



## C A P Í T U L O 1

# Efeito da quantidade da mistura e da filtração na disponibilidade de fósforo (P) no extrato de solo obtido com Mehlich-1

**Francisco de Souza Fadigas**

Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC) / Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, Bahia, Brasil

**Sandra Maria Conceição Pinheiro**

Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC) / Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, Bahia, Brasil

**Ivonete Oliveira de Jesus**

Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) / Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, Bahia, Brasil

**Resumo:** Diversos métodos para extração do fósforo (P) têm sido desenvolvidos e testados nas mais diversas situações na busca por aqueles que resultem na disponibilização de um teor de P equivalente ao que seria extraído pelas plantas cultivadas. Um exemplo é a solução extratora Mehlich 1, que tem sido modificada desde sua versão original proposta por Mehlich (1953). O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes quantidades de solução extratora e solo, agitadas em frascos de 125 e 100 mL, como também do uso de filtração do extrato. Amostras de solo foram submetidas a agitação a 180 opm, por 5 minutos, e então decantadas por 16 horas, com 3 repetições. Os tratamentos foram: 10 mL solo:50 mL de solução Mehlich-1 (em Erlenmeyer de 125 mL); 5 mL solo:50 mL de solução Mehlich-1 (em Erlenmeyer de 125 mL) e 2,5 mL solo:50 mL de solução extratora (em Erlenmeyer de 100 mL), sendo estes combinados com filtração e decantação do extrato. As medidas de absorvância foram feitas em espectrofotômetro de absorção molecular a 660 nm, utilizando o método do azul de molibdênio. Os teores de P no extrato, imediatamente após a agitação, com filtração, foram significativamente menores que os obtidos ao final do tempo de decantação, ou seja, sem filtração (16 h). Houve efeito significativo das quantidades de solo e extrator, sendo os valores de P obtidos com a mistura de 10 mL solo:50 mL de solução Mehlich-1 significativamente menores que as demais quantidades. Foram encontradas diferenças nos teores de P entre os diferentes solos estudados. Os resultados indicam que, para a extração somente do

P ou para obtenção de extrato visando a análise multielementar por técnicas como ICP-OES, os volumes de solo e extrator Mehlich-1 podem ser reduzidos.

**Palavras-chave:** teor de fósforo; extração de fósforo; decantação; agitação.

## Effect of mixture quantity and filtration on Phosphorus (P) availability in soil extract obtained using Mehlich-1

**Abstract:** Several methods for phosphorus (P) extraction have been developed and tested under various conditions in search of those that yield P levels equivalent to the amounts taken up by cultivated plants. One example is the Mehlich-1 extractant solution, which has been modified since its original formulation proposed by Mehlich (1953). This study aimed to evaluate the effect of different volumes of extractant solution and soil, agitated in 125 mL and 100 mL flasks, as well as the use of extract filtration. Soil samples were shaken at 180 rpm for 5 minutes and then allowed to settle for 16 hours, with three replicates. The treatments were: 10 mL soil:50 mL Mehlich-1 solution (in 125 mL Erlenmeyer flasks); 5 mL soil:50 mL Mehlich-1 solution (in 125 mL Erlenmeyer flasks); and 2.5 mL soil:50 mL extractant solution (in 100 mL Erlenmeyer flasks), each combined with either filtration or decantation of the extract. Absorbance was measured at 660 nm in a molecular absorption spectrophotometer using the molybdenum blue method. P concentrations in the extract, measured immediately after shaking with filtration, were significantly lower than those obtained after decantation (16 h), without filtration. Significant effects of soil and extractant volumes were observed, with P concentrations from the 10 mL soil:50 mL Mehlich-1 mixture being significantly lower than those from the other treatments. Differences in P levels were also found among the soils studied. The results indicate that, for extracting only P or for preparing extracts intended for multielement analysis by techniques such as ICP-OES, the volumes of soil and Mehlich-1 extractant can be reduced.

