

**Distribuição vertical de fósforo no solo proveniente do superfosfato triplo**  
**Vertical distribution of the soil phosphorus from the triple superphosphate**  
**Distribución vertical de fósforo del suelo del superfosfato triple**

Recebido: 29/09/2020 | Revisado: 05/10/2020 | Aceito: 09/10/2020 | Publicado: 10/10/2020

**Ana Carolina Marinho Rossi**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3580-8651>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: [acmrossi@outlook.com](mailto:acmrossi@outlook.com)

**Daniel Makoto Kusano**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7334-5198>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: [daniel\\_kusano@hotmail.com](mailto:daniel_kusano@hotmail.com)

**Fernando de Souza Lopes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2405-6098>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: [fslfernando98@gmail.com](mailto:fslfernando98@gmail.com)

**Marcos Antonio Camacho da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4764-9897>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: [camacho@uems.br](mailto:camacho@uems.br)

**Resumo**

O objetivo do presente trabalho foi estimar a taxa de movimentação vertical do fósforo proveniente do superfosfato triplo para solos de texturas arenosa, média e argilosa. O trabalho foi conduzido em vasos, irrigados diariamente com água destilada, dos quais 10 vasos foram preenchidos com solo de textura arenosa (Neossolo Quartzarênico), 10 com o de textura média (Latosolo Vermelho Distrófico) e 10 com o de textura argilosa (Argissolo Vermelho), em que, para cada grupo de dez vasos, 5 foram adubados com superfosfato triplo e 5 foram utilizados para controle (sem adubação). Estes vasos foram montados com canos de PVC de 150 mm, cortados a uma altura de 2 cm cada anel, cada vaso era composto de 10 anéis colados por fita adesiva. Para as análises foram utilizadas 300 amostras retiradas do centro de

cada anel, que foram secas, cachimbadas e submetidas à análise de P pelo método Melich-1. O solo que teve melhor resposta à adubação foi o argiloso, enquanto que o arenoso e o de textura média mostraram pouca mobilidade do fósforo e, conseqüentemente, sua maior retenção nas camadas mais superficiais.

**Palavras-chave:** Movimentação de P; Textura do solo; Fertilidade do solo; Adubação fosfatada.

### **Abstract**

The objective of the present work was to estimate the rate of vertical movement of triple superphosphate to soils with sandy texture, medium texture and clay texture. The work was conducted in pots, irrigated daily with distilled water, of which 10 pots were filled with soil of sandy texture (Quartzarenic Neosol), 10 with medium texture ( ) and 10 with clay texture (Red Argissolo), in which, for each group of ten vessels, 5 were fertilized with triple superphosphate and 5 were used for control (without fertilizer deposition). These vessels were mounted with 150 mm pvc pipes, cut to a height of 2 cm each ring, each vessel was composed of 10 rings glued by adhesive tape. For the analyzes, 300 samples were taken from the center of each ring, dried, piped and subjected to P analysis by the Melich-1 method. The soil that had the best response to the fertilization was the clay one, while the sandy and the medium texture showed little mobility of the phosphorus and, consequently, its greater retention in the more superficial layers.

**Keywords:** P movimentation; Soil texture; Soil fertility; Phosphate fertilization.

### **Resumen**

El objetivo del presente trabajo fue estimar la tasa de movimiento vertical del superfosfato triple para suelos de textura arenosa, media y arcillosa. El trabajo se realizó en macetas, regadas diariamente con agua destilada, de las cuales 10 macetas se llenaron con suelo de textura arenosa (Quartzene Neosol), 10 con textura media (Latosol rojo distrófico) y 10 con textura arcillosa (Argisol rojo), en la cual, para cada grupo de diez macetas, 5 fueron fertilizadas con superfosfato triple y 5 se utilizaron como control (sin deposición de fertilizante). Estos jarrones se ensamblaron con tubos de PVC de 150 mm, cortados a una altura de 2 cm cada anillo, cada jarrón estaba compuesto por 10 anillos pegados con cinta adhesiva. Para el análisis se utilizaron 300 muestras tomadas del centro de cada anillo, las cuales fueron secadas, canalizadas y sometidas a análisis de P por el método Melich-1. El suelo que presentó mejor respuesta a la fertilización fue el arcillosos, mientras que los arenoso

y de textura media mostraron poca movilidad del fósforo y, en consecuencia, su mayor retención en las capas más superficiales.

