

# Formas de P em Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagem após dois e sete anos da adubação fosfatada

## P forms in Oxisol soil under pasture after two and seven years of phosphate fertilization

Bianca Souza Selhorst<sup>1,\*</sup>, Jairo André Schlindwein<sup>1</sup>, Alaerto Luiz Marcolan<sup>2</sup>, Bianca da Silva Pansonato<sup>1</sup> & Caroline Alexandra da Silva Valois<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR, BR-364, km 9, 76801-059, Porto Velho, Rondônia, Brasil.

<sup>2</sup> Embrapa Rondônia, Rodovia BR-364, Km 5,5, 76815-800, Porto Velho, Rondônia, Brasil

(\* E-mail: bianca.s.selhorst@gmail.com)

<https://doi.org/10.19084/rca.19451>

Recebido/received: 2020.02.17

Aceite/accepted: 2022.05.22

### RESUMO

Em solos mais intemperizados como os Latossolos, o uso de adubações fosfatadas, pode garantir a maior disponibilidade de fósforo para as plantas. Esse estudo teve por objetivo avaliar as formas de fósforo no solo Latossolo Vermelho-Amarelo sob pastagem após dois e sete anos a aplicação de doses de superfosfato simples. Os tratamentos eram compostos por cinco doses de superfosfato simples, aplicados e mantidos em superfície na implantação do experimento de pastagem *Brachiaria brizantha* cv. Marandu no ano de 2010. As amostras de solos foram coletadas nas camadas de 0-10 e 10-20 cm após dois (2012) e sete anos (2017) da adubação fosfatada, e submetidas a um fracionamento químico para a determinação das formas de fósforo no solo. Após dois anos da adubação fosfatada, houve aumento nos teores de fósforo em formas orgânicas, inorgânicas e nas frações lábeis, moderadamente lábeis e não-lábeis, em função das doses de fósforo, sendo mais expressivo na camada 0-10 cm do solo. Sete anos após, há predominância do fósforo em fração não-lábil, sendo os teores de fósforo em forma orgânica e inorgânica e as frações de fósforo lábil e moderadamente lábil não influenciadas pela adubação.

**Palavras-chave:** labilidade, fracionamento, *Brachiaria brizantha*

### ABSTRACT

In more weathered soils such as Oxisols, the use of phosphate fertilizers can ensure higher availability of phosphorus to plants. This study aimed to evaluate the forms of phosphorus in the Oxisol soil under pasture after two and seven years of applying simple superphosphate doses. The treatments consisted of five doses of simple superphosphate, applied and maintained on the surface of the *Brachiaria brizantha* cv. Marandu in 2010. Soil samples were collected in the 0-10 and 10-20 cm layers after two (2012) and seven years (2017) of phosphate fertilization, and submitted to chemical fractionation to determine phosphorus forms in the soil. After two years of phosphate fertilization, there was an effect of doses on phosphorus levels in organic, inorganic forms and labile, moderately labile and no-labile fractions, with an increase in their contents as a function of phosphorus doses, being more expressive in layer 0 -10 cm from the ground. Seven years later, there is a predominance of phosphorus in no-labile fraction, being the phosphorus contents in organic and inorganic form and the labile and moderately labile phosphorus fractions were not influenced by fertilization.

**Keywords:** lability, fractionation, *Brachiaria brizantha*

## INTRODUÇÃO

O uso de adubações fosfatadas é indispensável para a manutenção do fósforo (P) em formas disponíveis no solo, principalmente em solos de regiões tropicais, que são caracterizados por apresentarem teores de P abaixo das exigências mínimas das culturas e pela predominância de acidez (Araújo, 2011). Solos da classe dos Latossolos possuem alta capacidade de reter o P na fase sólida devido à presença de óxidos de ferro e alumínio de baixa cristalinidade e a baixos teores de matéria orgânica, contribuindo para a maior sorção de P nesses solos (Bezerra *et al.*, 2013). Com isso a adubação fosfatada pode se tornar em alto investimento inicial e com baixa eficiência, devido à necessidade do uso de grandes quantidades para aumentar os teores de P disponível para as plantas no solo, pois esses os mesmos possuem baixo teor natural e alta capacidade de adsorção de fósforo (Gazola *et al.*, 2013).

