1963) correlacionou vários métodos de extração com o fósforo absorvido pelo tomateiro e observou que o  $\text{NH}_4\text{F} + \text{HCl}$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$  foram os que forneceram melhores correlações quando estudou-se solos que possuíam baixo a médio nível de fósforo. Porém estes mesmos métodos deram baixa correlação com os solos que possuíam alto teor de fósforo. Por sua vez, BALERDI et alii (1968) trabalhando com a mesma cultura obtiveram melhor correlação com o fósforo absorvido para o método Egner-Riehm cujo valor de  $r$  foi 0,95 vindo a seguir o Olsen com  $r = 0,87$ , Bray com  $r = 0,86$  e Mehlich com  $r = 0,85$ .

BHAN e SHANKER (1973) trabalharam com cultura de arroz em vaso e obtiveram alta correlação entre o método Olsen e o fósforo total absorvido pela cultura e o método Olsen com matéria seca de arroz.

No estudo do aproveitamento do fósforo do solo após a retirada da cultura do trigo verificou-se que para a cultura do milho pouca ou nenhuma correlação foi obtida entre o teor de P absorvido e os métodos de extração estudado. Aos 10 dias para o PVp + LEa e aos 30 dias para o LEa obteve-se correlação com o uso do  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.05N +  $\text{NH}_4\text{F}$  0.03N, porém aos 120 dias nenhuma correlação foi obtida. As melhores correlações foram encontradas para o período de 270 dias, ou seja antes do plantio do milho, no  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.05N +  $\text{NH}_4\text{F}$  0.03N para o PVp e o PVp + LEa e PVp quando extraído com o  $\text{NaHCO}_3$  0.5N à

pH 8,5.

ENWEZOR (1977) estudou a correlação entre métodos de extração com produção relativa de milho cultivado em casa de vegetação durante 5 semanas e obteve correlação significativa para todos os métodos estudados ao nível de 0,1% , - mas foi o método Bray II que maior coeficiente de correlação apresentou.

FEITOSA e RAIJ (1977) obtiveram melhores correlações para o método de extração com  $\text{NaHCO}_3$  0,5N à pH 8,5 quando estudaram a correlação entre os métodos de extração e o peso seco de grãos de trigo, peso seco da parte aérea de milho e fósforo absorvido por trigo e milho.

## 6. CONCLUSÕES

1. O método atualmente em uso para análise de rotina do fósforo do solo no Estado de São Paulo, que é o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05N, não forneceu para as condições deste trabalho, valores que correlacionam bem com as necessidades das culturas.
2. Solos que receberam anteriormente adubos fosfatados de diversas naturezas apresentam teores de fósforo residual muito variáveis não resultando em boas correlações com o P absorvido pela planta, principalmente para o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05N.
3. Os outros métodos testados não apresentaram boas correlações, embora por exemplo o  $\text{NaHCO}_3$  0,5 pH 8,5 e o  $\text{NH}_4\text{F}$  em meio ácido sejam bastante difundidos.
4. Dos extratores o que resultou melhores correlações foi o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,05N+ $\text{NH}_4\text{F}$  0,03N demonstrando ser o mais viável para as condições do trabalho.

## 7. SUMMARY

Soil and fertilizer phosphorus availability was studied in a Podzólico Vermelho Amarelo- variação Piracicaba soil (PVp) and a Latossolo Vermelho Amarelo - fase arenosa soil (LEa).

The phosphate fertilizers used were: triple super phosphate, termophosphate, hiperphosphate and Araxá, at levels of 30 and 60 ppm of applied P. The phosphates were mixed with the soils and incubated for 120 days and samples were taken after 10, 30 and 120 days.

To evaluate the direct effect of these phosphates a pot experiment was conducted using wheat (variety IRN 526/63) as indicator plant. Wheat was grown up to seed formation, when the above-ground parts were cut, dried and weighed. To study the residual effect of the phosphates after wheat, corn (variety Hmd 7974) was grown during five weeks after germination and the above parts were cut, dried and weighed.