**Palabras clave:** Movimiento de P; Textura del suelo; Fertilidad del suelo; Fertilización con fosfato.

## 1. Introdução

O Brasil é um grande detentor de fosfatos naturais, uma vez que possui uma das maiores jazidas de fosfato da América Latina localizada na região do Triângulo Mineiro e no estado de Goiás. Esses fosfatos naturais, são de excelente qualidade para produção de formas mais solúveis de fósforo, tal como, o superfosfato triplo, um adubo utilizado como fonte de fósforo, com garantia mínima de 41% de  $P_2O_5$  e 4 a 12% de Cálcio (Ca), que ao ser aplicado sobre o solo libera ácido fosfórico e fosfato bicálcico, resultantes de uma reação de hidrólise. O ácido fosfórico reage com o pH natural do solo liberando íons  $H^+$ , de maneira que a região ao redor do grânulo do adubo fique ácida e promova solubilização do Fe e Al, que constituem os óxidos (Korndörfer, 2003).

Os óxidos de Fe e de Al, constituintes da fração argila do solo, são os agentes mais efetivos na adsorção de P. A ocorrência de minerais constituídos por esses óxidos aumenta a energia de ligação entre o P e a fração adsorvente. Nos solos do Brasil Central, o principal constituinte do solo causador da adsorção de fósforo é o mineral de óxido de ferro denominado goethita (Resende et al., 2005).

A dinâmica do P no solo está diretamente relacionada com a sua textura, em solos de textura arenosa a dose de P a ser aplicada pode ser menor devido aos atributos físicos característicos deste tipo de solo, como a maior macroporosidade e o baixo teor de argila. A concentração de argila e o tipo de argila também devem ser considerados, pois a Capacidade Máxima de Adsorção de Fósforo (CMAP) varia conforme o tipo de argilomineral presente no solo (Oliveira et al., 2014).

Em relação à disponibilidade para as plantas, o fósforo total do solo é encontrado nas formas lábil, que é adsorvido pelas argilas e sesquióxidos, e não lábil, este resultante de uma reação com o ferro e o alumínio do solo, que forma compostos insolúveis. A porção lábil é aquela que pode ser assimilada pelo vegetal por encontrar-se solubilizada no solo, esse P lábil vai repondo na solução do solo o fósforo que a planta precisa absorver durante seu ciclo vegetativo (Brait, 2008).

A baixa assimilação do fósforo é decorrente de suas reações de fixação e liberação,

dependentes, principalmente, do nível de acidez do solo. Contudo, reações de fixação são reversíveis, tornando possível a transformação do P insolubilizado em P lábil à determinadas condições (Padilha, 2005).

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro (IBGE, 2004), cujos solos, em sua grande maioria, são ácidos, bastante intemperizados e possuem elevados teores de alumínio ( $Al^{3+}$ ), sendo que a maior disponibilidade do fósforo no solo ocorre numa faixa de pH entre 5,0 e 6,0 (Pinto, 2012).

Nos solos do bioma Cerrado o processo de adsorção de P ocorre de maneira mais intensa, devido ao elevado desenvolvimento pedogenético desses solos, que tendem a apresentar maior quantidade de constituintes com cargas elétricas superficiais variáveis. Óxidos de Fe e Al conferem superfície com carga elétrica variável aos colóides do solo, formando complexos de esfera interna e ocasionando efeito de adsorção específica, em que ocorre a perda da molécula de água entre íon e partícula, estabelecimento de ligações covalentes e consequente diminuição da mobilidade do íon adsorvido (Weber et al., 2005).

