

AValiação Agrônômica de Fosfatos Naturais
COM Ênfase para Solos sob Vegetação
de Cerrado - III ¹

Júlio Cesar A.J. de Magalhães²
Francisco de A.F. de Mello³
Maria Domitila Thomazi⁴

DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO NO SOLO AVALIADA POR
EXTRATORES QUÍMICOS. RELAÇÃO COM A PRODUÇÃO
E A ABSORÇÃO DE FÓSFORO PÉLAS CULTURAS

FASSBENDER (1966) considera que o princípio do uso de um método químico para avaliação da disponibilidade de um nutriente está baseado no fato de que o solo, em contato com soluções extratoras, lhes cederá uma parte da reserva total do nutriente, admitindo-se que elas tenham o mesmo poder de extração que as raízes de uma planta sa dia.

BRAGA & YAHNER (1968) admitem que um método de análise de solo, para estimar o nível de fertilidade em fósforo do solo, será bom, desde que seja significativo o coeficiente de correlação entre os teores extraídos num dado momento e a produção vegetal, ou a absorção do elemento. Ressaltam, entretanto, que este critério, em condições experimentais, deve prevalecer somente, quando se

¹ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor.

² EMBRAPA.

³ Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba.

⁴ Aluna do Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Esc. Sup. de Agric. "Luiz de Queiroz", USP, Piracicaba.

tem certeza de que o elemento em estudo seja o único fator limitante do crescimento vegetal.

PARA RAIJ (1978), um método de laboratório passa a ser útil para avaliar a disponibilidade do fósforo, depois de convenientemente correlacionado com a resposta da planta à aplicação de fosfatos ou ao fósforo existente nos solos. Os testes finais para o uso de um método e a sua calibração são feitos através de ensaios de campo. Segundo esse autor, para a seleção de métodos de avaliação de P extraível do solo, são preferidos ensaios em vasos, com uma série de solos de importância regional, sendo a quantidade de fósforo absorvido pela planta-teste, em ausência de adubação fosfatada (porém com o fornecimento das demais condições para o desenvolvimento vegetal), o parâmetro mais utilizado para exprimir a resposta ao fósforo, em condições de casa de vegetação.

Os extratores de fósforo Mehlich, Bray-1 e resina trocadora de íons. Fundamentos de sua ação extratora e emprego em diferentes condições de solo

O extrator Mehlich, utilizado para determinar o fósforo extraível na maioria dos laboratórios de rotina no Brasil, superestima os valores de fósforo no solo, quando se usam fosfatos naturais na adubação (FOLE & MIELNICZUCK, 1975 citados por SFREDO *et alii*, 1979). Considerando-se este fato e o emprego crescente dos fosfatos naturais na agricultura brasileira, SFREDO *et alii* (1979) ressaltaram a necessidade de novas pesquisas de laboratório, com o objetivo de encontrar-se um método de extração de fósforo do solo que apresente alta correlação com o fósforo absorvido pelas plantas, independentemente da solubilidade do fosfato empregado. RAIJ (1978), além da restrição acima assinalada para o uso de extratores ácidos de fósforo no Brasil, acrescenta que, devido ao fato do P-lábil encontrar-se, em solos ácidos adubados, preferentemente na forma de fosfatos de alumínio, devem ser preferidos extratores ou métodos que tenham maior ação de dissolver esta fração, como é o caso dos extratores Bray-1, resina trocadora de íons e, mesmo, o de Olsen.

- a) ação ácida, pela protonização do fosfato, conforme a reação:



- b) por troca aniônica: os radicais aniônicos (cloreto ou sulfato) substituem parte dos fosfatos ligados ao cálcio e porções daqueles ligados ao alumínio e ferro.

As soluções ácidas extraem mais fósforo do solo, das formas de fosfatos cálcicos, do que daquelas em que o fósforo está unido ao ferro e alumínio. Além disto, a função dos ácidos clorídrico e sulfúrico é dissolver maiores quantidades de ferro, mais solúveis em ácidos mistos (OLSEN & DEAN, 1965).

