

DETERMINAÇÃO DE FÓSFORO E FOSFATO EM AMOSTRAS DE SOLOS FÉRTEIS E INFÉRTEIS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA

Davison G. C. dos Santos¹; Pedro H. F. Mendes²; Laura da S. Rocha³; Anny C. B. Santos⁴; Augusto C. M. Aleluia⁵; Douglas G. da Silva⁶; Bruno O. Moreira⁷; Anaildes L. de Carvalho⁸

¹UESB E-mail: florestal.davison@gmail.com; ²UESB E-mail: peufmendes@gmail.com; ³UESB lauraengflorestal@gmail.com; ⁴UESB E-mail: 202110201@uesb.edu.br; ⁵UESB E-mail: augusto.aleluia@uesb.edu.br; ⁶UESB E-mail: douglas.goncalves@uesb.edu.br; ⁷UFBA bomoreira@gmail.com; ⁸UESB anaildes.carvalho@uesb.edu.br

Palavras-Chave: Espectrofotometria UV-Vis, Nutrientes disponíveis e Análise química de solo

Introdução

A dinâmica do fósforo (P) no solo está intimamente relacionada a fatores ambientais que influenciam diretamente a atividade dos microrganismos responsáveis pela imobilização ou liberação dos íons ortofosfato. Esses processos ocorrem em conjunto com as propriedades físico-químicas e mineralógicas do solo (Santos et al., 2008). O fósforo ocorre tanto em formas orgânicas (Po) quanto inorgânicas (Pi), sendo retido por argilominerais e compostos orgânicos que apresentam diferentes níveis de energia. Sua disponibilidade depende de reações físico-químicas como adsorção, dessorção e precipitação, bem como de processos biológicos, como a imobilização de Pi e a mineralização de Po (Carneiro et al., 2018).

Esse nutriente essencial desempenha um papel estrutural fundamental em diversos processos metabólicos, incluindo transferência de energia, síntese de ácidos nucleicos, metabolismo da glicose, respiração celular, ativação e desativação enzimática, reações de oxirredução e fixação de nitrogênio (Vieira Batista et al., 2011).

Em solos altamente intemperizados, como os Latossolos, o fósforo predomina na forma inorgânica (Pi), ligado à fração mineral em associações de alta energia, e em formas orgânicas física e quimicamente estabilizadas (Santos et al., 2008). Devido à sua baixa mobilidade no solo, o fósforo tende a se acumular nas camadas superficiais, estando sujeito à lixiviação superficial e à erosão, o que aumenta a complexidade das análises de sua dinâmica e quantificação (Carneiro et al., 2018).

Para a quantificação do fósforo no solo, utilizam-se extratores químicos capazes de determinar o fósforo presente na solução do solo, bem como uma fração lábil do elemento. Atualmente, uma ampla variedade de extratores é empregada mundialmente, baseando-se em soluções compostas por ácidos, bases, sais, agentes quelantes, água ou resinas trocadoras de ânions. Essas soluções têm como objetivo estimar o fósforo disponível para absorção pelas plantas, atuando sobre formas de menor energia (Carneiro et al., 2018).

Entre os macronutrientes, o fósforo é um dos mais estudados, dada a complexidade de sua dinâmica no solo e a variedade de métodos analíticos disponíveis para sua extração, os quais frequentemente geram divergências quanto à sua eficácia (Bortolon et al., 2009).

Métodos analíticos sensíveis são essenciais para a determinação precisa de fosfato em solos, especialmente em concentrações da ordem de ppm. As principais técnicas incluem a colorimetria (Willians, 1993), cromatografia líquida de alta eficiência (Botker, 1994), cromatografia de íons (Ruiz-Calero, 2005) e espectrofotometria (Ganesh, 2012; Habibah, 2018; Colzani, 2017).

Dentre essas técnicas, a espectrofotometria baseada na reação com molibdato de amônio destaca-se por sua simplicidade, sensibilidade e aplicabilidade em análises de rotina. Esse método envolve a formação de ácido fosfomolibdico em meio ácido, com posterior leitura da absorbância em comprimentos de onda entre 300 e 400 nm (Ganesh, 2012; Babko, 1974).

Diante disso, o objetivo deste estudo foi determinar a quantidade de fosfato e fósforo em amostras de solos férteis e inférteis coletadas na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB).

Material e Métodos

Local de Coleta

As amostras de solo foram coletadas no campus da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), em Vitória da Conquista – BA, região do Planalto da Conquista nas coordenadas 14°51' S e 40°50' O (Tagliaferre *et al.*, 2013). O município de Vitória da Conquista possui um clima classificado como tropical de altitude (Cwb), segundo a classificação de Köppen, e relevo plano a levemente ondulado, o solo da região foi classificado como Latossolo Amarelo Distrófico e apresenta um fragmento de vegetação nativa, conhecida regionalmente como mata de cipó, classificada como Floresta Estacional Semidecidual (Dos Santos *et. al.*, 2014).