Soil samples taken after different periods were analyzed using the following extractants: 0,05N  $H_2SO_4$ ; 0,05 N  $H_2SO_4 + 0,03N NH_4F$ ; 0,5N  $NaHCO_3$  at pH 8,5, all three with the ratio of soil to solution of 1:10. To evaluate the efficiency of the chemical extractants for available P, dry matter production and P uptake by the plants were correlated to values of soil phosphorus.

There was little difference between soil P values determined at different incubation periods for soil treated with phosphates. However, there were differences for application of different phosphates, the values being the highest for acid extractants used for soils treated with rock phosphates. Bicarbonate extraction indicated lower P content as compared with the other methods but values were highest for soils treated with water soluble phosphate.

For all extractant utilized the Latossolo Vermelho Amarelo-fase arenosa (LEa) presented levels of phosphorus higher than Podsolico Vermelho Amarelo-variação Piracicaba.

The highest yields of wheat were obtained with termophosphate at the 60 ppm P level. For corn, measuring the residual effect of the phosphates, the highest yield was obtained with hyperphosphate at the 60 ppm level.

The uptake of phosphorus by wheat and corn was higher for treatments which received hiperphosphate and Araxá

at the 60 ppm P level.

The best correlation was obtained for the extracting method  $0,05N H_2SO_4 + 0,03N NH_4F$ , for periods of incubation of 10, 30 and 120 days, when correlated with P uptake by wheat.

The extracting methods  $0,5N NaHCO_3$  at pH 8,5 and  $0,05N H_2SO_4$  showed to be the least effective when correlated with dry weight of wheat and corn as well as their uptake of phosphorus.

## 8. LITERATURA CITADA

- ANANDE, S., 1972. Estimation of Available Phosphorus in soils by Extraction with Sodium Bicarbonate - A Review. Samaru Miscethaneous Paper 36, Institute for Agricultural Research, Zaria. 10 p.
- ANDERSEN, A.J. e Th. MOGENSEN, 1963. A Comparison of various Laboratory Methods for Determining the Phosphate Condition in Soils. Acta Agriculture Scandinavica, Stockholm, 13: 315-324.
- BALERDI, F.; L. MÜLLER e E.W. FASSEBENDER, 1968. Estudio del Fósforo en Suelos de America Central. III Comparación de Cinco Métodos Químicos de Análises de Fósforo Disponible. Turrialba. Turrialba, 18:348-360.
- BEAUCHAMPEL, E.G.; K. Mac MILLAN e H.A. HAMILTON, 1976. Extractable Phosphorus in Surface and Sub-surface Layers of St. Rosalie and St. Blaise Soil Series in Quebec. Can. J. Soil Sci., Canada, 56:345-356.

- BHAN, C. e H. SHANKER, 1973. Correlation of Available Phosphorus Values Obtained by Different Methods to Phosphorus Uptake by Paddy. Journal of the Indian Soc of Soil Sci. New Delhi, 21:177-180.
- BRAY, R.H. e L.T. KURTZ, 1945. Determination of total, Organic, and Available Forms of Phosphorus in Soils. Soil Sci. Baltimore, 59:39-45.
- BRIND, W.D., 1950. Recent work on the Chemical Determination of Readily soluble Phosphorus in Soil. Soils and Fertilizers. Inglaterra, 13: 235-239; 315-320.
- BR ELAND, H.L. e NESMITH, J., 1967. Comparison of Several Soil Testing Procedures on Different Soils. Soil and Crop. Sci. Soc. of Florida, Miami, 27: 49-58.
- CAMARGO, O.A. e RAIJ, B. van, 1973. Fixação do Fósforo em Solos Avaliado pelo Índice de Bache e Williams e sua Correlação em Outras Propriedades. Ciência e Cultura, São Paulo, 26:681-685.
- CATANI, R.A. e H. GARGANTINI, 1954. Extração do Fósforo do Solo pelo Método de Neubauer e por Métodos Químicos. Bragantia, Campinas, 12:55-62.
- CATANI, R.A.; A.C. NASCIMENTO e J.R. GALLO, 1957. Formas de Ocorrência do Fósforo nos Solos do Estado de São Paulo. Revista de Agricultura, Piracicaba, 32:147-163.