**Keywords:** phosphorus content; phosphorus extraction; decantation; shaking.

### 1. INTRODUÇÃO

O método de extração utilizando a solução Mehlich-1 tem sido revisado e adaptado por diversos pesquisadores desde sua proposição inicial. No Brasil, há registro de sua aplicação desde a década de 1960, com a publicação do *Manual de métodos de análise do solo* (Vettori, 1969). Posteriormente, essa metodologia foi incorporada ao *Manual de métodos de análise de solo* (EMBRAPA-SNLCS, 1979; EMBRAPA-CNPS, 1997; Donagema, et al., 2011; Teixeira et al., 2017), como também a outras obras amplamente difundidas em todo território nacional (Tedesco et al., 1995; Silva, 1998; Silva, 2009; Raposo, 2014; Silva, 2018; Meneghetti, 2018; Sá; Guedes, 2023).

A solução extratora Mehlich-1 é composta por uma mistura HCl 0,05 molL<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 molL<sup>-1</sup>. O método de análise baseado nesta solução também foi chamado de Carolina do Norte ou extrator duplo-ácido. Seu uso na análise de solo visa a extração de fósforo, potássio, sódio e micronutrientes do solo (Silva, 1998; Donagema, et al., 2011). No entanto, a literatura também indica a aplicação desse extrator na obtenção dos teores de P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu e Zn a partir de um único extrato de solo, especialmente quando a determinação simultânea é feita por espectrometria de emissão ótica com plasma de acoplamento indutivo (ICP- OES) (Mylavaram; Miller, 2014; Virginia Cooperative Extension, 2019).

As quantidades de solo e solução extratora Mehlich-1 têm variado ao longo do tempo de uso deste método no Brasil. As primeiras recomendações indicavam a agitação de 10 g de TFSA com 100 ml de solução extratora durante 5 minutos, seguida da filtração em papel filtro isento de fósforo (Vettori, 1969). Posteriormente, a orientação passou a ser colocar 10 mL de terra fina em frasco Erlenmeyer de 125 mL, com a adição de 100 mL da solução extratora Mehlich-1, agitação, decantação por uma noite e, então, coleta do extrato decantado, sem filtração (EMBRAPA-SNLCS, 1979).

Na década de 1990, foi adotada a massa de 5g de solo em Erlenmeyer de 125ml, adicionada de 50 mL de solução extratora e seguida da agitação, decantação por uma noite e, por fim, da coleta de 25 mL do extrato para fins de análise, também sem filtração (EMBRAPA-CNPS, 1997). Neste mesmo período surgiu uma versão alternativa do método, recomendando a medição 3,0 mL de solo, transferência para frasco de 50 mL, adição de 30 mL da solução Mehlich-1, agitação por 5 min a 110-120 opm, repouso de 15 a 18 h e, por fim, a coleta de 3,0 mL do líquido sobrenadante (Tedesco et al., 1995).

A edição de 2011 do *Manual de métodos de análise de solo* manteve as orientações descritas no manual de 1997 (Donagema, et al., 2011). Todavia, em 2017, a quantidade de solo e extrator recomendada passou a ser de 10 g de TFSA para 100 mL de extrator Mehlich-1, em Erlenmeyer de 125 mL (Teixeira et al., 2017). Outras fontes que incluem o extrator Mehlich-1 entre as metodologias para extração do P do solo recomendam usar de 10 mL de solo e 100 mL do extrator em Erlenmeyer de 125 mL, com agitação por 5 min, seguida de decantação por uma noite e posterior coleta do sobrenadante, sem filtração (Silva, 2009). No entanto, o volume do frasco Erlenmeyer e o tempo de agitação pode variar. Há, por exemplo, autores que orientam a transferência de 10 mL de TFSA para Erlenmeyer de 250 mL, com adição de 100 mL de solução extratora, agitação durante 30 minutos em agitador horizontal circular e repouso por uma noite em frasco tampado (Silva, 2018).