A ação extratora do Bray-1 fundamenta-se, conforme OLSEN & DEAN (1965) e FRIED & BROESHART (1967), em:

- a) ação complexante e de troca. É atribuída ao ânion fluoreto, que dissolve os fosfatos de ferro e alumínio, pela formação de íons complexos com estes metais, em soluções ácidas; exerce também ação de troca com o íon fosfato;
- b) ação ácida, que possibilita a remoção de formas de fósforo facilmente solúveis em ácidos, principalmente fosfatos de cálcio.

Corey (1965), citado por BIASI (1978), acrescenta que o ânion fluoreto forma com o Ca, compostos de CaF_2 , que é insolúvel, deslocando, deste modo, os fosfatos para a solução e evitando a refixação do fósforo extraído. Segundo JACKSON (1970), a reação do íon fluoreto com os íons Al^{3+} e Fe^{3+} seria a seguinte, representando-se apenas a reação com o alumínio, pois com o ferro é semelhante:



Nesta equação, a fórmula AlPO_4 representa os diferentes fosfatos hidratados e hidroxílicos de alumínio, principalmente adsorvidos ou pre-

sentaria formas análogas para o ferro. O extrator Bray-1 é mais indicado para solos ácidos e ligeiramente ácidos (FITTS & NELSON, 1956 e OLSEN & DEAN, 1965) e também para solos fertilizados com fosfatos naturais (SMITH *et alii*, 1957).

O princípio de extração de fósforo pela resina trocadora de íons é o da simulação da troca aniônica efetuada pela raiz ativa de um vegetal. A resina cede ânions, em troca dos fosfatos existentes na solução do solo. As vantagens da utilização da resina, em comparação com soluções químicas seriam as seguintes (BIASI, 1978):

- a) ausência de soluções químicas que alterem características do solo;
- b) mecanismo semelhante ao das raízes das plantas;
- c) eliminação de "retenção" secundária;
- d) possibilidade de análise dos mais diversos tipos de solo.

GALRÃO (1976) menciona que a resina, após ser saturada com um outro ânion (geralmente o Cl^-), e entrar em contato com o solo, o P presente na solução do solo é adsorvido simultaneamente com a liberação do Cl^- , estabelecendo-se, portanto, uma reação de troca. À medida que o P da solução é retirado, o P da fase sólida vai sendo liberado a fim de restabelecer o equilíbrio original. Dependendo do tempo de agitação, o método poderá fornecer índices da capacidade do solo em fornecer fósforo e de sua taxa de liberação do elemento, para a solução do solo.

Em relação ao extrator Bray-1, diversos trabalhos têm mostrado sua adaptabilidade a diferentes condições de solo, nativos ou fertilizados com diferentes fontes de fósforo. SMITH *et alii* (1957) verificaram que este extrator mostrou-se excelente para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos que tenham recebido fosfatos naturais, parecendo ser um meio eficiente na determinação do P liberado às plantas; proveniente destes fertilizantes. Segundo esses autores, o efeito repressivo ao ânion fluoreto, em solos adubados com fosfatos naturais, sobre certas formas de fósforo pouco disponível às plantas, é muito importante e melhora acentuadamente a cor-

as respostas de crescimento das plantas. Por outro lado, em solos ácidos que não tenham recebido adições de fosfatos naturais, este ânion aparentemente dissolve fósforo adicional, não removido com o uso somente do ácido diluído. Eles sugeriram, por fim, que estas duas funções do ânion fluoreto podem manifestar-se simultaneamente, na extração de fósforo de um grande número de solos.

Visando a elucidar a ação do extrator Bray-1 na avaliação do fósforo "disponível" em solos ácidos, incubados com diferentes fosfatos naturais, CHIEN (1978) sugeriu que o fósforo extraído pelo Bray-1 nas condições indicadas, que é parcialmente, derivado do fosfato natural que não reage com o solo e, também, dos produtos de reação deste fertilizante com o solo, e que ambas as fontes podem fornecer P disponível às plantas. Acrescentou ainda que isto é particularmente verdadeiro em solos fortemente ácidos, com baixo poder tampão e adubados com fosfatos naturais relativamente reativos em curtos períodos de tempo. Mencionando os dados obtidos por BARNES & KAMPRATH (1975), aquele pesquisador admitiu que o extrator Bray-1 possa extrair fósforo de duas fontes diferentes do nutriente no solo: a) no solo tratado com fosfatos naturais, as principais fontes de P seriam o fosfato natural não-reativo e os produtos de sua reação com o solo, presumivelmente fosfatos de alumínio; b) no solo fertilizado com superfosfato, os produtos da reação do mesmo com o solo, constituiriam a principal fonte de P para as plantas.