Coleta das Amostras

Foram selecionadas duas glebas homogêneas com área de aproximadamente 2.000 m, sendo o primeiro local, solo fértil, um cultivo de bananeiras (*Musa ssp.*) e o segundo local, solo infértil, constituído por pastagens degradadas. A coleta de solo em cada área foi feita com amostras compostas e em duas profundidades: 0-20 cm e 20-40 cm. Após a coleta, as amostras foram enviadas para o laboratório de Química Analítica da Universidade Estadual da Bahia para posterior análise.

Extração e Determinação de Fósforo e Fosfato nas Amostras de Solos

A extração de fósforo e fosfato das amostras de solo foi realizada utilizando um espectrofotômetro operando a 300 nm. Inicialmente, as amostras foram peneiradas em malhas de 40 a 60 mesh e, em seguida, secas em estufa a 160 °C por 2 horas. Após o peneiramento e a secagem, as amostras foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g.

Para o preparo, foram transferidos 1,0000 g de solo seco para tubos Falcon de 50 mL. A cada tubo, adicionou-se 14 mL de solução de NaOH 0,3 mol/L como agente extrator. Após a adição da solução extratora, as amostras foram submetidas a sonificação em banho ultrassônico por 8 minutos.

Em seguida, a suspensão foi filtrada utilizando um sistema de filtração a vácuo, a fim de separar o extrato líquido do resíduo sólido. Ao filtrado, foi adicionado solução de molibdato de amônio $4,04 \times 10^{-4}$ mol/L, completando-se o volume total para 20 mL com água ultrapura.

As amostras preparadas foram deixadas em repouso por 24 minutos, seguidas de aquecimento em banho-maria por 9 minutos a 43°C. Após o aquecimento, os tubos foram centrifugados por 17 minutos para promover a separação das fases. Por fim, o sobrenadante foi cuidadosamente transferido para análise espectrofotométrica, na forma de complexo fosfomolibdato de amônio.

Resultados e Discussão

A curva analítica foi construída utilizando o método de adição de padrão, com concentrações variando de $5,25 \times 10^{-4}$ a $1,26 \times 10^{-2}$ µmol/L. A adição direta dos padrões às amostras de solo permitiu compensar possíveis efeitos de matriz, resultando em maior exatidão na quantificação do fósforo disponível.

Os dados obtidos foram processados e analisados, possibilitando a determinação da concentração de fósforo total e de fosfato disponível nas amostras estudadas. De acordo com Oliveira et al. (2011), é comum observar acúmulo de nutrientes nas camadas superficiais do solo (0–20 cm), especialmente em solos cultivados ou submetidos a práticas de manejo. Como o fósforo apresenta baixa mobilidade no solo, tende a se concentrar nessas camadas, estando sujeito a perdas por lixiviação, erosão ou precipitação.

Considerando que o fósforo ocorre tanto em formas orgânicas (Po) quanto inorgânicas (Pi), é fundamental quantificar ambas para uma avaliação completa da disponibilidade do nutriente. Conforme apresentado na Tabela 1, as concentrações de fosfato (PO_4^{3-}) e de fósforo total (P), expressas em mg/dm^3 , foram mais elevadas na camada superficial (0–20 cm) em comparação com a subsuperficial (20–40 cm), evidenciando o acúmulo do nutriente próximo à superfície.

Além disso, observou-se que, no solo classificado como fértil, as concentrações de PO_4^{3-} e P foram significativamente maiores na profundidade de 0–20 cm. Em contrapartida, no solo infértil, as concentrações desses mesmos parâmetros foram superiores na camada de 20–40 cm. Esse resultado sugere que o solo infértil pode ter sofrido maior lixiviação de nutrientes, quando comparado ao solo fértil, especialmente na camada superficial.

Tabela 1: Concentração de Fosfato (PO_4^{3-}) e Fósforo (P) em amostras de solos férteis e inférteis da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Amostra	Profundidade (cm)	Concentração de PO_4^{3-} (mg/dm^3)	Concentração de P (mg/dm^3)
Solo Fértil	0-20	$0,5243 \pm 0,0187$	$0,1710 \pm 0,0061$
	20-40	$0,1448 \pm 0,0152$	$0,0472 \pm 0,0050$
Solo Infértil	0-20	$0,3079 \pm 0,0311$	$0,1004 \pm 0,0101$
	20-40	$0,2744 \pm 0,0311$	$0,0895 \pm 0,0044$

Com base nas análises realizadas, também foram calculados o limite de detecção (LD) e o limite de quantificação (LQ) no método desenvolvido para determinação de fósforo e fosfato, conforme apresentado na Tabela 2. O método desenvolvido demonstrou elevada sensibilidade, com baixos valores de LD e LQ, adequados para a análise de solos com baixos teores desses nutrientes.

