

ARTIGO ORIGINAL

Bruno Teixeira Ribeiro^{1*}
Bárbara Rodrigues Junqueira¹
Gabrielly Isaac Rodrigues¹

¹Universidade Federal de Uberlândia – UFU,
Instituto de Ciências Agrárias, Av. Amazonas, s/n,
Bloco 2E, Sala 122, Bairro Umuarama, 38400-
902, Uberlândia, MG, Brasil

Autor Correspondente:
*E-mail: brteixeira@iciag.ufu.br

PALAVRAS-CHAVE

Fertilidade do solo
Ultrassom
Métodos de extração

KEYWORDS

Soil fertility
Ultrasound
Extraction methods

Extração de fósforo disponível em um Latossolo assistida por irradiação ultrassônica

Ultrasound-assisted extraction of available P from a Latosol

RESUMO: Um dos maiores desafios na fertilidade do solo é a mensuração da real disponibilidade de um determinado nutriente às plantas. Por esse motivo, vários métodos têm sido propostos, envolvendo extratores químicos e formas de agitação. Com este trabalho, objetivou-se obter uma curva de extração de fósforo em solução Mehlich-1 assistida por energia ultrassônica, avaliar se a intensidade da cavitação exerce influência na extração de P e comparar com a extração convencional. Amostras da camada superficial (0-20 cm) de um Latossolo Vermelho Distrófico foram previamente incubadas (30 dias) com diferentes doses de P: 0 (controle), 20, 40, 80 e 160 mg kg⁻¹. Depois do período de incubação, procedeu-se a extração ultrassônica em solução Mehlich-1. Como referência, realizou-se também a extração convencional pelo mesmo extrator. A extração ultrassônica de P em solução Mehlich-1 aumentou linearmente com a dose de P aplicada, não havendo indicativos de uma readsorção de P durante a sonificação. Foi obtida uma correlação significativa entre a extração ultrassônica e a agitação convencional, ambas em solução Mehlich-1. A intensidade da cavitação, produzindo a mesma quantidade de energia total aplicada, não influenciou a extração de P.

ABSTRACT: *One of the greatest challenges in soil fertility is the measurement of real availability of nutrients to plants. For this reason, several methods involving chemical extraction and shaking conditions have been proposed. This work aimed to obtain a phosphorus-extraction curve in Mehlich-1 solution, assisted by ultrasonic energy, to verify the effect of cavitation intensity on P extraction and compare it to the traditional extraction method. Topsoil samples (0-20 cm layer) from a dystrophic Red Latosol were previously incubated for 30 days at different P concentrations: 0 (control), 20, 40, 80, and 160 mg kg⁻¹. After the incubation period, ultrasonic extraction was performed in Mehlich-1 solution. As a reference, the conventional P extraction was also realized. The ultrasonic extraction of P in Mehlich-1 solution increased linearly with the P dose added. Re-adsorption of P does not seem to occur during sonication. A good correlation between P extracted by ultrasound and by the conventional method was verified; both in Mehlich-1 solution. Cavitation intensity (for the same total energy) did not influence P extraction by ultrasound.*

1 Introdução

O fósforo (P) é considerado um nutriente-chave no manejo da fertilidade dos solos tropicais (e.g., Latossolos) (Lopes et al., 2012). Isso se deve à sua deficiência natural em alguns casos associada à exigência pelas plantas (Dechen; Nachtigall, 2006). Além disso, a adsorção específica do ânion fosfato em solos torna o P pouco disponível às plantas e, conseqüentemente, exige adubações pesadas para um adequado suprimento desse nutriente (Novais et al., 2007; Eberhardt et al., 2008). O P em solos pode estar presente em diferentes formas: P-lábil; P-orgânico; P-adsorvido aos óxidos de ferro e alumínio; P-precipitado; e o P solúvel ou em solução (Carneiro et al., 2011; Tokura et al., 2011).