SYERS *et alii* (1981) pesquisaram a habilidade dos extratores Olsen e Bray-1, além de outros, em prever os níveis de fósforo extraível, nos solos que receberam fosfatos naturais. Experimentos em casa-de-vegetação, com o azevém-perene como planta-teste, foram conduzidos em três solos diferentes, aos quais foram adicionados, separadamente, os fosfatos naturais de Sechura (Peru) e Chatam-Rise, em doses variáveis. O extrator Olsen mostrou-se menos efetivo que o Bray-1 em prever a absorção de fósforo pelas plantas, tendo-se obtido um coeficiente de correlação de $r = 0,677^{**}$ para o primeiro e $r = 0,865^{**}$ para o segundo, o que sugere ser o extrator Bray-1 mais útil em solos adubados com fosfatos naturais.

AMER *et alii* (1955) foram os primeiros a utilizar a

vel, de disponibilidade imediata às plantas. Estes pesquisadores demonstraram que, sob condições apropriadas, a velocidade com que a resina absorve o fósforo depende somente da velocidade de liberação do fósforo do solo e não das propriedades inerentes à resina. Utilizando uma resina de troca catiônica (Dowex-2), eles verificaram que, num grupo de 16 solos, o coeficiente de correlação entre o P absorvido pela resina em 2 horas e a disponibilidade de P às plantas, em casa de vegetação, medida pelo método de diluição isotópica de FRIED & DEAN (1952) foi de $r = 0,95$. O coeficiente de correlação entre este último método e o fósforo extraído pelo extrator Bray - 1, foi de 0,91.

Em seguida ao trabalho pioneiro de AMER *et alii* (1955), diversos trabalhos têm sido conduzidos com a resina trocadora de íons, fundamentados nos princípios estabelecidos por estes autores. Diversas técnicas foram propostas, visando a tornar o método original exequível para análises de rotina em laboratórios, como assinala RAIJ (1978). A absorção de fósforo pela resina foi bem correlacionada com o fósforo absorvido por diversas culturas, como mostram os trabalhos de MOSER *et alii* (1959), COOKE & HISLOP (1963), PALMA & FASSBENDER (1970), WALMSLEY & CORNFORTH (1973).

LATWELL *et alii* (1958) verificaram, ao comparar os métodos de percolação e de equilíbrio, de uma resina trocadora de ânions, com outros extratores de P no solo, que o primeiro proporcionou as melhores correlações com dados de respostas de cinco culturas, cultivadas em 21 solos dos Estados Unidos. Dentre os parâmetros testados, o fósforo total absorvido pela planta foi o que propiciou as melhores correlações com o P extraído pelos métodos da resina, como também com outros métodos (exceto o do bicarbonato de sódio).

SIBBESEN (1978) comparou a extração de fósforo pela resina, utilizada nas formas de cloreto e bicarbonato, com outros métodos de avaliação da disponibilidade do fósforo no solo (Olsen, valor L, valor E, solução de lactato de cálcio, cloreto de cálcio 0,01M, entre outros). A correlação entre os dados de fósforo extraído por estes métodos e a absorção de fósforo pelo azevém perene, mostrou uma correlação positiva com o método da resina (na for-

utilização da resina trocadora de ânions, na forma de bicarbonato, para análise de rotina, como também para estudos mais avançados sobre a habilidade dos solos em fornecer fósforo para as plantas.

ENWEZOR (1977), trabalhando com sete extratores químicos utilizados para avaliar a disponibilidade do fósforo, em amostras de solo coletadas em 30 localidades do sudeste da Nigéria, verificou que a extração com a resina foi superior à dos ácidos diluídos, em prever a percentagem de produção, com um coeficiente de correlação de $r = 0,72^{***}$, superior ao obtido para o ácido sulfúrico 0,002 N e apenas inferior ao determinado para o método Bray-2.