- CATANI, R.A. e O.C. BATAGLIA, 1968. Formas de Ocorrência do Fósforo no solo Latossolico Roxo. Anais da Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, XXV: 99-119.
- CATANI, R.A. e P.N. NAKAMURA, 1971. Extração do Fósforo Nativo e do Adicionado ao Solo com Várias Soluções. Anais da Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, XXVIII:297-312.
- CHANG., S.C. e M.L. JACKSON, 1957. Fractionation of Soil Phosphorus. Soil Sci., Baltimore, 84: 133-144.
- COOKE, G.W., 1972. Fertilizing for Maximum Yield. IN: Soil Type, Soil Analyses and Fertilizer Responses. London, Crosby Lockwood & Son. Ltd. Old Brompton Road. p. 140-166.
- COOKE, G.M. e J. HISLOP, 1963. Use of Anion - Exchange Resin for the Assessment of Available Soil Phosphate. Soil Sci., Baltimore, 96:308-312.
- DAS, S., 1930. An Improved Method for the Determination of Available Phosphorus Acid of Soils. Soil Sci., Baltimore, 30:33-48.
- DAZA, J.B. e L.E. MÜLLER, 1965. Comparación de Cinco Métodos Químicos para la Determinación de Fósforo Aprovechable en Algunos Suelos Tropicales. Turrialba, Turrialba, 15:249-251.

- DIEST, A. van., 1963. Soil Test Correlation Studies on New Jersey Soil. 1. Comparison of Seven Methods for Measuring Labile Inorganic Soil Phosphorus. Soil Sci., Baltimore, 96:261-266.
- ENWEZOR, W.O., 1977. Soil Testing for Phosphorus in Some Nigerian Soils. 1. Comparison of Methods of Determining Available Phosphorus in Soils of Southeastern Nigeria. Soil Sci., Baltimore, 123:48-53.
- FEITOSA, C.T. e B. van RAIJ, 1976. 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, XV, Campinas, SP. 1975. Anais. Campinas, SP., Soc. Bras. Ciência do Solo. p. 215-220.
- FONSECA, R.; A.C. DIAS; A. PINHO; E. PIRES; E. MIRANDA; P.C. ROSAND e C. SANTANA, 1968. Correlações dos Teores de Fósforo nos Solos com Respostas de Micro-Parcelas de Milho, na zona Cacaueira da Bahia. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Cruz das Almas, 3:235-242.
- FRANKLIN, W.T. e H.M. REISENAVEK, 1960. Chemical Characteristics of Soils Related of Phosphorus Fixation and Availability. Soil Sci. Baltimore, 90:192-200.
- GARGANTINI, H. e C.T. FEITOSA, 1974. Comportamento de Diferentes Fertilizantes Fosfatados, em Diversas Condições de

- Acidez do Solo em Dois Grupos de Solo do Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XIV, Santa Maria, RS., 1973. Anais. Santa Maria, UFSM, Soc. - Bras. Ciência do Solo. p. 256-262.
- GUAJARDO, R. e E.T. ORTEGA, 1968. Estudio de Calibracion y Correlacion de un Metodo Quimico para el Analisis de Fosforo en Suelos del Valle del Yaqui. Agricultura Tecnica en México. México, II: 396-399.
- HEESE, P.R., 1971. A Textook of Soil Chemical Analysis. New York - Chemical Publishing CO., INC. 520 p.
- JORGE, J.A. e VALADARES, J., 1969. Formas de Fósforo em Solos do Estado de São Paulo. Bragantia. Campinas, 28:23-30.
- KANWAR, B.B. e B.R. TRIPATHI, 1977. Evaluation of P Fractions Contributing to Available P Extracted by Some Common Soil Test Methods. Journal of the Indian Soc. of Soil Sci - New Delhi, 25:150-154.
- LARSEN, S., 1952. The Use of  $P^{32}$  in Studies on the Uptake of Phosphorus by Plants. Plant and Soil, Netherlander, 4:1-10.
- LATHWELL, D.J.; L.N. SANCHEZ e M. PEECH, 1958. Availability of Soil Phosphorus as Determined by Several Chemical Methods. Agronomy Journal, Madison, 50: 366-369.