No manejo da fertilidade do solo, um dos maiores desafios é a mensuração da real disponibilidade de um determinado nutriente (Novais et al., 2007). Por esse motivo, várias metodologias para extração de nutrientes em solos têm sido propostas, envolvendo a extração química e formas de agitação (Palácio et al., 2000; Fuhrman et al., 2005; Soares et al., 2012).

Uma boa metodologia extratora seria aquela que melhor se correlacionasse com a energia realizada pelas raízes das plantas para a absorção de um determinado nutriente. Entretanto, isto é bastante complexo, sendo influenciado por vários atributos químicos, físicos e mineralógicos do solo (Bortolon; Gianello, 2008; Viégas et al., 2010).

Vários extratores têm sido propostos na avaliação de P em solos, como: Mehlich-1 (Mehlich, 1953); Mehlich-3 (Mehlich, 1984); Bray-1 (Bray; Kurtz, 1945); resina de troca aniônica (van Raij et al., 1986); entre outros (Novais et al., 2007). Dependendo do tipo de solo e manejo, resultados diferentes são obtidos entre a quantidade extraída (“disponível”) e a quantidade realmente absorvida por uma determinada planta (Silva et al., 1999). No Brasil, a forma mais utilizada para extração de P “disponível” é a agitação orbital em *erlenmeyer* de uma suspensão solo:solução Mehlich-1 (H_2SO_4 0,0125 mol L⁻¹ + HCl 0,05 mol L⁻¹) por 5 min seguida de descanso por 16 h. Trata-se de um procedimento de fácil execução, baixo custo e apresentando extratos límpidos sem a necessidade de filtragem (Silva et al., 1999; Santos et al., 2008).

A utilização de ultrassom na extração de elementos em solos baseia-se no fenômeno da cavitação (Rondano; Pasquali, 2008). A cavitação consiste na formação de bolhas de ar em um líquido devido à variação de pressão causada pela propagação de ondas sonoras. Esse fenômeno ocorre em três fases: i) nucleação (formação de bolhas de ar próximo a superfícies irregulares); ii) crescimento das bolhas; iii) implosão das bolhas. No interior das bolhas, a temperatura pode atingir 5000 °C e uma pressão de 2.000 atm (Pilli et al., 2011). Rondano e Pasquali (2008) verificaram a possibilidade de redução da relação solo:solução e do tempo de agitação quando a extração foi assistida por ultrassom.

O emprego da energia ultrassônica é uma técnica bastante incipiente na extração de elementos em solos, principalmente no Brasil. Baseado na hipótese de que a energia ultrassônica pode ser uma eficiente forma de agitação e ataque às partículas do solo para extração de P, conduziu-se este trabalho com os seguintes objetivos: i) avaliar se a intensidade da cavitação exerce influência na extração de P; ii) obter uma curva de extração de P de um Latossolo, incubado com diferentes doses de P, em solução Mehlich-1 assistida por energia ultrassônica; iii) comparar a extração ultrassônica proposta com a extração convencional de P (EMBRAPA, 2011).

2 Material e Métodos

Foi utilizada amostra da camada superficial (0-20 cm) de um Latossolo Vermelho distrófico, localizado em Uberlândia, MG, sob vegetação nativa de cerrado. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm. Em uma subamostra desse material, realizou-se a caracterização física e química: textura pelo método da pipeta com uso de dispersante químico NaOH 1 mol L⁻¹ e agitador tipo Wagner (Day, 1965); densidade de partículas pelo método do balão volumétrico (Blake; Hartge, 1986); matéria orgânica pelo método da oxidação a CO₂ por íons dicromato seguido de titulação (Embrapa, 2011); teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ por espectrofotometria de absorção atômica e Al³⁺ por titulação com NaOH, após extração em KCl 1 mol L⁻¹ (Embrapa, 2011); K⁺ por fotometria de chama e Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica, após extração em solução Mehlich-1; B por espectrofotometria, após solubilização em solução de cloreto de bário a quente (Embrapa, 2011). Determinaram-se também os teores de SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃ e P₂O₅ após ataque sulfúrico (Embrapa, 2011). Na tabela 1 são apresentados os resultados da caracterização do solo utilizado no estudo.