No Brasil, MAGALHÃES (1974), utilizando uma fonte solúvel de fósforo, comparou três métodos de extração de P com a técnica da resina (resinas saturadas com Cl^- , OH^- e HCO_3^-), e com o método de Mehlich. Concluiu afirmando que os coeficientes de correlação entre o fósforo total absorvido pelo sorgo e o P extraído de cinco solos do Rio Grande do Sul, pelos referidos métodos, indicaram que eles foram equivalentes.

A utilização de métodos de extração do fósforo extraível, no Brasil, em solos adubados com diferentes fertilizantes fosfatados.

Como assinalado no ítem precedente, o extrator Mehlich, como outros extratores ácidos, sofre restrições severas em solos adubados com fosfatos naturais (KURNDORFER, 1978; RAIJ, 1978 e SFREDO et alii, 1979). Em face disto, pesquisas recentes têm sido conduzidas, com o objetivo de se adotar um método de extração de fósforo mais adequado a diferentes condições de solo. Uma alternativa promissora é a extração com a resina trocadora de ânions, que vem sendo pesquisada em algumas regiões do Brasil e que se vem mostrando superior a outros métodos em uso atualmente, com resultados pouco afetados por resíduos de fosfatos naturais existentes no solo, e mais estreitas correlações entre teores obtidos nas análises e as respostas de culturas à adubação fosfatada (RAIJ et

primeiros pesquisadores a avaliar o fósforo "disponível" no solo, proveniente de fontes de diferentes solubilidades de fósforo. Estudando o comportamento do fosfato natural de Araxá, em relação ao superfosfato simples, ele correlacionou a produção e o teor de fósforo na folha de milho (cultivado num solo Podzólico Vermelho Amarelo, de Viçosa, MG), com o fósforo extraído pelos extratores ácido sulfúrico 0,05 N, Mehlich e Bray-2. Seus resultados mostraram boas correlações entre a produção e os teores de P no solo, para todos os extratores, no 1º ano de cultivo, não ocorrendo correlação no 2º cultivo. Os valores da análise foliar correlacionaram-se com os dados das análises do solo nos dois anos de cultivo.

Resultados obtidos por GOEPFERT *et alii* (1976) mostraram, via de regra, teores elevados de P no solo extraído pelo extrator Mehlich, de parcelas adubadas com fosfatos naturais, o que pode contribuir, em sua opinião, para uma subestimativa na recomendação do adubo fosfatado. KÜRNDORFER (1978) constatou a ausência de correlação entre o P extraído dos solos pelo extrator Mehlich e a absorção do nutriente pelo último cultivo de trigo. Já o extrator Olsen proporcionou correlações altamente significativas, para este parâmetro da planta, nos solos estudados. Ele sugeriu que a falta de significância dos coeficientes de correlação com Mehlich, deve estar relacionada, em grande parte, com sua capacidade de dissolução de apatitas, que, até o final do experimento, ainda não haviam reagido com o solo e que, portanto, não tinham liberado fósforo para absorção pelas plantas.

Em Latossolo Roxo Distrófico do Paraná, nas parcelas que receberam cinco doses de fósforo, sob a forma de superfosfato triplo, fosfato de Gafsa e fosfato Patos de Minas, adicionadas à cultura da soja, SFREDO *et alii* (1979) constataram que, em relação à fonte solúvel, todos os extratores foram eficientes em recuperar o fósforo, havendo um correspondente acréscimo na produção, com o aumento dos teores de P, na amostragem efetuada aos 163 dias após a incorporação dos fosfatos. Com o fosfato de Gafsa, os extratores Bray-2, Mehlich e Bray-Kurtz extraíram fósforo em excesso, pois o acréscimo nos teores extraídos não correspondeu a um aumento na produção. Em relação ao fosfato Patos de Minas, houve também um ex

tanto, com estes extratores verificou-se um aumento na produção, com o incremento dos teores de fósforo extraído, o que indica poderem ambos correlacionar-se muito bem com as produções, apesar de extraírem quantidades maiores de P. Esta observação contraria resultados supracitados (KÖRNDORFER, 1978), em relação ao extrator Mehlich, embora concorde com os obtidos por BRAGA (1967), anteriormente citados. SFREDO *et alii* (1979) concluíram que, dentre todas as fontes de fósforo estudadas, as soluções extratoras de Olsen e Bray-1 foram as mais estáveis na recuperação do fósforo no solo, em função do tempo de incorporação.