O P liberado pelos fertilizantes além de promover maior disponibilidade de P na solução do solo, pode sofrer diversas reações no solo, como à adsorção e precipitação com Fe, Al e Ca. Assim, o efeito da adubação fosfatada no solo, em formas de maior ou menor disponibilidade passa a ser um componente muito importante na avaliação agrônômica e econômica de práticas de adubação fosfatada (Gazola *et al.*, 2013).

No solo, o P se encontra em formas orgânicas (Po) e inorgânicas (Pi), principalmente em formas indisponíveis às plantas como o Pi com alta energia de ligação à fração mineral e formas de Po estáveis (Costa *et al.*, 2017). A disponibilidade dessas formas de P no solo pode ser dividida em lábil, moderadamente lábil e P não-lábil, em função da capacidade de reposição de íons fosfato na solução do solo. P lábil é o P da fase mineral em equilíbrio com a solução do solo; o P moderadamente lábil é capaz de suprir a solução do solo com o nutriente de forma mais lenta, pois se encontra retido com energia maior que o P lábil; e P não-lábil ou recalctrante é o P que está retido fortemente aos colóides do solo, compostos de baixa solubilidade, precipitados ou fixados e formas muito pouco ou nada reversíveis (Pavinato *et al.*, 2010).

Assim, o conhecimento das frações de P no solo pode contribuir para entender a real capacidade

do solo de suprir P para as plantas. O método de fracionamento de fósforo proposto por Hedley *et al.* (1982), é capaz de fornecer informações sobre a disponibilidade P a curto e longo prazos, por meio da determinação dos teores das formas de P no solo e sua disponibilidade para as plantas (Couto *et al.*, 2017). Essa técnica usa extratores químicos aplicados sequencialmente em uma mesma amostra, para remoção progressiva das frações mais disponíveis até as mais estáveis de P.

Com base no exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes doses de superfosfato simples nas formas de P no solo Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, após dois e sete anos a adubação fosfatada.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras de solo de um experimento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu instalado no ano de 2010, mas cultivado a mais de 20 anos em sistema extensivo para engorda de bois em uma propriedade rural no município de Rolim de Moura, estado de Rondônia. O clima local segundo Köppen-Geiger é considerado tropical quente e úmido (Am) (Alvares *et al.*, 2013), com estação seca bem definida entres os meses de maio a setembro e estação chuvosa entre os meses de outubro a abril. A precipitação média anual é de 1.760 mm, umidade relativa do ar em torno de 79% e 85% no período chuvoso e temperaturas médias anuais em torno de 24°C a 26°C (Rondônia, 2012).

A caracterização de atributos química do solo foi feita antes da instalação do experimento, para conhecimento e planejamento dos tratamentos (Quadro 1). A área possui um solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico de textura média (Santos *et al.*, 2013).

Este estudo foi feito aproveitando as amostras de solo de um experimento em fatorial (doses de calcário x doses de fósforo) que estava sendo conduzido em blocos casualizados, com quatro repetições em parcelas de 7 x 7 m. Neste estudo se aproveitou somente as amostras de solo das parcelas com diferentes doses de fósforo e em uma dose única de calcário. As parcelas aproveitadas neste

**Quadro 1** - Atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo do solo de uma área de Pastagem antes da implantação do experimento de Rolim de Moura/RO, 2010

Profundidade m	pH (H <sub>2</sub> O)	P		K	Ca	Mg	Al	Al+H	SB	V %
		mg kg <sup>-1</sup>								
0-0,10	5,3	1,75	26	2,3	1,5	0,07	3,33	3,87	53	
0,10-0,20	5,1	0,87	14	1,5	1,3	0,24	3,38	2,84	45	

P (método Mehlich<sup>-1</sup>); SB (soma de bases); V (saturação por bases)

estudo receberam em 2010 4 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico com PRNT de 97%, mantido em superfície para correção do pH, uma aplicação de potássio na forma de KCL na dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, e aplicações anuais (2011, 2012, 2013 e 2017) de ureia para o fornecimento de nitrogênio (100 kg ha<sup>-1</sup> de ureia nos meses novembro, janeiro e março).