Tabela 1. Alguns atributos do Latossolo Vermelho Distrófico selecionado para o estudo.

Table 1. Some attributes of the Dystrophic Red Latosol selected for this study.

| Atributo | Valor |
|------------------------------------------------------------------------|-------|
| Argila (g kg ⁻¹) | 380 |
| Silte (g kg ⁻¹) | 45 |
| Areia (g kg ⁻¹) | 575 |
| Dp (g cm ⁻³) | 2,53 |
| pH | 4,8 |
| K ⁺ (mg dm ⁻³) | 11 |
| Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) | 0,3 |
| Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) | 0,1 |
| Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³) | 0,4 |
| H ⁺ +Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³) | 1,3 |
| MO (g kg ⁻¹) | 10,0 |
| SB (cmol _c dm ⁻³) | 0,43 |
| T (cmol _c dm ⁻³) | 1,73 |
| t (cmol _c dm ⁻³) | 0,83 |
| V (%) | 25 |
| m (%) | 48 |
| B (mg dm ⁻³) | 0,03 |
| Cu (mg dm ⁻³) | 0,1 |
| Fe (mg dm ⁻³) | 3 |
| Mn (mg dm ⁻³) | 1,7 |
| Zn (mg dm ⁻³) | 0,0 |
| SiO ₂ ^{1/} (g kg ⁻¹) | 8,8 |
| Al ₂ O ₃ ^{1/} (g kg ⁻¹) | 77 |
| Fe ₂ O ₃ ^{1/} (g kg ⁻¹) | 55 |
| P ₂ O ₅ ^{1/} (g kg ⁻¹) | 0,1 |

Dp: densidade de partículas; pH em água (relação solo:água 1:2,5); MO: matéria orgânica; SB: soma de bases (Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺); T: capacidade de troca de cátions potencial (SB + H⁺+Al³⁺); t: capacidade de troca de cátions efetiva (SB + Al³⁺); V: saturação por bases; m: saturação por alumínio.
^{1/} Óxidos após ataque sulfúrico.

Em potes plásticos com capacidade para 250 mL, foram acondicionados 200 g de solo a uma densidade de aproximadamente $1,0 \text{ g cm}^{-3}$, incubado com as seguintes doses de fósforo (mg kg^{-1}), em triplicata: 0 (controle), 20, 40, 80 e 160. A fonte de P utilizada foi fosfato monopotássico (KH_2PO_4). As amostras permaneceram incubadas por 30 dias com umidade correspondente à capacidade de campo ($0,25 \text{ g g}^{-1}$), repondo-se a cada dois dias a água perdida por evaporação mediante pesagem. Depois do período de incubação, as amostras foram novamente secas ao ar e armazenadas para posterior determinação do P extraído em solução Mehlich-1 ($0,0125 \text{ mol L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4 + 0,05 \text{ mol L}^{-1} \text{ HCl}$) com uso de energia ultrassônica.

Uma subamostra de 10 g de solo foi colocada em *becker* com capacidade para 250 mL, adicionando-se 100 mL de solução extratora Mehlich-1 (relação solo:solução extratora 1:10). A suspensão solo:solução foi sonificada utilizando-se um equipamento de ultrassom tipo haste da marca QSonica®. A haste do equipamento (19 mm de diâmetro) foi inserida a uma profundidade de 2,5 cm na suspensão. Foram realizados dois procedimentos de sonificação: i) potência da haste regulada para 30 W durante 280 s; ii) potência da haste de 70 W durante 120 s. Nas duas condições, o nível total de energia aplicado foi o mesmo (8.400 J), uma vez que energia (J) = potência (W).tempo (s). Durante a sonificação, o *becker* contendo a suspensão foi mantido em banho de gelo para evitar que a temperatura excedesse $40 \text{ }^\circ\text{C}$, o que causa uma redução da intensidade da cavitação. Para avaliar o efeito apenas da cavitação na extração de P, realizou-se também a extração em água destilada na mesma relação solo:solução.