Correlações entre fósforo absorvido pela parte aérea de plantas de trigo (cv. IRN-526/63) e o fósforo extraído pelo extrator H_2SO_4 0,05 N + NH_4F 0,03 N, foram determinadas por FEITOSA (1978), em experimentos em casa de vegetação. Estudou-se a disponibilidade do P do solo e dos fertilizantes termofosfato, hiperfosfato e apatita de Araxá, para o trigo e o milho (efeito residual), cultivados em dois solos do Estado de São Paulo. Nos três períodos de incubação estudados, o extrator em pauta mostrou-se superior aos de Olsen e ao H_2SO_4 0,05 N, quer para dados de peso de matéria seca da parte aérea, quer para fósforo absorvido pelas duas culturas.

TANAKA *et alii* (1981) estudaram o efeito de doses de fosfato Patos de Minas na produção de matéria seca e fósforo absorvido por plantas de milho, cultivado num Latossolo Roxo Distrófico de Lavras - MG. A correlação entre estes parâmetros da planta e o fósforo extraído do solo foi significativa, apenas, para o extrator Bray-2 modificado, não sendo significativa para os extratores Olsen, IAC e Bray-2. Os resultados obtidos por PALHANO (1980) mostram, uma vez mais, a divergência existente nos trabalhos de pesquisa, com relação a extratores de fósforo, quando se variam as condições experimentais, o que acentua a dificuldade da seleção de um único extrator, válido para todas as situações. Este autor verificou que o extrator Olsen foi o que proporcionou melhores correlações com a produção de matéria seca da soja (cultivares Bragg, Paranã e Santa Rosa), cultivada num solo Podzólico Vermelho Amarelo Variação Piracicaba ao qual se adicionaram o fosfato Alvorada e o fosfato monocalcico,

sen, porém suas correlações com o parâmetro vegetal indicado foram inexpressivas. O melhor desempenho do Olsen contrasta com o citado por TANAKA *et alii* (1981), embora, em ambos os trabalhos, o extrator Bray-2 tenha sido inferior na avaliação da disponibilidade de fósforo para as plantas.

Os fosfatos naturais de Patos de Minas, o Alvorada, o fosfato de alumínio calcinado do Maranhão e o hiperfosfato foram comparados ao superfosfato triplo, como fontes de fósforo para a soja, cultivada num oxissolo brasileiro, num ensaio conduzido em casa de vegetação por RAIJ & DIEST (1980). Eles verificaram que as melhores correlações entre o fósforo absorvido pela soja e o P extraído foram, em ordem decrescente: CaCl_2 0,01 M, resina trocadora de ânions, Bray-1 e Mehlich, sendo que este último não mostrou correlação significativa. A resina, na opinião dos autores, mostrou-se inferior ao extrator CaCl_2 0,01 M, porque estima mais o fator quantidade, enquanto o último caracteriza melhor os baixos valores de fósforo absorvido, decorrentes do curto crescimento das plantas no ensaio.

A superioridade da resina de troca aniônica foi mostrada no trabalho de CABALA & WILD (1982), que compararam o fosfato Patos de Minas, de baixa solubilidade, com os fosfatos de Gafsa e Marrocos (utilizando-se o fosfato monocálcico como padrão), em três solos ácidos do sudeste da Bahia. As correlações lineares entre peso de matéria seca e conteúdo de fósforo da parte aérea do sorgo x P extraído por diferentes extratores, mostraram maiores valores para a resina, seguindo-se em ordem decrescente, o fósforo isotopicamente trocável e o fósforo solúvel em água.