Devido à característica dos solos tropicais de retenção do P, o manejo destes solos é predominantemente marcado pela aplicação de maiores teores de fertilizantes fosfatados, necessário para manter bons níveis de produção agrícola (Rolim Neto et al., 2004).

No geral, o fósforo tem pouquíssima movimentação vertical no solo e permanece onde é colocado pela intemperização dos minerais ou pela adubação, de forma a ficar retido nas camadas mais superficiais do solo (Sousa & Lobato, 2004; Novais et al., 2007).

As condições de umidade do solo interferem significativamente na movimentação do fósforo no solo, uma vez que esta é dada por difusão e caracterizada por ser um processo lento e pouco amplo. Em condições de seca prolongada, praticamente não há difusão. (Malavolta, 1980; Araújo & Machado, 2006; Brait, 2008).

A lentidão característica do processo de difusão pelo qual o P move-se no solo, limita a absorção desse nutriente pela planta, como resposta às baixas concentrações de p no solo, a maioria das plantas tendem a adaptar-se aumentando comprimento radicular, desenvolvendo raízes laterais e pelos radiculares. Há ainda, plantas que se associam a fungos benéficos de solo, a exemplo das micorrizas, que aumentam a disponibilidade e melhoram absorção de P pela planta (Grant et al., 2001).

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi determinar a taxa de movimentação vertical do fósforo do solo proveniente do superfosfato triplo para solos de texturas arenosa, média e argilosa, com e sem aplicação do adubo fosfatado, realizado em casa de vegetação.

## 2. Metodologia

O trabalho foi realizado na Unidade Universitária de Aquidauana da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (174 m de altitude, 55° 40' W e 20° 27' S), no Laboratório de Nutrição de Plantas (LNP) em casa de vegetação, sob condições controladas. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, é Aw, definido como clima tropical úmido.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, dispostos em um esquema fatorial 3x2x10, sendo testados os seguintes fatores: três solos distintos (texturas arenosa, média e argilosa), com e sem aplicação de superfosfato triplo e 10 anéis de PVC com altura de 2 cm que, unidos por fita adesiva, formaram vasos preenchidos de solo. Os vasos foram utilizados para simulação das camadas de um perfil de solo de 0-20 cm.

Para realização dos experimentos foram utilizados vasos de tubo de PVC com diâmetro de 15 cm e altura de 20 cm, que receberam aproximadamente 4 kg de solo provenientes do estado de Mato Grosso do Sul. Foram utilizados três tipos de solo: com textura arenosa (Neossolo Quartzarênico), com textura média (Latosolo Vermelho) e um solo com textura argilosa (Argissolo Vermelho).

Com exceção do Argissolo Vermelho, que foi coletado em área de pastagem, o Neossolo Quartzarênico e o Latossolo Vermelho utilizados foram coletados em áreas de mata nativa, ambos os solos não tem histórico de adubação.

Antes da instalação do experimento, realizou-se a montagem dos vasos, os quais foram confeccionados com tubos de PVC cortados em pequenos anéis com altura de 2 cm. Cada vaso foi composto por 10 anéis, unidos com fita adesiva. Ao final da montagem foram obtidos 30 vasos com altura de 20 cm cada um.

Após o preenchimento dos vasos com os respectivos solos secos e destorroados, deu-se início à aplicação do adubo (superfosfato triplo), que foi depositado no centro do vaso, de maneira que todo o adubo ficasse em contato com o solo. Após a adubação foi dado início à irrigação diária nos vasos até que o solo acondicionado encharcasse, sendo o volume de água destilada variável conforme a umidade do solo no dia. Após 3 meses de irrigação, os anéis com o solo úmido foram separados com uma espátula, para facilitar o manuseio e diminuir as perdas de solo do experimento.

As amostras de solo utilizadas para análise foram retiradas do centro do anel, secas, tamisadas e submetidas a análise de P pelo método Melich-1, para obtenção do volume

necessário de solo utilizou-se um cachimbo de 5 cm<sup>3</sup>. Para preparar a solução do extrator Melich-1 foi utilizado balão volumétrico de 1L, adicionou-se 4,2 mL de HCl (0,05 M), 0,66 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,0125 M) e completou-se o balão volumétrico com água destilada.

