

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Manual de Métodos de Análise de Solo

3ª edição revista e ampliada

*Paulo César Teixeira
Guilherme Kangussu Donagemma
Ademir Fontana
Wenceslau Geraldes Teixeira*
Editores Técnicos

Embrapa
Brasília, DF
2017

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Solos

Endereço: Rua Jardim Botânico, 1024. Jardim Botânico

CEP: 22460-000 - Rio de Janeiro, RJ

Fone: + 55 (21) 2179-4500

Fax: + 55 (21) 2179-5291

<https://www.embrapa.br>

<https://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

Unidade responsável pelo conteúdo e edição

Embrapa Solos

Comitê de Publicações da Embrapa Solos

Presidente: *José Carlos Polidoro*

Secretário-Executivo: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Membros: *Ademar Barros da Silva, Adriana Vieira de C. de Moraes, Alba Leonor da Silva Martins, Enyomara Lourenço Silva, Evaldo de Paiva Lima, Joyce Maria Guimarães Monteiro, Luciana Sampaio de Araujo, Maria Regina Laforet, Maurício Rizzato Coelho, Moema de Almeida Batista, Wenceslau Gerales Teixeira*

Supervisão editorial: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Normalização bibliográfica: *Luciana Sampaio de Araujo*

Editoração eletrônica: *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

Capa: *Eduardo Guedes de Godoy*

Revisão de texto: *André Luiz da Silva Lopes e
Marcos Antônio Nakayama*

3ª edição

Publicação digitalizada (2017)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Solos

Manual de métodos de análise de solo / Paulo César Teixeira ... [et al.], editores técnicos. – 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2017.

573 p. : il. color.

ISBN 978-85-7035-771-7

1. Análise do solo. 2. Física do solo. 3. Química do solo. 4. Matéria orgânica. 5. Mineralogia. I. Teixeira, Paulo César. II. Donagemma, Guilherme Kangussu. III. Fontana, Ademir. IV. Teixeira, Wenceslau Gerales. V. Embrapa Solos.

CDD 631.40202

— Capítulo 25 —

FÓSFORO REMANESCENTE

Victor Hugo Alvarez V.

Roberto Ferreira Novais

Reinaldo Bertola Cantarutti

Paulo César Teixeira

David Vilas Boas de Campos

25.1 Introdução

A concentração de fósforo remanescente (P_{rem}) pode ser utilizada para medir indiretamente a capacidade tampão do solo em relação a P, S e Zn. Para extratores sensíveis à capacidade tampão do solo, a P_{rem} é necessária para estimar os níveis críticos do P, do S e do Zn para solos com diferentes capacidades tampão e, por conseguinte, é imprescindível para fazer o diagnóstico da disponibilidade desses nutrientes.

Com a P_{rem} , estimam-se as taxas de recuperação desses extratores para solos com diferentes capacidades tampão em função de P, S e Zn adicionados ao solo. Os níveis críticos e as taxas de recuperação permitem recomendar, especificamente, para um talhão ou uma lavoura, as doses desses nutrientes para definida cultura.

A P_{rem} é mais adequada que o teor de argila como medida indireta da capacidade tampão do solo em relação a P, S e Zn, por ser sensível à natureza mineralógica da fração argila do

solo. Adicionalmente, a P_{rem} é sensível à variação do poder tampão do solo em relação a esses nutrientes ocasionada por alterações nos teores de matéria orgânica do solo.

25.2 Princípio

O fósforo remanescente é a concentração de P da solução de equilíbrio quando se agita por 1 hora, na relação 1:10, a TFSA com uma solução $0,010 \text{ mol L}^{-1}$ de CaCl_2 contendo 60 mg L^{-1} de P.

25.3 Material e Equipamentos

- Erlenmeyer de 125 mL.
- Tubos de ensaio de 50 mL.
- Pipetas volumétricas de 1 mL e 10 mL.
- Espectrofotômetro UV-Vis.
- Balança analítica.
- Agitador horizontal.

25.4 Reagentes e Soluções

- **Solução de CaCl_2 $0,020 \text{ mol L}^{-1}$** – dissolver 5,8848 g de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ p.a. em aproximadamente 1 L de água destilada ou deionizada. Transferir para balão volumétrico de 2 L e completar com água destilada ou deionizada. Homogeneizar.
- **Solução de CaCl_2 $0,010 \text{ mol L}^{-1}$** – colocar 100 mL da solução de CaCl_2 $0,020 \text{ mol L}^{-1}$ em balão volumétrico de 200 mL e completar o volume com água destilada ou deionizada. Homogeneizar.

- **Solução de CaCl_2 $0,010 \text{ mol L}^{-1}$ contendo 60 mg L^{-1} de P** – misturar 500 mL da solução de CaCl_2 $0,020 \text{ mol L}^{-1}$ com 120 mL da solução padrão 500 mg L^{-1} de P. Completar o volume com água destilada ou deionizada em balão volumétrico de 1 L. Homogeneizar.
- **Solução padrão (concentrada) de 500 mg L^{-1} de P** – dissolver 2,1964 g de KH_2PO_4 p.a. (seco em estufa durante 2 h a $105 \text{ }^\circ\text{C}$) em cerca de 800 mL de água destilada e completar o volume em balão volumétrico de 1 L. Homogeneizar e estocar.
- **Solução padrão de fósforo (25 mg L^{-1} de P)** – em balão volumétrico de 100 mL, colocar 5,0 mL de solução padrão de 500 mg L^{-1} de P e completar o volume com água destilada ou deionizada. Homogeneizar.
- **Soluções padrão diluídas de fósforo ($0,4 \text{ mg L}^{-1}$; $0,8 \text{ mg L}^{-1}$; $1,2 \text{ mg L}^{-1}$; $1,6 \text{ mg L}^{-1}$ e $2,0 \text{ mg L}^{-1}$ de P)** – em balões volumétricos de 250 mL, pipetar, sucessivamente, alíquotas de solução padrão de 25 mg L^{-1} de P (SPP), H_2O , CaCl_2 $0,020 \text{ mol L}^{-1}$ (CaCl_2) e H_2O (completar o volume do balão), de acordo com a Tabela 1. Guardar as soluções em frascos tampados, com indicação das concentrações nos rótulos.