Em trabalho recente, RAIJ *et alii* (1983) avaliaram as correlações entre o P extraído pelos extratores IAC, Bray-1, Olsen e resina e as produções relativas obtidas em 16 ensaios de milho e 16 ensaios de algodão, em diferentes solos do Estado de São Paulo. Concluíram que a resina apresentou a melhor correlação ($r = 0,802^{**}$), com a resposta das culturas ao fósforo aplicado.

Em áreas sob vegetação de cerrado, são ainda em pequeno número os trabalhos com extratores de fósforo, visando a avaliar a disponibilidade deste nutriente em so-

LOBATO (1980) determinaram os teores de P extraído pelos extratores Mehlich e Bray-1, em diferentes períodos, num Latossolo Vermelho Escuro argiloso (localizado na área experimental do CPAC), ao qual haviam sido adicionados diferentes fosfatos naturais e superfosfato triplo, num experimento de campo iniciado no ano agrícola 1975-76. Os resultados com o Mehlich confirmaram os já citados (KORN DORFER, 1978, SFREDO *et alii*, 1979). Em relação ao extrator Bray-1, os autores sugerem que ele reflete melhor a situação de disponibilidade de P. Ressaltaram, contudo, que o teor de P extraído por este extrator, não tem aumentado com o tempo, apesar do acréscimo na produção das culturas.

YOST *et alii* (1982) compararam os extratores Bray-1, Mehlich e Olsen (no mesmo tipo de solo e em área próxima à supracitada), na avaliação da disponibilidade do fósforo aplicado sob a forma de diversos fosfatos, para a *Brachiaria decumbens*. Foram estabelecidas curvas de resposta entre o fósforo extraído pelos referidos extratores e a produção relativa de matéria seca da forrageira, considerando-se como 100% a produção máxima obtida com superfosfato simples. Nenhum dos extratores satisfaz o critério de um extrator "ideal", definido pelos aludidos pesquisadores como aquele que fornece uma curva única, relacionando produção relativa com valores de P extraído, para todas as fontes do nutriente. Em geral, o extrator Mehlich extraiu maior quantidade de fósforo que o Bray-1 e este mais que o Olsen. Estes dois últimos produziram curvas, com o fosfato de Araxá, mais semelhantes àquela relativa ao superfosfato simples. Constatou-se, também, que, após 13 meses de plantio, as curvas estabelecidas para os vários fosfatos foram menos divergentes entre si.

Num Latossolo Vermelho Amarelo, adubado com superfosfato simples e fosfato Patos de Minas, SMITH & SANCHEZ (1982) encontraram resultados que conflitam com os anteriormente citados, pois estes autores, ao correlacionarem produção relativa de grãos de soja com os teores de P extraído pelos extratores Olsen, Bray-1 e resina trocadora de íons, não verificaram diferenças específicas nos padrões de correlação, para as duas fontes de fósforo. Senão eles, este fato sugere que as inter-

questão, não exigem conhecimento prévio da forma de P adicionado ao solo. Os níveis críticos encontrados para o Bray-1, o Olsen e a resina foram de, respectivamente: 11 a 15, 5 a 8 e 8 a 12 ppm de P.

Em trabalho recente (EMBRAPA, 1982) conduzido no CPAC, cultivou-se *Brachiaria humidicola* em Latossolo Vermelho Amarelo, sendo o fósforo extraído do solo pelos extratores Mehlich e Bray-1. Com este último obteve-se uma maior extração de fósforo e a pastagem respondeu até 3 ppm de P. Foi sugerido que, por serem baixas as aplicações de fósforo em pastagens, o extrator Bray-1 adaptasse melhor na predição da disponibilidade desse nutriente, além de não apresentar problemas com as fontes de fósforo pouco solúveis,

Pode-se inferir, portanto, do exposto neste item, que os resultados obtidos em solos sob cerrado não são ainda conclusivos, para a indicação de determinado método de extração de fósforo com maior abrangência regional, considerando-se uma variação mais ampla de solos e, sobretudo, adubações com diferentes formas de fertilizante fosfatado.

Apesar da boa adaptação do método de Bray-1 ao solo e às condições supracitadas, resultados como os de GONEDERT & LOBATÓ (1980), anteriormente mencionados, sugerem alguma restrição ao emprego generalizado deste extrator.