A quantidade de solo usada na extração também varia conforme a fonte do método de análise. Uma das recomendações consiste em transferir 5 cm<sup>3</sup> de TFSA para Erlenmeyer de 125 mL, adicionar 50 mL da solução Mehlich-1, agitar a 250 rpm durante 5 min e deixar o extrato decantar durante uma noite (Meneghetti, 2018). Entretanto, para esta mesma quantidade de solo e extrator, o tempo e a intensidade de agitação podem ser diferentes. Por exemplo, recomenda-se agitar por 10 minutos em agitador circular horizontal a 200 rpm, deixando em repouso por cerca de 16 h (Sá; Guedes, 2023) ou agitar por 5 min a 180 opm, seguido de repouso por 16 h (Santos *et al.*, 2024).

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito das quantidades de solo e de solução Mehlich-1 na extração do P e a influência da filtração dos extratos no teor de P disponível no solo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de terra fina seca ao ar (TFSA) da camada de 0-20 cm, contendo diferentes teores de argila, foram agitadas por 5 min com solução Mehlich 1 (1:10), em mesa agitadora orbital a 180 opm, utilizando de 3 repetições por tratamento. Foram utilizadas amostras de solos representativos dos Tabuleiros Interiornaos do Recôncavo Baiano, sendo estes: Cambissolo Háplico Ta Eutrófico leptofragmentário (CXve); Cambissolo Háplico Distrófico petroplíntico (CXbd); Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAdx); Argissolo Acinzentado Distrocoeso típico (PACdx); Latossolo Amarelo Distrocoeso argissólico (LAdx2); Latossolo Amarelo Distrocoeso típico (LAdx1). Todas as amostras foram coletadas em áreas da UFRB, das quais quatro compõem uma topossequência situada às margens de uma das estradas de acesso ao açude, na área denominada cascalheira, e outras duas foram coletadas no Núcleo de Engenharia de Água e Solo (NEAS) e em uma encosta próxima a um plantio de eucaliptos, atrás da Escola Municipal Joaquim Mdeiros. Nas Tabelas 1 e 2 são apresentadas algumas características físicas e químicas destes solos.

**Tabela 1.** Localização, composição granulométrica e teor de Carbono (COrg) dos solos utilizados no estudo na camada de 0 a 20 cm de profundidade

| Solo  | Localização               |                | Granulometria (g Kg <sup>-1</sup> ) |       |       | C <sub>org</sub><br>(g.kg <sup>-1</sup> ) |
|-------|---------------------------|----------------|-------------------------------------|-------|-------|---|
|       | (Coordenadas Geográficas) |                | Argila                              | Silte | Areia |   |
| CXve  | S 12°39'38,7"             | W 039°04'41,3" | 173                                 | 187   | 640   | 11,0                                      |
| CXbd  | S 12°39' 40,5"            | W 039°04'42,3" | 468                                 | 103   | 429   | 12,8                                      |
| PAdx  | S 12°39'41,1"             | W 039°04'43,0" | 427                                 | 89    | 484   | 12,6                                      |
| PACdx | S 12°39'42,1"             | W 039°05'37,1" | 191                                 | 128   | 681   | 10,8                                      |
| LAdx2 | S 12°39'42,4"             | W 039°04'42,4" | 243                                 | 118   | 639   | 13,0                                      |
| LAdx1 | S 12°39'19,5              | W 039°05'18,6" | 283                                 | 72    | 645   | 6,0                                       |