Tabela 1. Alíquotas de solução padrão de 25 mg L^{-1} de P (SPP), H_2O , CaCl_2 $0,020 \text{ mol L}^{-1}$ (CaCl_2) e H_2O para preparo das soluções padrão diluídas de fósforo.

P	SPP	H_2O	CaCl_2	H_2O
mg L^{-1}	-----mL-----			
0,0	0	20	125	105
0,4	4	16	125	105
0,8	8	12	125	105
1,2	12	8	125	105
1,6	16	4	125	105
2,0	20	0	125	105

- **Solução ácida de molibdato de amônio (concentrada)** – colocar 1,0 g de subcarbonato de bismuto em aproximadamente 250 mL de água contida em balão volumétrico de 1 L. Juntar, rapidamente, 139 mL de ácido sulfúrico concentrado p.a. Verificar se todo o sal de bismuto foi dissolvido. Deixar esfriar e adicionar solução recém-preparada de molibdato de amônio – $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (20 g para 200 mL de água). Agitar e completar o volume com água. Essa solução deve ser guardada em frasco âmbar escuro e bem vedado.
- **Reagente de trabalho (RT)** – dissolver 0,4 g de ácido ascórbico em aproximadamente 100 mL de água destilada em balão volumétrico de 250 mL. Adicionar 50 mL da solução ácida de molibdato. Completar o volume para 250 mL. Homogeneizar e transferir essa solução a um frasco. O RT deve ser preparado na hora da sua utilização.

25.5 Procedimento

- Medir 5 cm³ de solo, transferir para Erlenmeyer de 125 mL e adicionar 50 mL da solução de CaCl_2 0,010 mol L⁻¹ de CaCl_2 contendo 60 mg L⁻¹ de P.
- Agitar em mesa agitadora circular por 5 minutos. Deixar em repouso por cerca de 16 horas.
- Para uma serie de análises, inicialmente, colocar 5,00 mL de cada solução padrão diluída em tubos de ensaio de 50 mL.
- A seguir, para cada amostra, pipetar 0,2 mL da solução de equilíbrio para tubos de ensaio de 50 mL e adicionar 4,8 mL de solução de CaCl_2 0,010 mol L⁻¹. Homogeneizar as soluções.
- Em sequência, começando pelos pontos da curva e depois pelas amostras, adicionar 5,0 mL do reagente de trabalho para obter as soluções de leitura. Dessa forma, as soluções

de leitura dos pontos da curva têm as seguintes concentrações: 0,0 mg L⁻¹; 0,2 mg L⁻¹; 0,4 mg L⁻¹; 0,6 mg L⁻¹; 0,8 mg L⁻¹ e 1,0 mg L⁻¹ de P.

- Agitar os tubos de ensaio e deixar em repouso por 30 min, para a completa formação de cor. Fazer a leitura em espectrofotômetro UV-Vis no comprimento de onda 725 nm.
- Caso seja necessário, realizar maior diluição para preparo das soluções de leitura das amostras. Pipetar X mL da solução de equilíbrio ($X < 0,2$ mL), adicionar (5,0 - X) mL da solução de CaCl₂ 0,010 mol L⁻¹ e adicionar 5 mL de reagente de trabalho.

25.6 Cálculo

$$\text{Prem} = \frac{(L - b)}{a} \times 50$$

Em que:

P_{rem} – concentração de fósforo remanescente, em mg L⁻¹.

L – leitura da solução de leitura da amostra, em absorbância.

a – coeficiente angular da reta dos padrões (intercepto).

b – coeficiente linear da reta dos padrões.

Valor 50 – fator de correção considerando a diluição do extrato de leitura de 0,2 para 10 mL.

17.7 Observações

A curva de calibração (reta porque a relação é linear) deve ser calculada considerando a leitura de absorbância (L) em função das concentrações das soluções de leitura dos pontos da curva (0,0 mg L⁻¹; 0,2 mg L⁻¹; 0,4 mg L⁻¹; 0,6 mg L⁻¹; 0,8 mg L⁻¹ e 1,0 mg L⁻¹ de P).

Caso haja necessidade de uma diluição diferente da indicada no procedimento, por exemplo, pipetar uma alíquota de 0,1 mL e adicionar 4,9 mL de solução de CaCl_2 $0,010 \text{ mol L}^{-1}$, deve-se substituir o valor 50 ($= 10/0,2$) usado no cálculo por 100 ($= 10/0,1$).

A construção da reta de padrões só é necessária quando as leituras forem realizadas em absorvância ou transmitância. No caso de equipamentos mais modernos, a leitura é feita diretamente em concentração.

25.7 Literatura recomendada

ALVAREZ V., V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO JÚNIOR, E. S.; SOUZA, R. B.; FONSECA, C. A. **Métodos de análises de enxofre em solos e plantas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 131 p.

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 1, p. 27-32, 2000.