São muito poucos os trabalhos conduzidos na região dos cerrados, com a resina trocadora de íons, que se pode constituir em alternativa eficaz para a determinação do P extraível nesses solos, principalmente se for introduzida a metodologia desenvolvida por RAIJ & QUAGGIO (1983), que contornou a dificuldade anterior de sua adaptação a análises de rotina. Estes autores assinalaram uma importante vantagem adicional desse método, qual seja a de possibilitar a determinação no mesmo extrato (obtido após a agitação em meio aquoso, da mistura solo-resina), do fósforo e dos elementos cálcio, magnésio e potássio.

LITERATURA CITADA

- AMER, F. **et alii**, 1955. Characterization of soil phosphorus by anion exchange resin adsorption and P^{32} equilibration. *Plant Soil, The Hague* 6(4): 391-408.
- BIASI, J., 1978. **Avaliação do fósforo relacionado a diversos extratores químicos em solos de Santa Catarina**, Piracicaba, ESALQ/USP, 181p. (Tese de Mestrado).
- BRAGA, J.M., 1967. **Contribuição ao estudo do fosfato de Araxá como fonte de fósforo em um solo de Viçosa, Minas Gerais**, Viçosa. UFV, 65p. (Tese de Mestrado).
- BRAGA, J.M. & J. YAHNER, 1968. Estudo de correlação de análise química do solo e da planta em cultura de milho. *Experientiae*, Viçosa 8(5): 164-196.
- CABALA, R.P. & A. WILD, 1982. Direct use of low grade phosphate rock from Brazil as fertilizer. I. Effect of reaction in time. *Plant Soil, The Hague* 75: 351-362.
- CHIEN, S.H., L.A. LEON & H.R. TEJEDA, 1980. Dissolution of North Carolina phosphate rock in acid Colombian soils as related to soil properties. *Soil Sci.Soc. Am. J.* 44(6): 1267-1271.
- COOKE, I.J. & J. HISLOP, 1963. Use of anion - exchange resin for the assessment of available soil phosphate. *Soil Sci.* 96(5): 308-312.
- EMBRAPA, 1982. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina, DF. Relatório Técnico Anual 1980-81, Brasília, 163p.
- ENWEZOR, W.O., 1977. Soil testing for P in some Nigéria soils I. Comparison of methods of determining available P in soils of South Eastern Nigéria. *Soil Sci.* 123(1): 48-53.
- FASSBENDER, H.W., 1966. Descripción físico-química del sistema fertilizante fosfatado-suelo-planta. *Turrialba* 16(3): 237-246.
- FEITOSA, C.T., 1978. **Avaliação da disponibilidade de fósforo aplicado ao solo na forma de diferentes fosfatos**, Piracicaba, ESALQ/USP, 81p. (Dissertação de Mestrado).

- FITTS, J.W. & W.L. NELSON, 1956. The determination of lime and fertilizer requirements of soil through chemical tests. **Adv. Agron.**, New York 8: 241-282.
- FRIED, M. & L.A. DEAN, 1952. A concept concerning the measurement of available soil nutrients. **Soil Sci.** 73: 263-271.
- FRIED, M. & H. BROESHART, 1967. **The Soil-Plant System in relation to inorganic nutrition**, New York, Academic Press, 358p.
- GALRÃO, E.Z., 1976. **Avaliação da disponibilidade de fósforo para as plantas**, Porto Alegre, UFRGS, 67p. (Tese mestrado).
- GOEDERT, W.J. & E. LOBATO, 1980. Eficiência agronômica de fosfatos em solo de cerrado. **Pesq. agropec. bras** 15(3): 311-380.
- GOEPFERT, C.E. et alii, 1976. Avaliação da eficiência de cinco adubos fosfatados em três solos ácidos do Rio Grande do Sul. **Agron. Sulriograndense**, Porto Alegre 12(2): 179-188.
- JACKSON, M.L., 1970. **Análisis químico de suelos**. Barcelona, Ediciones Omega. 662p.
- KORNDORGER, G.H., 1978. Capacidade de fosfatos naturais e artificiais fornecerem fósforo para plantas de trigo. Porto Alegre, UFRGS. 62p. (Tese de Mestrado).
- LATWELL, D.J. et alii, 1958. Availability of soil phosphorus as determined by several chemical methods. **Agron. J.**, Madison 50: 366-9.
- MAGALHÃES, A.F., 1974. Uso de resina de troca aniônica na avaliação de fósforo disponível para as plantas, II. Estudo comparativo com a solução de Mehlich (Carolina de Norte). **Agron. sulriograndense**, Porto Alegre 10(1): 171-176.
- MOSER, U.S., W.H. SUTHERLAND & C.A. BLACK, 1959. Evaluation of laboratory indexes of absorption of soil phosphorus by plants. I. **Plant Soil**, The Hague, 10(4): 356-374.
- OLSEN, S.R. & A.L. DEAN, 1965. Phosphorus. In: BLACK, C.A. ed. **Methods of Soil Analysis**. Madison, American Soc. of Agronomy, p.1035-1049.
- PALHANO, J.B., 1980. **Solubilização do fosfato natural** em solos de cerrado: a diferença de aproveitamento