A precisão, expressa pelo desvio padrão relativo (RSD), foi avaliada utilizando amostras de solo fértil da camada de 0–20 cm. Foram realizadas análises de precisão intraensaio (repetibilidade) e precisão intermediária (interensaio). A repetibilidade foi determinada em um único dia, por meio de 10 análises consecutivas de fósforo e fosfato. Já a precisão intermediária foi avaliada ao longo de dez dias, com três réplicas por dia, conduzidas por diferentes analistas no laboratório. Os resultados obtidos apresentaram RSD inferiores a 5%, indicando boa precisão do método, conforme mostrado na Tabela 2.

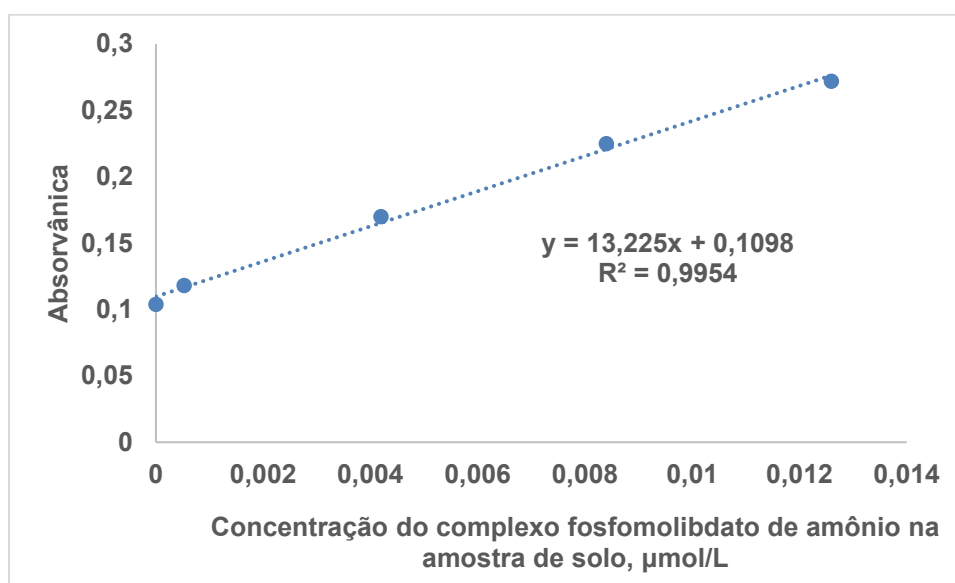
Tabela 2: Parâmetros Analíticos da quantificação das concentrações de PO_4^{3-} (mg/dm^3) e P (mg/dm^3) nas amostras de solos.

	PO_4^{3-}	P
LD (mg/dm^3)	0,024	0,0077
LQ (mg/dm^3)	0,071	0,0233
Faixa Linear de Trabalho ($\mu\text{mol/L}$)	$5,5 \times 10^{-4} - 1,26 \times 10^{-2}$	

Precisão Intraensaio (RSD (%))	4,41
Precisão Intermediária (RSD (%)) - 1º dia	4,24
Precisão Intermediária (RSD (%)) - 5º dia	4,90
Precisão Intermediária (RSD (%)) - 10º dia	3,95

A curva analítica utilizando adição padrão apresentou uma linearidade satisfatória com coeficiente de correlação superior a 0,99 como apresentado na Figura 1.

Figura 1. Curva analítica por adição do analito para determinação de Fosforo e Fosfato em amostras de solos férteis e inférteis.



A exatidão do método foi avaliada por meio de testes de recuperação, utilizando diferentes concentrações de fosfato adicionadas às amostras. Os valores de recuperação variaram entre 91,0% e 100,8%, confirmando a confiabilidade do procedimento analítico proposto, apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Avaliação da exatidão através das recuperações obtidas para fosfato em amostras de solos férteis com profundidade de 0-20 cm da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Concentração de Fosfato, µmol/L		
Adicionada	Encontrada	Recuperação (%)
0	9,07372E-05	---
0,000525	0,000620038	100,82
0,0042	0,004325142	100,82
0,0084	0,008483932	99,92
0,0126	0,011584121	91,22



Conclusões

O método empregado para a determinação de fosfato e fósforo em amostras de solos férteis e inférteis, coletadas na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), demonstrou ser altamente eficiente e preciso. O desempenho analítico foi satisfatório, permitindo a quantificação confiável dos analitos nas amostras estudadas. Os resultados evidenciam a aplicabilidade do procedimento na avaliação da disponibilidade de fósforo no solo, contribuindo para estudos relacionados à fertilidade e ao manejo adequado de nutrientes.