LÓPEZ, S.A.; E.E. SALAS e R.R. GUERRERO, 1974. Fósforo Aprovechable Extraído por Diferentes Métodos en Relación con las Fracciones Minerales de P y su Absorción por la Planta, en Suelos Vulcanicos de Nariño, Colombia. IX Reunión Latino-Americana de Fitotecnia, Panamá, pg. 174, (Resumo).

Mc AULIFFE, C.D.; N.S. HALL; L.A. DEAN e S.B. HENDRICKS, 1947. Exchange e Reaction between Phosphate and Soil: Hydroxylic Surfaces of Soil Minerals. Proc. Soil Sci Soc. Amer. Chicago, 12:119-123.

McLEAN, A.J.; R.F. BISHOP e L.E. LUTWICK, 1953. Fertility Studies on Soil Types. III. Phosphorus Supply and Requirement as Shown by Greenhouse Studies and Laboratory Tests. Canadian Journal of Agricultural Science. Canada, 33:330-342.

McLEAN, A.A.; J.J. DOYLE e F.C. HAMLYN, 1955. Fertility Studies on Some New Brunswick Soils. I. Soil Phosphorus Supply a Shown by Greenhouse and Chemical Tests. Canadian Journal of Agricultural Science. Canada, 35:388-396.

MUSTAFA, S.P. e D.J. DURAIRAJ, 1968. Effect of Phosphate Carries and Doses on Progressive Changes on the Available Phosphorus Status of Major Soil Groups of South India: Soil Incubation Study. Soil and Fertilizers. Bucks, 31 (3866) p. 478.

MUZILLI, O.; J.C. HISPOLI e N.A. COSTA, 1971. Efeitos de a-



- dubação Fosfatada em Solos Ácidos do Sul do Paraná. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 7 p. (Boletim nº 9).
- NELSON, W.L.; A. MEHLICH e E. WINTERS, 1953. The Development, Evaluation, and Use of Soil Tests for Phosphorus Availability. In: PIERRE, W.H. e A.G. NORMAN, Soil and Fertilizers Phosphorus. New York, Academic Press Inc., p. 153-188.
- NOVOZÁMSKÝ, I. e J. PIRKL, 1969. The Effectiveness of Methods of Available Phosphorus Determination for Investigating the Extractability of Phosphorus from Fertilizers Applied to the Soil. Soils and Fertilizers. Bucks. 33:(145) p. 18.
- OLSEN, S.R.; C.V. COLE; F.S. WATANABE e L.A. DEAN, 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. U.S. Depart. Agric. Washington, Circ. nº 939, 19 p.
- 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. Amer. Proc. Chicago, 21:144-149.
- OKE, O.L., 1970. Chemical Determination of Readily Available Phosphorus in Soils. Journal of the Indian Soc. of Soil Sci. New Delli, 18:1-3.

- PAAUW, F. van der, 1971. An Effective Water Extration Method for the Determination of Plant Available Soil Phosphorus. Plant and Soil. Hange, 34:467-481.
- PACK, M.R. e R.S. GOMEZ, 1956. Correlation between Plant-Analyses and Soil Testes in New México. Soil Sci. Soc. - Amer. Proc. Chicago, 20:529-531.
- PEECH, M.; L.T. ALEXANDER; L.A. DEAN, 1941. Methods of Soil Analysis for Soil-Fertility Investigations. U.S. Depart. Agric. Washington, Circ. Nº 757, 25p.
- PFULB, K. e E. WIECHENS, 1973. Various Methods of Soil Analysis as Bases for Phosphate Fertilizer Recommendations. - Plant Research and Development. Tübingen, 3:123-133.
- PRATT, P.F. e M.J. GARBER, 1964. Correlations of Phosphorus Availability by Chemical Tests with Inorganic Phosphorus Fractions. Soil Sci. Soc. of Amer. Proc. Madison, 28:23-26.
- PURI, A.N. e A.G. ASGHAR, 1936. Estimation of Available Phosphates in Soils by CO<sub>2</sub> Extration. Soil Sci. Baltimore, 42:39-45.
- RAIJ, B. van e M.A.T. ZULLO, 1977. Métodos de Análises do Solo. Fertilidade do Solo, Instituto Agrônômico, Secretaria da Agricultura, 16 p. (Circular nº 63).
- RAIJ, B. van, 1978. Seleção de Métodos de Laboratório para Avaliar a Disponibilidade de Fósforo em Solos. Rev. Bras. Ciência do Solo, Campinas, 2:1-9.
- ROSSAND, P.C. e H.W. FASSBENDER, 1971. Efecto del Encalado en