Para comparação dos resultados obtidos de P-Mehlich-1 extraído com uso de energia ultrassônica, realizou-se também a extração convencional (Embrapa, 2011). Para isso, em *erlenmeyers* com capacidade para 125 mL contendo 10 g de solo foram adicionados 100 mL de solução de Mehlich-1. Os *erlenmeyers* foram agitados por 5 min em mesa agitadora tipo orbital a uma rotação de 150 rpm, permanecendo, logo em seguida, por 16 h em descanso.

Todos os extratos obtidos foram centrifugados (500 g por 10 min), obtendo-se o sobrenadante para posterior determinação do fósforo, sendo esta realizada pelo método colorimétrico em solução ácida de molibdato de amônio (Embrapa, 2011).

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, relacionando a quantidade de P adicionada com aquela extraída pelo ultrassom e pelo método convencional. Posteriormente, estabeleceu-se uma correlação linear entre a extração ultrassônica e convencional.

3 Resultados e Discussão

O teor de P extraído em solução Mehlich-1, com agitação ultrassônica (Figura 1a e 1b) ou convencional (Figura 1e), aumentou linearmente com a dose de P aplicada. Quando uma amostra de solo é submetida à irradiação ultrassônica ocorre a dispersão das partículas primárias do solo (areia, silte e argila) (Ribeiro et al., 2013). A amostra uma vez dispersa tem aumentada a sua área superficial específica. No caso