Agradecimentos

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Universidade Federal da Bahia - Campus Anísio Teixeira.

Referências

- BABKO, A. K. and PILIPENKO, A. T. **Photometric Analysis: Methods of determining non-metals**. Moscow: Khimiya, 1974.
- BORTOLON, Leandro; GIANELLO, Clesio; SCHLINDWEIN, Jairo André. Avaliação da disponibilidade de fósforo no solo para o milho pelos métodos Mehlich-1 e Mehlich-3. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 4, p. 305-312, 2009.
- BOTKER, H. E., KIMOSE, H. H., HELLIGSO, P.; NIELSEN, Y. T. Analytical evaluation of high energy phosphate determination by high performance liquid chromatography in myocardial tissue. **J. Mol. Cell. Cardiol.** v. 26, p. 41-48, 1994.
- CARNEIRO, K. A. A.; SOUZA, T. A. F.; FRAGA, V. D.; DIAS, B. O. Manual de determinação de fósforo em solos arenosos: dinâmica de fósforo em condições tropicais. Areia, Paraíba: **UFPB – CCA – PPGCS**, 1. ed., 2018. ISBN 978-85-920166-8-5.
- COELHO, A. M.; PARENTONI, S. N.; SOUZA, F. A. de; MARRIEL, I. E. Tecnologias e estratégias para aumentar a eficiência de uso de reservas de fósforo acumuladas em Latossolo Vermelho no bioma Cerrado. **Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 230, 47 p., 2021.
- COLZANI, H. RODRIGUES, Q. E. A. G.; FOGAÇA, C. GELINSKI, J. M. L. N.; FILHO, E. R. P. e BORGES, E. M. Determinação de fosfato em refrigerantes utilizando um scanner de mesa e análise automatizada de dados: um exemplo didático para ensino de química. **Quim. Nova**, v. 40, n. 7, p. 833-839, 2017.
- DOS SANTOS, Renata Soares; BARRETO, Patricia Anjos Bittencourt; SCORIZA, Rafael Nogueira. Efeito da sazonalidade na comunidade de fungos micorrízicos arbusculares em um fragmento de mata de cipóem Vitória da Conquista, Bahia. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 12, n. 1, p. 46-46, 2014.
- GANESH, S.; KHAN, F.; AHMED, M. K.; VELAVENDAN, P.; PANDEY, N. K.; MUDALI, U. K. Spectrophotometric determination of trace amounts of phosphate in water and soil. **Water Science & Technology**. v. 66, n.12. p.2653-2658, 2012.
- HABIBAH, N.; DHYANAPUTRI, I. G. A. S.; KARTA, I. W.; SUNDARI, C. D. W. H.; HADI, M. C. A Simple Spectrophotometric Method for the Quantitative Analysis of Phosphate in the Water Samples. **Jurnal Sains dan Teknologi**. v. 7, n. 2, p.198-204, 2018.
- Oliveira, F. F.; Salcedo, I. H.; Sandra R. S. Galvão, S. R. S. Adubação Orgânica e Inorgânica de Batatinha em Solos Arenosos: Produtividade, nutrientes na planta e lixiviação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.15, n.12, p.1228–1234, 2011.
- RUIZ-CALERO, V.; GALCERAN, M. T. Ion chromatographic separations of phosphorus species: a review. **Talanta**. v. 66, p. 376-410, 2005.
- SANTOS, Danilo Rheinheimer dos; GATIBONI, Luciano Colpo; KAMINSKI, João. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, p. 576-586, 2008.
- TAGLIAFERRE, C.; SANTOS, T. J.; SANTOS, L. C.; NETO, I. J. S.; ROCHA, F. A.; PAULA, A. Características agronômicas do feijão caupi inoculado em função de lâminas de irrigação e de níveis de nitrogênio. **Revista Ceres**. v.60, n.2, p. 242-248, 2013.



64º Congresso Brasileiro de Química
04 a 07 de novembro de 2025
Belo Horizonte - MG

VIERA BATISTA, M. A.; PRADO, R. de M.; LEITE, G. A. Resposta de mudas de goiabeira a aplicação de fósforo. **Bioscience Journal**, Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia (UFU), v. **27**, n. 4, p. 635-641, jul. 2011.