Autor: Francisco Fadigas

**Tabela 2.** Resultados das análises químicas dos solos utilizados no estudo

| Característica química                     | Amostra de solo |      |      |       |       |       |
|--|-----------------|------|------|-------|-------|-------|
|  | CXve            | CXbd | PAdx | PACdx | LAdx2 | LAdx1 |
| pH (H <sub>2</sub> O)                      | 4,3             | 4,5  | 4,3  | 4,6   | 5,2   | 4,4   |
| P (mg dm <sup>-3</sup> )                   | 4,0             | 5,0  | 3,0  | 3,0   | 5,0   | 2,0   |
| K (cmolc dm <sup>-3</sup> )                | 0,2             | 0,18 | 0,20 | 0,12  | 0,14  | 0,04  |
| Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> )               | 1,06            | 0,94 | 0,71 | 0,88  | 2,36  | 0,30  |
| Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )               | 0,90            | 0,64 | 0,58 | 0,50  | 0,90  | 0,18  |
| Ca+Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> )            | 1,96            | 1,57 | 1,30 | 1,38  | 3,26  | 0,48  |
| Al (cmolc dm <sup>-3</sup> )               | 1,2             | 1,0  | 1,5  | 0,7   | 0,2   | 0,9   |
| Na (cmolc dm <sup>-3</sup> )               | 0,05            | 0,03 | 0,05 | 0,04  | 0,02  | 0,03  |
| Al+H (cmolc dm <sup>-3</sup> )             | 4,17            | 3,96 | 4,15 | 3,41  | 2,88  | 2,16  |
| SB <sup>1</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )  | 2,21            | 1,78 | 1,55 | 1,54  | 3,42  | 0,55  |
| CTC <sup>2</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> ) | 6,38            | 5,74 | 5,69 | 4,95  | 6,30  | 2,70  |
| V <sup>3</sup> (%)                         | 35              | 31   | 27   | 31    | 54    | 20    |
| MO <sup>4</sup> (g kg <sup>-1</sup> )      | 12,7            | 13,0 | 13,8 | 14,0  | 19,3  | 9,3   |

Autor: Francisco Fadigas

Nota: <sup>1</sup>SB - soma de bases; <sup>2</sup>CTC – capacidade de troca de cátions; <sup>3</sup>V – saturação por bases;

<sup>4</sup>MO – matéria orgânica do solo.

Neste estudo, foram avaliadas as combinações de volume da solução extratora e de solo utilizado durante a agitação das amostras e a capacidade do recipiente (Erlenmeyer) empregado na extração, nas seguintes condições experimentais:

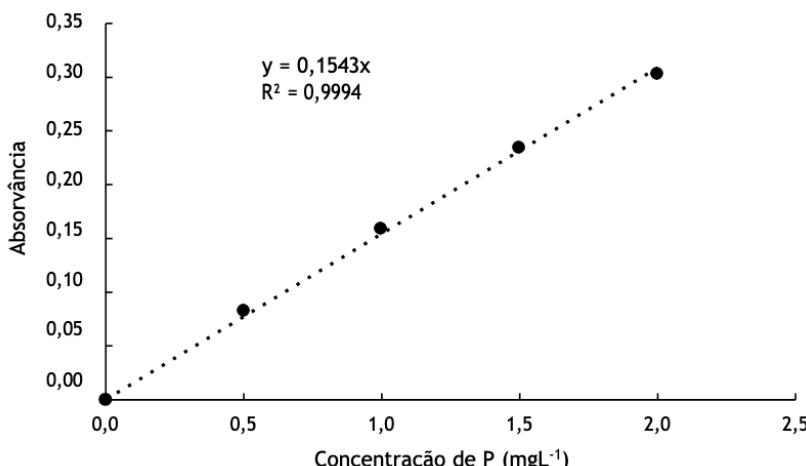
- **T1** – Extração com 10 mL de terra fina seca ao ar (TFSA) em Erlenmeyer de 125 mL, com adição de 100 mL da solução extratora Mehlich-1 (EMBRAPA-SNLCS, 1979; Silva, 2009);
- **T2** – Extração com 5 mL de TFSA e 50 mL da solução Mehlich-1 em Erlenmeyer de 125 mL (Meneghetti, 2018; Sá; Guedes, 2023);
- **T3** – Extração com 2,5 mL de TFSA e 25 mL da solução extratora em Erlenmeyer de 100 mL (Santos *et al.*, 2024).

Em todos os tratamentos, foi mantida constante a proporção solo:extrator de 1:10.