Para a solução de molibdato concentrada, colocou-se 2,0 g de subcarbonato de bismuto em um balão volumétrico com volume de 1L, contendo 250 mL de água destilada. Acrescentou-se então 150 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ácido sulfúrico) concentrado p.a., agitou-o até total diluição do sal de bismuto e deixou esfriar. Em outro balão volumétrico de 1L diluiu-se 20,0 g de molibdato de amônio em 200 mL de água destilada, o balão foi agitado manualmente e o seu volume foi completado com água destilada.

Foi necessário realizar uma solução de molibdato diluída (Murphy e Riley, 1962), portanto diluiu-se 300 mL da solução concentrada citada acima, em balão aferido de 1 L e completou o volume com água destilada, armazenando a solução em frasco ambar.

Na solução-padrão de fósforo (25 mg de P/L), foi pesado 0,2195 g de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> p.a., previamente seco em estufa a 105°C, dissolvendo-o em água destilada contida em balão aferido de 1 L, logo após adicionou 3 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ácido sulfúrico) concentrado, para assegurar a perfeita dissolução de fosfato, completando o volume com água destilada, estocando o material.

Para obter-se a solução padrão de fósforo, pipetou-se 10, 20, 30 e 40 mL da solução de 25 mg de P/L citada acima, colocadas separadamente em balões aferidos de 250 mL, completando o volume com solução extratora. Essas quatro soluções possuíam, respectivamente, 1, 2, 3 e 4 mg de P/L. Após tal processo os frascos foram tampados e identificados cada um com sua respectiva solução.

Uma amostra de solo (5 cm<sup>3</sup>) foi transferida para erlenmeyer de 125 mL e adicionou 50 mL do extrator Melich-1 (HCl 0,05 M + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 M). Logo após a solução foi agitada na mesa horizontal por 5 minutos.

Terminada a agitação, a solução passou por decantação e, posteriormente, foi retirada alíquota de 5 mL do extrato. A leitura de P foi realizada pelo método de molibdato (azul), com redução por meio do ácido ascórbico. Para isso foram adicionados aos 5 mL de extrato, mais 10 mL da solução diluída e 30 mg de ácido ascórbico. Logo em seguida as leituras foram realizadas no espectrofotômetro a 660 nm.

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva e análise de variância, sendo adotado o modelo de experimento fatorial, descrito por:

$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$ , onde:  $\mu$  = média geral;  $\alpha_i$  = efeito do i-ésima textura;  $\beta_j$  = efeito da j-ésima camada;  $(\alpha\beta)_{ij}$  = efeito conjunto de i-ésima textura e j-ésima camada;

$\epsilon_{ijk}$  = efeito do erro aleatório.

Para fins de comparação, a análise foi segmentada para os dados que receberam adubação fosfatada e dados que não receberam adubação fosfatada, utilizando o software SAS. A comparação entre estes dados foi realizada pela aplicação do teste t a 5% de probabilidade.

### 3. Resultados e Discussão

A aplicação de P na forma de superfosfato triplo aumentou as concentrações de P nos solos estudados (Tabela 1). Entretanto este aumento não foi uniforme nos três solos estudados, pois a amplitude de P variou com o tipo de solo. Os teores de p no solo podem variar em solos diferentes em função de suas propriedades químicas, conforme relatado por Gonçalves & Meurer (2010).

No Latossolo Vermelho não houve movimentação do P, visto que só houve diferença na camada correspondente à profundidade de 0-20 cm (Tabela 1), mostrando que o P aplicado ao solo permaneceu na camada mais superficial, evidenciando a tendência natural desse tipo de solo em reter o P nas camadas mais superficiais.

A ausência de distribuição vertical de P nos Latossolos, está de acordo com Ker (1996) ao mostrar que esses solos incorporam cerca de 9200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na camada de 0 – 20 cm. Por esse motivo, segundo Souza et al. (2006), Latossolos apresentam menores teores de P-solução, por não fornecerem com maior intensidade o P-lábil para o P-solução. Os Latossolos podem ser considerados drenos de fósforo por serem mais intemperizados e apresentarem baixos teores de P disponível (Pinto, 2012).