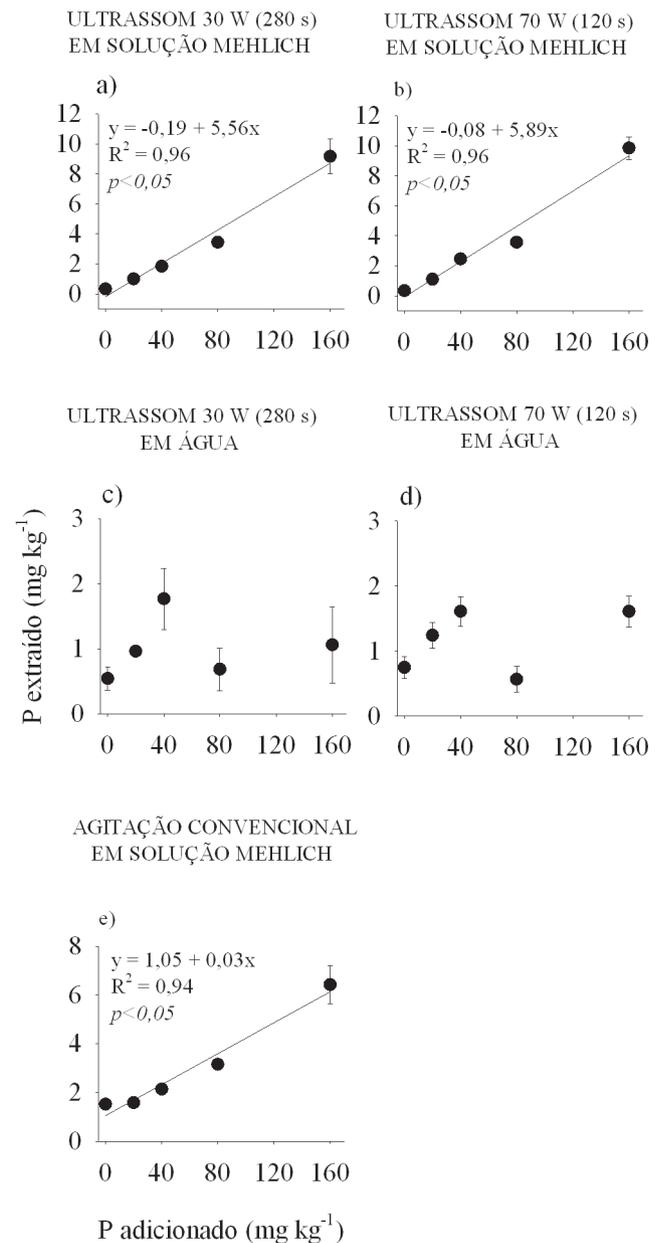


Figura 1. Extração de P de um Latossolo Vermelho Distrófico assistida por ultrassom e pelo método convencional. a) extração em solução Mehlich-1 com irradiação ultrassônica durante 280 s a uma potência de 30 W; b) extração em solução Mehlich-1 com irradiação ultrassônica durante 120 s a uma potência de 70 W; c) extração em água com irradiação ultrassônica durante 280 s a uma potência de 30 W; d) extração em solução Mehlich-1 com irradiação ultrassônica durante 120 s a uma potência de 70 W; e) extração em solução Mehlich-1 com agitação convencional (EMBRAPA, 2011).

Figure 1. Extraction of P in a Dystrophic Red Latosol assisted by the ultrasound and conventional methods: a) extraction with Mehlich-1 solution by ultrasound irradiation for 280 s at 30 W; b) extraction with Mehlich-1 solution by ultrasound irradiation for 120 s to at 70 W; c) extraction with water by ultrasound irradiation for 280 s at 30 W; d) extraction with Mehlich-1 solution by ultrasound irradiation for 120 s at 70 W; e) extraction with Mehlich-1 solution by conventional shaking (Embrapa, 2009).

do P, essa dispersão da argila durante a sonificação poderia causar uma readsorção pela fase sólida durante a sonificação. Entretanto, isso não foi observado neste trabalho. Rondano e Pasquali (2008) realizaram a extração de P em solução de NaHCO_3 $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ (método de Olsen) em um equipamento de ultrassom do tipo banho emitindo uma potência de 300 W durante 5, 8, 10, 12 e 15 min. Os autores encontraram que a quantidade de P extraído aumentou até o tempo de 10 min, diminuindo logo em seguida. Esses resultados apontam para a possibilidade de ocorrência de uma readsorção do P pela fase sólida do solo.

Quando foi realizada a agitação ultrassônica em água, nas duas condições de potência *versus* tempo (Figura 1c e 1d), o teor de P extraído aumentou até a dose de 40 mg kg^{-1} de P. Depois dessa dose, o teor de P extraído diminuiu, voltando a aumentar com a maior dose. Esse resultado remete à possibilidade de a capacidade de extração ultrassônica de P ser influenciada pela concentração do elemento na solução (solo:água). Mesmo o fenômeno da cavitação tendo efeito na extração de P quando realizada em água, um mesmo padrão de recuperação do P não foi obtido quando comparado à extração em solução Mehlich-1.