Neste estudo também foi avaliado o efeito da filtração dos extratos, após agitação, e da decantação por 16 horas (condição de obtenção). O extrato filtrado foi obtido com auxílio de discos de papel qualitativo, com 9 cm de diâmetro e gramatura de 80 g.m<sup>2</sup>, previamente lavados com AlCl<sub>3</sub> a 0,2 %, seguidos de lavagem com água deionizada (Mehlich, 1984).

A quantificação do P (P mg dm<sup>-3</sup>) nos extratos de solo foi realizada pelo método do azul de molibdênio. As misturas para leitura foram preparadas em tubos de vidro, com tampa rosqueada de 15 mL, contendo 2,5 mL do extrato filtrado ou decantado, 5,0 mL de solução de molibdato de amônio diluída e 15 mg de ácido ascórbico. As leituras de absorbância foram realizadas entre 30 e 60 minutos após a adição do ácido ascórbico, utilizando um espectrofotômetro UV-VIS ajustado para 660 nm. A curva de calibração foi construída com os padrões de concentração 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 mg L<sup>-1</sup> de P (Figura 1), que correspondem à metade dos teores citados por Teixeira *et al.* (2017). O limite de detecção do método (LD) foi calculado com base nas leituras das absorbâncias dos brancos (b), usando a expressão “b + 3s” (Thompson *et al.*, 2002).

**Figura 1.** Curva de calibração para o fósforo (P) obtida pelo método do azul de molibdênio com absorbâncias medidas a 660 nm



Autor: Francisco Fadigas (2025)

Para avaliar o efeito das quantidades de solo e de solução Mehlich-1 na extração do P e a influência da filtração dos extratos no teor de P disponível no solo, aplicou-se a análise das Variâncias (ANOVA) sob um esquema fatorial, distribuído em um delineamento inteiramente casualizado (DIC). O esquema fatorial foi aplicado por permitir o estudo simultâneo dos efeitos das quantidades de solo e de solução Mehlich-1 e da influência da filtração dos extratos sobre o teor de P disponível no solo. As análises foram realizadas com o uso do software RStudio, versão livre 2025.05.0, através do pacote ExpDes.pt (Ferreira *et al.*, 2011). Após a realização da ANOVA, as comparações de todas as possíveis combinações das médias dos fatores foram feitas através do teste de Tukey, que ajudou a identificar quais grupos específicos têm diferenças significativas entre suas médias. O nível de significância adotado para todos os testes foi de 5%.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de extração do P envolve a mobilização do elemento que se encontra na fase sólida do solo e o estabelecimento de um equilíbrio dinâmico entre o P que está na fase sólida e a solução extratora. As características químicas da solução extratora, bem como os procedimentos operacionais definidos em cada metodologia de extração e de determinação podem influenciar grandemente os resultados analíticos encontrados.

Na Tabela 3, são mostrados os resultados da análise de variância (ANOVA) para os efeitos dos principais fatores estudados, exceto o fator tipo de solo. Os resultados mostram que houve diferenças significativas entre os teores de P obtidos com a utilização de diferentes volumes das combinações de extrator e solo. Foi também encontrada diferença estatística para o efeito da filtração dos extratos, quando comparada com a decantação por 16 h.

**Tabela 3.** ANOVA – Análise de variância para os teores de P em função do volume solo-extrator e da condição em que os extratos foram obtidos

| Efeito          | SQ       | GL  | QM       | F        | p      |
|-----------------|----------|-----|----------|----------|--------|
| Intercepto      | 1308,730 | 1   | 1308,730 | 457,4367 | 0,0000 |
| Volume          | 126,171  | 2   | 63,086   | 22,0501  | 0,0000 |
| Condição        | 39,437   | 1   | 39,437   | 13,7843  | 0,0003 |
| Volume*Condição | 2,254    | 2   | 1,127    | 0,3939   | 0,6754 |
| Resíduo         | 291,823  | 102 | 2,861    |          |        |

Autor: Francisco Fadigas e Sandra Pinheiro (2025) Nota: Condição – filtrado ou decantado; Volume – combinações de volume de solo, volume de extrator e volume do Erlenmeyer.