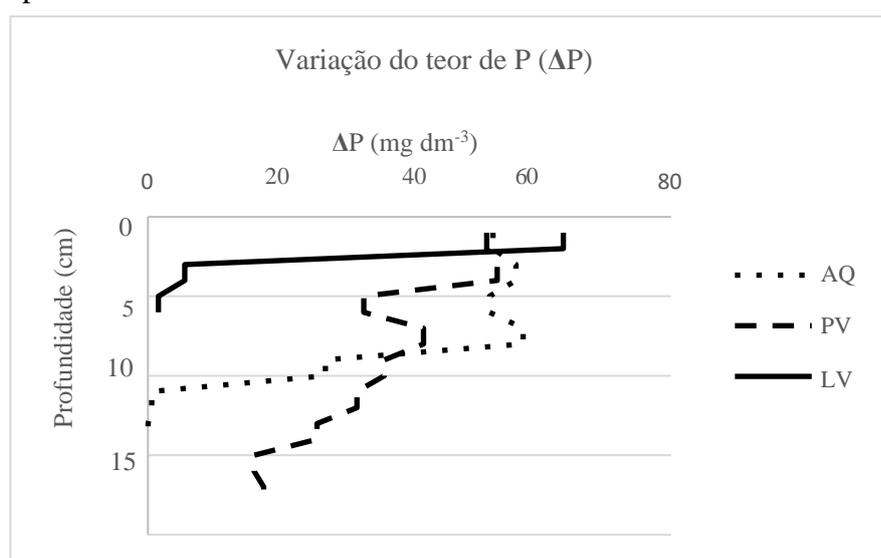
O incremento de P ( $\Delta p$ ) também foi alterado em grande proporção somente nas camadas superficiais, notadamente na camada de 0-2 cm (Figura 1) no Latossolo, o que corroborava com Diel et al. (2014) em estudo de distribuição vertical de P em um Latossolo com 560 g kg<sup>-1</sup> de argila. Mauroelli et al. (2015) em seu estudo com Latossolo (580 g kg<sup>-1</sup> de argila) afirmam que a aplicação de P atinge apenas as camadas superficiais, sendo uma exceção quando utiliza-se fertirrigação, que não foi o caso do presente trabalho.

**Tabela 1.** Teores de P no solo em solo de textura arenosa (Neossolo), média (Argissolo) e argilosa (Latosolo) em diferentes profundidades com e sem a aplicação de superfosfato triplo.

	Neossolo		Argissolo		Latosolo	
	com	sem	Com	Sem	com	Sem
0 – 2 cm	56,00 Aa	3,24 Ba	64,37 Aa	12,57 Ba	65,03 Aa	1,52Ba
2 – 4 cm	60,55 Aa	4,25 Ba	66,00 Aa	12,57 Ba	7,48 Ab	1,83 Ba
4 – 6 cm	55,28 Aab	3,02 Ba	45,17 Aab	12,16 Ba	2,92 Ab	1,32 Aa
6 – 8 cm	60,20 Aa	2,82 Ba	54,04 Aab	11,92 Ba	0,99 Ab	1,53 Aa
8 – 10 cm	29,53 Ab	2,40 Ba	54,86 Aab	18,68 Ba	1,42 Ab	1,19 Aa
10 – 12 cm	2,38 Ac	1,78 Aa	43,98 Aab	12,04 Ba	2,03 Ab	2,03 Aa
12 – 14 cm	2,17 Ac	2,14 Aa	38,93 Aab	13,05 Ba	1,14 Ab	1,75 Aa
14 – 16 cm	2,10 Ac	3,29 Aa	28,37 Ab	12,13 Ba	1,56 Ab	2,81 Aa
16 – 18 cm	2,27 Ac	2,33 Aa	27,47 Ab	9,78 Aa	1,56 Ab	1,93 Aa
18 – 20 cm	2,37 Ac	1,96 Aa	-	-	3,34 Ab	1,28 Aa
C.V.	43,11	44,63	25,49	50,55	76,15	63,02
p-valor	0,0001	0,2804	0,0008	0,7910	0,0001	0,4055

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha (em um mesmo tipo de solo) não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste t. Fonte: Os autores (2020).