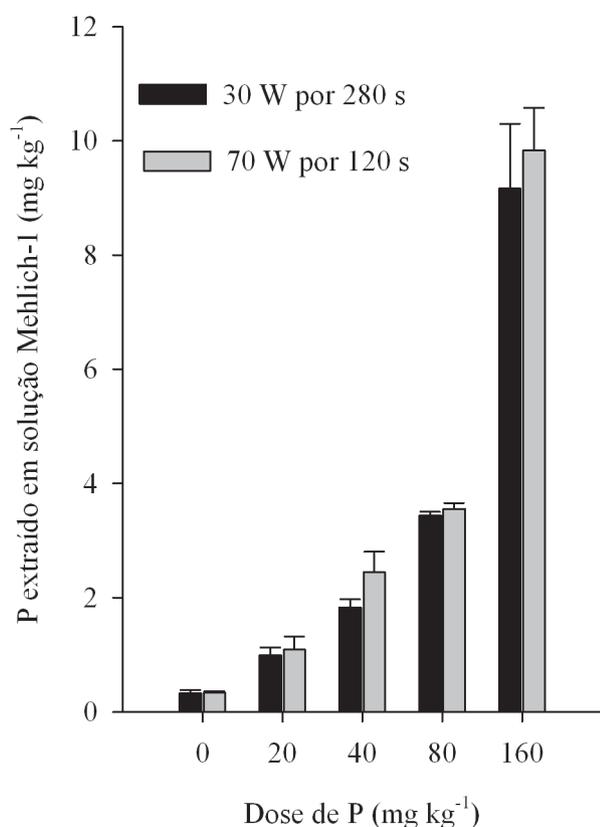


Figura 2. Comparação entre as duas formas de sonificação empregadas (30 W por 280 s ou 70 W por 120 s) sobre a quantidade de P extraído em solução Mehlich-1 em cada dose de P aplicada. Barras de erro correspondem ao desvio padrão da média ($n=3$).

Figure 2. Comparison between the two forms of sonication (30 W for 280 s or 70 W for 120 s) employed on the amount of P extracted with Mehlich-1 solution for each P rate applied. Error bars correspond to the standard error of the mean (SEM) ($n = 3$).

As duas condições de sonificação utilizadas, mesmo valor de energia total e variando a intensidade da cavitação (maior ou menor potência e maior ou menor tempo), não diferiram em todas as doses de P adicionadas (Figura 2). Esse resultado testa a possibilidade de que a maior ou menor dispersão do solo durante a sonificação possa interferir na extração do P por cavitação, pelo aumento da superfície de contato da amostra de solo.

A partir dos resultados apresentados na Figura 1, estabeleceu-se uma correlação entre o P Mehlich-1 extraído da forma convencional e com uso de energia ultrassônica, obtendo-se um bom ajuste para o modelo de regressão linear (Figura 3a e 3b). Quando a agitação ultrassônica foi realizada em água, não foi observada uma correlação significativa (Figura 3c e 3d). Analisando-se as Figuras 3a e 3b, uma mesma quantidade de P extraído em solução Mehlich-1 pelo método convencional pode ser obtida quando do uso do equipamento de ultrassom.

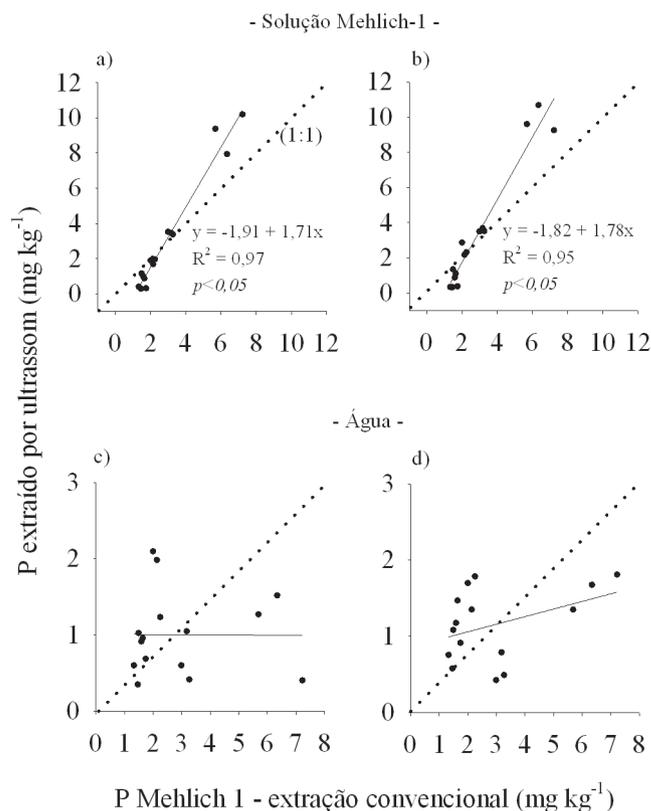


Figura 3. Correlação entre o P extraído em solução Mehlich-1 com agitação convencional e com uso de energia ultrassônica. a) extração ultrassônica em solução Mehlich-1 durante 280 s a uma potência de 30 W; b) extração ultrassônica em solução Mehlich-1 durante 120 s a uma potência de 70 W; c) extração ultrassônica em água durante 280 s a uma potência de 30 W; d) extração ultrassônica em água durante 120 s a uma potência de 70W.