Entre as diversas versões do método de extração com Mehlich-1, adaptadas a partir da proposição original, as quantidades de solução extratora e solo para fins de obtenção do extrato contendo o P do solo varia grandemente (Vettori, 1969; EMBRAPA-SNLCS, 1979; Silva, 2009; Meneghetti, 2018; Sá; Guedes, 2023; Santos et al., 2024). Todavia, este estudo mostra que nem todas as combinações de volume de extrator e solo mencionadas na literatura resultam em igual taxa de recuperação do P. Uma questão a ser considerada é a relação entre o volume total da mistura e o volume do frasco usado na agitação das amostras.

Segundo o *Manual de métodos de análise de solo* (EMBRAPA-SNLCS, 1979) e o *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes* (Silva, 2009) deve-se utilizar um volume de 10 mL de solo e 100 mL do extrator em Erlenmeyer de 125 mL, com agitação por 5 min. Todavia, os dados obtidos neste estudo mostram que esta combinação de volumes resulta em menores concentrações de P no extrato, subestimando o teor de P nas amostras de solo (Tabela 4). Uma possível explicação

para estes resultados é o fato de o espaço interno do Erlenmeyer de 125 mL estar, em sua maior parte (cerca de 80% do volume total), ocupado com a mistura solo-extrator, impedindo assim que haja o movimento orbital característico do líquido durante a agitação em mesa agitadora a 180 opm. Uma possível alternativa para contornar essa limitação seria utilizar 10 mL de TFSA em Erlenmeyer de 250 mL, com adição de 100 mL de solução extratora, conforme recomendado por Silva (2018). Todavia, neste estudo, tal tratamento não foi incluído, não havendo a possibilidade de avaliar se, de fato, esta alternativa seria tecnicamente viável.

**Tabela 4.** Comparação de médias do teor de P entre as combinações de volume de solo e extrator em função da filtração e decantação do extrato de solo

| Condição      | T1 (b) | T2 (a) | T3 (a) |
|---------------|--------|--------|--------|
| Filtrado (b)  | 1,5    | 3,6    | 3,5    |
| Decantado (a) | 2,4    | 4,8    | 5,1    |

Autor: Francisco Fadigas e Sandra Pinheiro (2025)

Nota 1: T1 = 10 mL de solo e 100 mL do extrator em Erlenmeyer de 125 mL; T2 = 5 mL de TFSA e 50 mL da solução Mehlich-1 em Erlenmeyer de 125 mL; T3 = 2,5 mL de TFSA e 25 mL da solução extratora em Erlenmeyer de 100 mL.

Nota 2: Letras minúsculas distintas dentro dos níveis do Fator 1 (Condição) e minúsculas em itálico distintas dentro dos níveis do Fator 2 (Volume) indicam diferenças significativas das médias de P pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

O uso da mistura contendo 10 mL de solo e 100 mL do extrator em Erlenmeyer de 125 mL (T1) resultou em menores teores de P nas amostras de solo estudadas, quando comparado às demais combinações de solo e extrator (5 mL de TFSA e 50 mL da solução Mehlich-1 em Erlenmeyer de 125 mL e 2,5 mL de TFSA e 25 mL da solução extratora em Erlenmeyer de 100 mL), tanto no extrato filtrado como no decantado (Tabela 4).

Os resultados da análise estatística, realizada com o teste de comparação de médias de Tukey, indicam que não houve diferenças significativas nos teores de P do solo entre as combinações de 5 mL de TFSA com 50 mL da solução Mehlich-1 em Erlenmeyer de 125 mL (T2) e 2,5 mL de TFSA com 25 mL da solução extratora em Erlenmeyer de 100 mL (T3). Acredita-se que, nesses tratamentos, a intensidade de agitação da mesa orbital e o volume interno livre no Erlenmeyer sejam suficientes para produzir o movimento rotatório da mistura no interior do frasco, resultando assim em teores similares de P no extrato e nos solos analisados em ambas as condições experimentais.