**Figura 1.** Aumento em profundidade no teor de P no solo em função da aplicação de superfosfato simples em solos com texturas contrastantes.



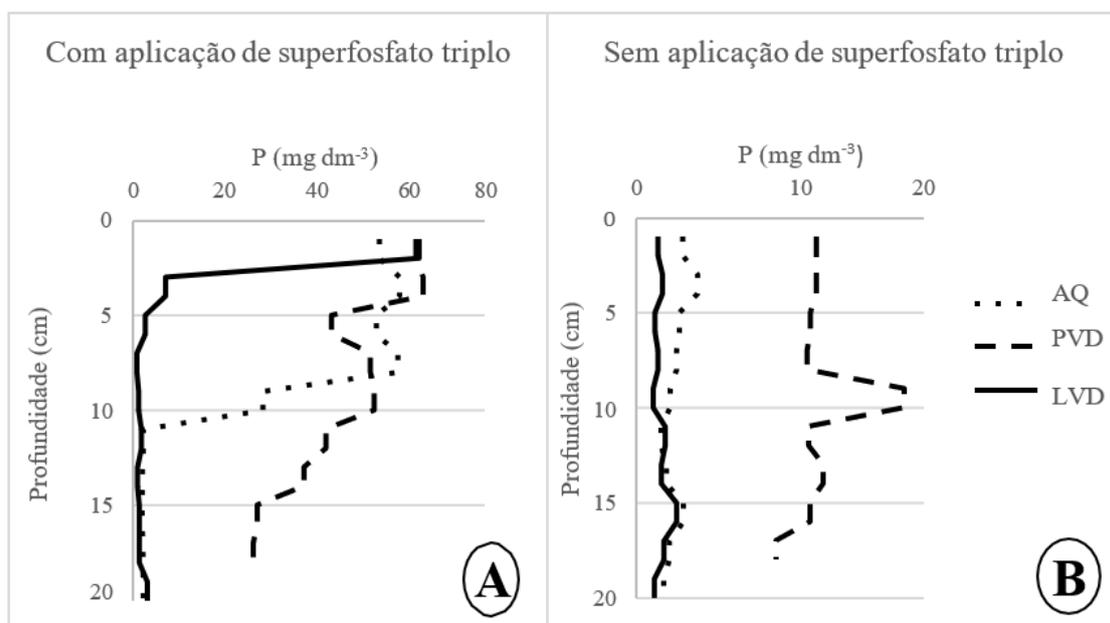
AQ: Neossolo Quartzarênico; PV: Argissolo Vermelho; LV: Latossolo Vermelho. Fonte: Os autores (2020).

Houve movimentação do P em profundidade apenas no Neossolo Quartzarênico (AQ) com adubo e no Argissolo Vermelho (PV) com adubo (Figura 2), uma vez que os valores de P entre as camadas destes solos diferiram-se estatisticamente entre si.

Em termos de maior distribuição vertical, tem-se que o P movimentou-se mais no Argissolo Vermelho do que no Neossolo Quartzarênico (Figura 2). Embora fosse esperado que houvesse maior movimentação de p no solo de textura arenosa, em virtude de sua granulometria, textura e menor teor de argila, o solo de textura argilosa (Argissolo Vermelho) mostrou-se com maior movimentação de P em profundidade, devido ao manejo deste solo, pois as amostras do Argissolo Vermelho foram coletadas em áreas de pastagem, que normalmente estão associadas à altos teores de matéria orgânica.