Figure 3. Correlation between P extracted with Mehlich-1 solution by the conventional shaking and ultrasound methods. a) ultrasound extraction with Mehlich-1 solution for 280 s at 30W; b) ultrasound extraction with Mehlich-1 solution for 120 s at 70W; c) ultrasound extraction with water for 280 s at 30W; d) ultrasound extraction with water for 120 s at 70W.

A possibilidade de redução do tempo de extração quando do uso da energia ultrassônica foi observada por Rondano e Pasquali (2008). Salienta-se aqui que a extração foi realizada em uma amostra de solo tratada com doses de P na forma de KH_2PO_4 após um período de 30 dias de incubação em condições laboratoriais. A energia de retenção de P em solos altera com o tempo de contato e, também, com as formas de P presentes. O extrator Mehlich-1 é o mais utilizado nos laboratórios de solos brasileiros, muito embora possua suas limitações em função de condições específicas de solo (Novais et al., 2007). Nesse sentido, a relação obtida entre extração ultrassônica e convencional deverá ser confirmada em diferentes condições para melhor validação. Rondano e Pasquali (2008) encontraram uma boa correlação entre o P extraído pelo método de Olsen (agitação convencional) e com uso de energia ultrassônica para trinta e cinco amostras da camada superficial (0-20 cm) de solos cultivados na Argentina.

4 Conclusões

A intensidade da cavitação, produzindo a mesma quantidade de energia total aplicada, não influenciou a extração de P. A extração ultrassônica de P em solução Mehlich-1 aumentou linearmente com a dose de P aplicada, não havendo indicativos de uma readsorção de P durante a sonificação. Foi obtida uma boa correlação entre a extração ultrassônica e a agitação convencional, ambas em solução Mehlich-1.

Referências

- BORTOLON, L.; GIANELLO, C. Interpretação de resultados analíticos de fósforo pelos extratores Mehlich-1 e Mehlich-3 em solos do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, v. 32, p. 2751-2756, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000700019>
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.) *Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods*. 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 363-375.
- BRAY, R. H.; KURTZ, L. T. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*, v. 59, n. 1, p. 39-45, 1945. <http://dx.doi.org/10.1097/00010694-194501000-00006>
- CARNEIRO, L. F.; RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; SANTOS, J. Z. L.; CURTI, N.; REIS, T. H. P.; VALLE, L. A. R. Frações de fósforo no solo em resposta à adubação fosfatada em um Latossolo com diferentes históricos de uso. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, v. 35, n. 2, p. 483-491, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000200017>
- DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C. A. (Ed.) *Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties including statistics of measurement and sampling*. Part 1. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p. 545-567.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos essenciais e benéficos às plantas superiores. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa: SBCS, 2006. 432 p.
- EBERHARDT, D. N.; VENDRAME, P. R. S.; BECQUER, T.; GUIMARÃES, M. F. Influência da granulometria e da mineralogia sobre a retenção do fósforo em Latossolos sob pastagem de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 3, p. 1009-1016, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000300010>
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Manual de métodos de análises de solos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
- FUHRMAN, J. K.; ZHANG, H.; SCHRODER, J. L.; DAVIS, R. L.; PAYTON, M. E. Water-soluble phosphorus as affected by soil to extractant ratios, extraction times, and electrolyte. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 36, n. 7-8, p. 925-935, 2005. <http://dx.doi.org/10.1081/CSS-200049482>
- LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; RAMOS, S. J. The saga of agricultural development of the Brazilian Cerrado. *International Potash Institute*, v. 32, p. 29-56, 2012.
- MEHLICH, A. *Determination of P, Ca, Mg, Na and NH₄*. North Carolina: Department of Agriculture, 1953.
- MEHLICH, A. Mehlich-3 soil test extractant: a modification of Mehlich-2 extractant. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, v. 15, p. 1409-1416, 1984. <http://dx.doi.org/10.1080/00103628409367568>
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.) *Fertilidade do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.
- PALÁCIO, S. M.; LUCHESE, E. B.; LENZI, E. Comparação dos extratores Mehlich-1 e Bray-1 com coletor a base de óxido de ferro na avaliação do fósforo no solo. *Acta Scientiarum*, v. 22, n. 5, p. 1151-1156, 2000.
- PILLI, S.; BHUNIA, P.; YAN, S.; LEBLANC, R. J.; TYAGI, R. D.; SURAMPALLI, R. Y. Ultrasonic pretreatment of sludge: a review. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 18, p. 1-18, 2011. PMID:20471901. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.02.014>
- RIBEIRO, B. T.; LIMA, J. M.; CURTI, N.; OLIVEIRA, G. C. Aggregate breakdown and dispersion of soil samples amended with sugarcane vinasse. *Scientia Agricola*, v. 70, n. 6, p. 435-441, 2013.
- RONDANO, K.; PASQUALI, C. E. L. Ultrasound method for extraction of phosphorus in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analyses*, v. 39, n. 15-16, p. 2421-2430, 2008. <http://dx.doi.org/10.1080/00103620802292756>
- SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema de plantio direto. *Ciência Rural*, v. 38, n. 2, p. 576-586, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782008000200049>