A Tabela 5 apresenta os resultados da análise de variância (ANOVA) para os efeitos dos fatores estudados, incluindo o fator tipo de solo. Os resultados indicaram diferenças significativas nos teores de P em função do tipo de solo, dos diferentes

volumes das combinações de extrator e solo e do efeito da filtração dos extratos quando comparados à decantação por 16 horas. Todas as interações entre os fatores apresentaram diferenças estatisticamente significativas, e foram consideradas no teste de comparação entre os teores médios de P.

**Tabela 5.** Análise de variância para os teores de P em função do tipo de solo, volume da mistura solo-extrator e do uso de filtração

| Efeito               | SQ       | GL | QM       | F        | p       |
|----------------------|----------|----|----------|----------|---------|
| Intercepto           | 1308,730 | 1  | 1308,730 | 5170,011 | 0,00000 |
| Solo                 | 203,438  | 5  | 40,688   | 160,732  | 0,00000 |
| Volume               | 126,171  | 2  | 63,086   | 249,214  | 0,00000 |
| Condição             | 39,437   | 1  | 39,437   | 155,792  | 0,00000 |
| Solo*Volume          | 27,664   | 10 | 2,766    | 10,928   | 0,00000 |
| Solo*Condição        | 32,521   | 5  | 6,504    | 25,694   | 0,00000 |
| Volume*Condição      | 2,254    | 2  | 1,127    | 4,452    | 0,01503 |
| Solo*Volume*Condição | 9,974    | 10 | 0,997    | 3,940    | 0,00026 |
| Resíduo              | 18,226   | 72 | 0,253    |          |         |

Autor: Francisco Fadigas e Sandra Pinheiro (2025)

Nota: Condição – filtrado ou decantado; Volume – combinações de volume de solo e extrator Mehlich-1 e volume do Erlenmeyer.

Embora alguns autores recomendem a filtração do extrato logo após a agitação, quando se pretende fazer a determinação do P e de outros elementos como K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu e Zn no mesmo extrato (Mylavapu; Miller, 2014; Virginia Cooperative Extension, 2019), neste estudo, os teores de P no solo foram significativamente menores quando a determinação foi efetuada nos extratos filtrados, em relação aos extratos obtidos por decantação, independentemente do volume de extrator e solo utilizado na etapa de extração (Tabela 6). Desse modo, pode-se concluir que o tempo de contato entre solo e extrator, durante a agitação das amostras (5 min), não é suficiente para que todo o P potencialmente extraível seja deslocado para a solução (extrato). Mesmo considerando a possibilidade de readsorção do P ao longo do tempo de decantação (Tiecher, 2015; Meurer, 2017), os teores de P após decantação foram, na maioria dos solos, superiores aos teores obtidos com extratos recém filtrados (Tabela 6).

**Tabela 6.** Comparação de médias dos teores de P nos solos considerando as combinações de volume em amostras filtradas e decantadas

| Solo  | T1         |            | T2        |           | T3         |            |
|-------|------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|
|       | Filtrado   | Decantado  | Filtrado  | Decantado | Filtrado   | Decantado  |
| CXve  | 1,8 ab b B | 2,6 b b A  | 4,2 a a A | 4,5 c a A | 4,5 ab a A | 5,0 c a A  |
| CXbd2 | 1,8 ab b B | 2,9 ab c A | 4,1 a a B | 5,8 b b A | 3,7 b a B  | 7,0 b a A  |
| PAdx  | 1,6 ab b B | 2,4 b b A  | 4,0 a a A | 4,3 c a A | 3,7 b a A  | 3,2 d b A  |
| PACdx | 1,1 ab b A | 1,8 bc b A | 2,6 b a B | 3,6 c a A | 2,4 c a B  | 4,0 cd a A |
| LADx2 | 2,2 a b B  | 3,8 a b A  | 4,9 a a B | 8,7 a a A | 5,3 a a B  | 9,6 a a A  |
| LAdx1 | 0,7 b a A  | 0,8 c a A  | 1,5 b a A | 1,7 d a A | 1,6 c a A  | 1,8 e b A  |

Autor: Francisco Fadigas e Sandra Pinheiro (2025)

Nota 1: Médias seguidas de letras minúsculas correspondem a comparação dos níveis do Fator 1 (Solo).