A movimentação do P em profundidade no Neossolo Quartzarênico demonstrada nos resultados obtidos, concorda com Bastos et al. (2008), que ao analisar o fluxo difusivo do P em função de doses de P recomendadas pela CMAP (Capacidade Máxima de Adsorção) em 6 solos distintos, concluíram que o os solos mais arenosos apresentaram maior fluxo difusivo que os argilosos, podendo este fato também ser discutido em relação ao entendimento de Nunes (2004), demonstrando a influência da argila na adsorção do fósforo.

**Figura 2.** Movimento vertical do P com (A) e sem (B) aplicação de superfosfato triplo.



AQ: Neossolo Quartzarênico; PVD: Argissolo Vermelho; LVD: Latossolo Vermelho. Fonte: Os autores (2020).

A maior distribuição do P em profundidade obtida no argissolo com teor de matéria

orgânica elevado tem sustentação no observado por Mielniczuc (2008), de que a matéria orgânica melhora a disponibilidade de macro e micronutrientes e aumenta a quantidade de macroporos do solo, melhorando sua aeração e, conseqüentemente, a disponibilidade e ciclagem dos nutrientes.

O manejo também é fator determinante para conservação das características químicas e físicas do solo, que também interfere diretamente na disponibilidade de nutrientes tais como o P, corroborando com Tiessen et al. (1973), de que a dinâmica do P no solo pode ser alterada por diversos fatores, entre eles, o uso do solo.

A movimentação vertical do P depende ainda da adsorção do nutriente aos compostos do solo, sendo que solos mais argilosos possuem maior taxa de adsorção pela presença de minerais que propiciam este fenômeno, como oxidróxidos de Fe e Al, aluminossilicatos, matéria orgânica, dentre outros (Novais & Smyth, 1999).

#### **4. Considerações Finais**

A movimentação vertical de P ocorreu nos solos de texturas argilosa e arenosa, comportamento não observado no solo de textura média, que não apresentou distribuição de P em profundidade, concentrando o fósforo nas camadas superficiais.

A maior distribuição vertical de P ocorreu com aplicação do superfosfato triplo no Argissolo Vermelho, devido ao uso desse solo para pastagem e elevada presença de material orgânico.

#### **Referências**

Araújo, A. P., Machado, C. T. de T (2006). Fósforo. In: Fernandes, M. S. (Ed.). *Nutrição mineral de plantas*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Bastos, A. L., Costa, J. P. V., Silva I. F., Raposo, R. W. C., Souto, J. S, (2008). Influência de doses de fósforo no fluxo difusivo em solos de Alagoas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande–PB, 12(2), 136–142. doi.org/10.1590/S1415-43662008000200005

Brait, M. A. H. (2008). *Interação Silício e Fósforo na Adsorção desses Elementos em Diferentes Solos de Cerrado*. 108f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal) – Universidade Federal de Goiás - UFG, Campus Jataí, Unidade Jatobá, Jataí – GO.

Diel, D., Behling, M., Farias Neto, A. L., Isemhagen, E. C. C (2014). Distribuição horizontal e vertical de fósforo em sistemas de cultivos exclusivos de soja e de integração lavoura-pecuária-floresta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 49(8), 639-647. doi.org/10.1590/S0100-204X2014000800008.

Gonçalves, G. K., Meurer, E. J. (2010). Alterações nas concentrações de fósforo em solos cultivados com arroz irrigado no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34(1), 465-471. DOI: 10.1590/S0100-06832010000200020

Grant, C. A., Flaten, D. N., Tomasiewicz, D. J., Sheppard, S. C. (2001). *A Importância do Fósforo no Desenvolvimento Inicial da Planta*. 5f. Piracicaba – SP: POTAFOS – Associação Brasileira Para Pesquisa Da Potassa e Do Fosfato. (Circular Técnica 95).

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2004). Recuperado de <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>.

Ker, J. C., Fontes, M. P. F., Souza, A. R., Resende, M. (1996). Adsorção de fósforo em alguns solos latossólicos: relação entre mineralogia e efeito da calagem. *Revista Ceres*, 43:216-226. Recuperado de <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/20616>.