SILVA, W. M.; FABRICIO, A. C.; MARCHETTI, M. E.; KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; HERNANI, L. C. Eficiência de extratores de fósforo em dois Latossolos do Mato Grosso do Sul. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 34, n. 12, p. 2277-2285, 1999. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X1999001200015>

SOARES, R.; ESCALEIRA, V.; CAMPOS, D. V. B.; MONTEIRO, M. I. C.; CARNEIRO, M. C.; SANTELLI, R. E.; BERNARDI, A. C. C. Comparação de métodos convencional e alternativo para determinação de sódio, potássio e fósforo em extratos de solos obtidos com solução de Mehlich-1. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, n. 1, p. 105-112, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000100012>

TOKURA, A. M.; FURTINI NETO, A. E.; CARNEIRO, L. F.; CURI, N.; SANTOS, J. Z. L.; ALOVISI, A. A. Dinâmica das formas de

fósforo em solos de textura e mineralogia contrastantes cultivados com arroz. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 33, n. 1, p. 171-179, 2011. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v33i1.1435>

VAN RAIJ, B.; QUAGGIO, J. A.; SILVA, N. M. Extraction of phosphorus, potassium, calcium and magnesium from soils by an ion-exchange resin procedure. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, v. 17, n. 5, p. 547-566, 1986. <http://dx.doi.org/10.1080/00103628609367733>

VIÉGAS, R. A.; NOVAIS, R. F.; SCHULTHAIS, F. Availability of a soluble phosphorus source applied to soil samples with different acidity levels. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n. 4, p. 1125-1136, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832010000400012>

Contribuição dos autores: Bruno Teixeira Ribeiro: Mentor do trabalho; Orientação e condução dos trabalhos em laboratório; revisão bibliográfica; estatística; apresentação gráfica dos resultados; redação do trabalho.

Bárbara Rodrigues Junqueira: Condução dos ensaios em laboratório; revisão bibliográfica. Gabrielly Isaac Rodrigues: Revisão bibliográfica e redação do trabalho.

Agradecimentos: À Pró-Reitoria de Graduação (PROGRAD) e Pró-Reitoria de Planejamento e Administração (PROPLAD) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) pela aquisição do sonificador por meio do Edital “Melhoria do Ensino da Graduação – 2012”.

Fonte de financiamento: CNPq e FAPEMIG (Processo 04520-2010).

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.