las Formas y Disponibilidade de Fosfatos en Suelos de la Región Cacaotera, Bahia, Brasil. Turrialba. Turrialba, 21:40-46.

ROSAND, P.C. e M.B.M. SANTANA, 1972. Comparação de Extratores Químicos de Fósforo em Solos do Sul da Bahia. Turrialba. Turrialba, 22:19-26.

RUSSELL, R.S.; J.B. RICKSON e S.N. ADAMS, 1954. Isotopic Equilibria between Phosphates in Soil and their Significance in the Assessment of Fertility by Tracer Methods. J. Soil Sci. London, 5:85-105.

SAUNDER, D.H., 1956. Determination of Available Phosphorus in Tropical Soils by Extraction with Sodium Hydroxide. Soil Sci. Baltimore, 82:457-463.

SCHOFIELD, R.K., 1955. Can a Precise Meaning be Given to "Available" Soil Phosphorus. Soils and Fertilizers. Inglaterra, 18:373-375.

SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, Rio de Janeiro, 1960. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo. Ministério da Agricultura. 634 p. (Boletim nº 12)

STELLY, M. e R. RICAUD, 1960. Chemical Extractants as a Diagnostic Aid in Determining Levels of "Available Soil Phosphorus" 7<sup>th</sup> Intern. Congress. of Soil Science. Madison, IV. 9:60-71.

- TERMAN, G.L.; S.E. ALLEN e L.B. CLEMENTS, 1966. Greenhouse Techniques for Soil - Plant - Fertilizer Research. National Fertilizer Development Center Tennessee Valley Authority Muscle Shoals, Alabama, 63 p.
- THOMPSON, L.F. e P.F. PRATT, 1954. Solubility of Phosphorus in Chemical Extractants as Indexes to Available Phosphorus in Ohio Soils. Soil Sci. Proc. Chicago, 18:467-470.
- TRUOG, E., 1930. The Determination of the Readily Available Phosphorus of Soils. J. Am. Soc. Agrom. Genova, 23:874-882.
- VARGAS, G.P., 1970. Uso de Resinas de Intercambio Ionico para Evaluar la Disponibilidad de Fósforo en Suelos. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA/Costa Rica. 86 p. (Tese de Mestrado).
- VERDADE, F.C., 1960. Composição Química de Alguns Solos do Estado de São Paulo. II. Fósforo e Manganês. Bragantia. Campinas, 19:567-577.
- VERMA, B.C. e K. SWAMINATHAN, 1978. A comparison between Biological and Chemical Methods for the Estimation of Plant Available Phosphorus in Soils. J. Indian Soc. Soil Sci. New Delhi, 26:179-186.
- VEITCRI, L., 1969. Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro

ro, Ministério da Agricultura, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. 24p. (Bol. Téc. nº 7).

WHITE, R.E. e K.P. HAYDOCK, 1967. An Evaluation of the Phosphate Potencial, Truog, Olsen, and Morgan Methods for Measuring the Availability of Soil Phosphate. Aus. J. - Soil Res. 5:215-224.

WILLIAMS, C.H., 1950. Studies on Soil Phosphorus. 1. A Method for the Partial Fractionation of Soil Phosphorus. J. Agric. Sci. London, 40:233-242.