Nota 2: Médias seguidas de letras minúsculas em itálico correspondem a comparação dos níveis do Fator 2 (Volume).

Nota 3: Médias seguidas de letras maiúsculas correspondem a comparação dos níveis do Fator 3 (Filtração/Decantação).

Nota 4: Letras distintas, dentro de cada Fator, considerando os demais fatores fixos, indicam diferenças significativas das médias de P pelo teste de Tukey (p < 0,05).

## 4. CONCLUSÃO

Quando o interesse da análise for a determinação multielementar ou somente a do fósforo isoladamente, recomenda-se utilizar menores volumes de solo (5 ou 2,5 mL para cada 50 ou 25 mL do extrator).

O uso da filtração resulta em menores teores de fósforo no extrato, devendo-se avaliar previamente a conveniência em adotar essa prática.

## 5. REFERÊNCIAS

DONAGEMA, G. K. et al. (orgs). **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 132).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, RJ: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1)

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA-SNLCS, 1979.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes.pt**: Experimental Designs (Portuguese). R package version 1.2.0. 2011. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>. Acesso em: 20 jun. 2025.

MEHLICH, A. **Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH4 by North Carolina soil testing laboratories**. Raleigh: University of North Carolina, 1953.

MEHLICH, A. Mehlich 3 soil test extractant: a modification of Mehlich 2 extractant. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 15, p. 1409-1416, 1984.

MENEGHETTI, A. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise química de plantas, solo e fertilizantes**. Curitiba, PR: EDUTFPR, 2018. 252p.

MEURER, E. J. **Fundamentos de Química do Solo**. 6. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2017.

MYLAVARAPU, R.; MILLER, R. Mehlich-1. In: SIKORA, F. J.; MOORE, K. P. (eds.). **Soil test methods from the southeastern United States**. Virginia, USA: Southern Cooperative Series Bulletin, n. 419, 2014. p. 95-100.

RAPOSO, R. W. C. **Metodologias para análise química da fertilidade e salinidade do solo e água**. Areia, PB: UFPB, 2014. 66p.

SÁ, L. P.; GUEDES, J. N. **Manual de rotina**: um guia prático para análises de solos, água, tecido vegetal, biofertilizantes e corretivos. Montes Claros, MG: Editora do IFNMG, 2023. 67p.

SANTOS, M.; AMANCIO, M. P. S. R; FADIGAS, F. S.; COSTA; O. D. V.; HOHLENWERGER, M. A. P. B. Efeito da intensidade de agitação no processo de obtenção do extrato para a análise de fósforo no solo, com extrator Mehlich 1. In: **Reconcitec 2024**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas: UFRB, 2024. ISBN: 978-65-87743-95-0

SILVA, F. C. da. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.

SILVA, F. C. et al. **Manual de métodos de para avaliação da fertilidade do solo**. Rio de Janeiro RJ: EMBRAPA-CNPS, 1998. 56p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 3).

SILVA, S. B. **Análise de solos para ciências agrárias**. 2. ed. Belém, AM: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2018. 167p.

TEDESCO J. M. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

THOMPSON, M.; ELLISON, S. L. R.; WOOD, R. Harmonized guidelines for single laboratory validation of methods of analysis (IUPAC Technical Report). **Pure Appl. Chem.**, v. 74, n. 5, p. 835–855, 2002.

TIECHER, T. **A química antes da química do solo**. Porto Alegre, RS: URI – Frederico Westph, 2015. [recurso eletrônico].

VETTORI, L. **Métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro, RJ: Ministério da Agricultura, 1969. 34p. (Boletim Técnico n. 7).

VIRGINIA COOPERATIVE EXTENSION. **Virginia Tech Soil Testing Laboratory**. Virginia State University, 2019. Disponível em <http://www.ext.vt.edu>. Acesso em: 04 abr. 2025.