Korndörfer, G. H. (2003). *Adubos e adubação: Fósforo*. Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Ciências Agrárias, 14f. Recuperado de <http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/Texto%20P%20Internet%202003.pdf>

Malavolta, E. (1980). *Elementos de nutrição mineral de plantas*. 254f. São Paulo - SP: Editora Agronômica Ceres.

Marouelli, W. A., Guimarães, T. G., Braga, M. B., Silva, W. L. C. (2015). Frações ótimas da adubação com fósforo no pré-plantio e na fertirrigação por gotejamento de tomateiro.

*Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50(10), 947-957. doi.org/10.1590/S0100-204X2015001000011

Mielniczuk, J. (2008). Matéria Orgânica e Sustentabilidade de Sistemas Agrícolas. In: Santos, G. A., Silva, L. S., Canellas, L. P., Camargo, F. A. O. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre - RS: Metrópole.

Murphy, J., Riley, J. P. (1962) A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytical Chimica Acta*, 27(1), 31-36. doi.org/10.1016/S0003-2670(00)88444-5.

Novais, R. F., & Smyth, T. J. (1999). *Fósforo em solo e planta em condições tropicais*. 399f. Viçosa-MG, Universidade Federal de Viçosa (Informações agronômicas, 87).

Novais, R. F., Smyth, T. J., Nunes, F. N. (2007). Fósforo. In: Novais, R. F., Alvarez, V. H.; Barros, N. F. De, Fontes, R. L. F., Cantarutti, R. B., Neves, J. C. L. (Ed.). *Fertilidade do Solo*. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

Nunes, F. N., Novais, R. F., Silva, R., Gebrim, F. O., São José, J. F. B. (2004). Fluxo difusivo de ferro em solos sob influência de doses de fósforo e de níveis de acidez e umidade. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(3), 423-429. doi.org/10.1590/S0100-06832004000300003.

Oliveira, C. M. B., Gatiboni, L. C., Miquelluti, D. J., Smyth, T. J., & Almeida, J. A (2014). Capacidade máxima de adsorção de fósforo e constante de energia de ligação em latossolo bruno em razão de diferentes ajustes do modelo de langmuir. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38(6), 1805–1815. doi.org/10.1590/S0100-06832014000600015.

Padilha, C. S. (2005). *Uniformidade de aplicação de fertilizantes com diferentes características físicas*. 83f. Graduação (Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis – SC.

Pinto, F. P. (2012). *Sorção e Dessorção de Fósforo em Solos de Cerrado*. 47 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Campus de Jataí, Jataí – GO.

Resende, M., Curi, N., Ker, J. C., Rezende, S. B. (2005). *Mineralogia dos Solos Brasileiros: interpretação e aplicações*. Lavras: UFLA.

Rolim Neto, F. C., Schaefer, C. E. G. R., Costa, L. M., Corrêa, M. M., Fernandes Filho, E. I., Ibraimo, M. M. (2004). Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba-MG. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa-MG, 28(6), 953-964. doi.org/10.1590/S0100-06832004000600003.

Sousa, D. M. G., Lobato, E (2004). *Cerrado, correção do solo e adubação*. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica.

Souza, R. F., Faquin, V., Torres, P. R. F., & Baliza, D. P (2006). Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30(6), 975-983. doi.org/10.1590/S0100-06832006000600007

Tiessen, H., Stewart, J. W. B., Moir, J. O (1983). Changes in organic and inorganic phosphorus composition of two grassland soils and their particle size fractions during 60–90 years of cultivation. *Journal of Soil Science*, 34(4), 815-823. doi.org/10.1111/j.1365-2389.1983.tb01074.x.

Weber, O. L. S., Chitolina, J. C., Camargo, O. A., Alleoni, L. R. F (2005). Cargas elétricas estruturais e variáveis de solos tropicais altamente intemperizados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29(6), 867-873. doi.org/10.1590/S0100-06832005000600004.

#### **Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Ana Carolina Marinho Rossi – 35%

Daniel Makoto Kusano – 20%

Fernando de Souza Lopes – 15%

Marcos Antonio Camacho da Silva – 30%