- PALMA, G. & H.W. FASSBENDER, 1970. Estudio del fósforo en suelos de América Central. V. Uso de resinas de intercâmbio para evaluar la disponibilidad de P. **Turrialba**, Turrialba 20(3): 279-287.
- RAIJ, B. van, 1978. Seleção de métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos. **R. Bras. Ci. Solo** 2(1): 1-9.
- RAIJ, B. van & A. van DIEST, 1980. Phosphate supplying power of rock phosphates in a Oxisol. **Plant Soil, The Hague** 55(1): 97-104.
- RAIJ, B. van, P.R. CABALA & E. LOBATO, 1982. Adubação fosfatada no Brasil. Apreciação geral, conclusões e recomendações. In: OLIVEIRA, A.J.; S. LOURENÇO e W.J. GOEDERT ed., **Adubação fosfatada no Brasil**, Brasília, EMBRAPA-DID, p.9-28.
- RAIJ, B. van & J.A. QUAGGIO, 1982. **Métodos de análises do solo para fins de fertilidade**, Campinas, Instituto Agrônômico de Campinas, (Boletim Técnico 81).
- RAIJ, B. van, C.T. FEITOSA & N.M. SILVA, 1982. Comparação de extratores de fósforo de solos. **Bragantia**, Campinas (no prelo).
- SFREDO, G.J. et alii, 1979. Comparação de cinco extratores de fósforo do solo, considerando-se o tempo de incorporação de três adubos fosfatados. **R. Bras. Ci. Solo** 3(2): 111-5.
- SIBBESEN, E., 1978. An investigation of the anion exchange resin method for soil P extraction. **Plant Soil, The Hague** 50: 305-321.
- SMITH, F.W., B.G. ELLIS & J. GRAVA, 1957. Use of acid-fluoride solutions for the extraction of available phosphorus in calcareous soils and in soils to which rock phosphate has been added. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 21: 400-404.
- SMITH, T.J. & P.A. SANCHEZ, 1982. Phosphate rock and superphosphate combinations for soybeans in a Cerrado Oxisol. **Agron. J.** 74: 730-735.
- SYERS, J.K., A.D. MACKAY & P.E.R. GREGG, 1981. Chemical reactivity of phosphate rock materials. In: Proc. of the Tech. Workshop on Pot. of Phosphate Rock as a direct appl. fertilizer in N. Zealand. Palmerston, North Massey University, Department of Soil Science - 74-82.

- TANAKA, R.T. et alii, 1981. Seleção de extratores de fósforo do solo em função das respostas das plantas de milho (*Zea mays* L.) e da adubação com fosfato Pa- tos de Minas em condições de casa de vegetação. **R. Bras. Ci. Solo** 5(1): 38-42.
- WALMSLEY, D. & I.S. CORNFORTH, 1973. Methods of measuring available nutrients in West Indian Soils. II. Phosphorus. **Plant Soil, The Hague** 39: 93-101.
- YOST, R.S. et alii, 1982. Availability of rock phosphate measured by an acid tolerant pasture grass and extractable phosphorus. **Agron. J.** 74(3): 462-468.