Os tratamentos com doses de fósforo na forma de superfosfato simples foram 0; 0,1; 0,2; 0,4 e 0,8 t ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, aplicados e mantidos em superfície na implantação do experimento em 2010.

As amostras de solos foram coletadas em maio de 2012 e junho de 2017, para avaliar as formas de P após dois (2012) e sete (2017) anos da aplicação da adubação fosfatada. As amostras de solo foram compostas por quatro subamostras misturadas e coletadas em duas camadas (0-10 e de 10-20 cm). As amostras foram secas a sombra e depois passadas em peneira de 2 mm para as análises.

A determinação das formas de fósforo no solo seguiu a metodologia de fracionamento do P de Hedley *et al.* (1982) com as modificações propostas por Condron *et al.* (1985) e adaptações de Gatiboni (2003). Foram pesados 1,0 g de solo para cada amostra e colocado em tubo tipo Falcon de 50 ml. Amostras de solo foram extraídas sequencialmente com resina trocadora de ânions (RTA) em suspensão de solo e água, NaHCO<sub>3</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>, NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup>, HCL 1,0 mol L<sup>-1</sup> e NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup>. Após as extrações, o solo remanescente foi seco em estufa e submetido à digestão com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + MgCl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (fração P<sub>residual</sub>), conforme descrito por Brookes & Powson (1981). O P inorgânico dos extratos alcalinos de NaHCO<sub>3</sub> e NaOH foi determinado pelo método de Dick & Tabatabai (1977). Nesses extratos alcalinos, o P total foi determinado por digestão com persulfato de amônio mais ácido sulfúrico em autoclave (Usepa, 1971), sendo o P orgânico (Po) obtido pela diferença entre P total

e o P inorgânico (Pi). O Pi dos extratos ácidos foi determinado segundo método de Murphy & Riley (1962). O fósforo total foi obtido por meio da soma das frações do fracionamento químico (P-Total).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando significativos (P<0,05), utilizou-se a regressão para avaliação das respostas de adubação fosfatada. Para realização das análises estatísticas utilizou-se o programa computacional de análise estatística SISVAR (Ferreira, 2011).

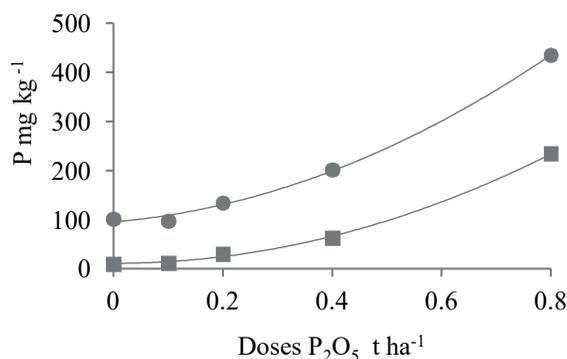
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de P em formas orgânicas e inorgânicas nas amostras retiradas em 2012 aumentaram conforme aumentou as doses de fósforo (Figura 1). Os maiores teores de P orgânico e inorgânico foram encontrados na camada de 0-10 cm (Figura 1-A), como era de se esperar, devido às doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> terem sido aplicadas em superfície no solo sem incorporação e pelo retorno do P absorvido pela pastagem através da deposição dos resíduos vegetais, associados a pouca mobilidade do P no solo. A maior concentração de Po em relação ao Pi na camada superficial deve ser pelo resultado dos processos biológicos, incluindo a produção de restos vegetais, a renovação de raiz e a atividade microbiana combinada com a baixa mobilidade do P no solo (Bezerra *et al.*, 2015).

Na camada 10-20 cm (Figura 1B) houve um aumento nos teores de Po e Pi com a aplicação de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, principalmente nas maiores doses, indicando que altos teores de P na camada 0-10 cm pode ter favorecido a saturação de alguns sítios nessa camada, possibilitando a migração de P no perfil do solo e o aumento do conteúdo em camada sub superficial (Ceretta *et al.*, 2010). A maior contribuição do P na camada de 10-20 cm foi observada no Po, pois,

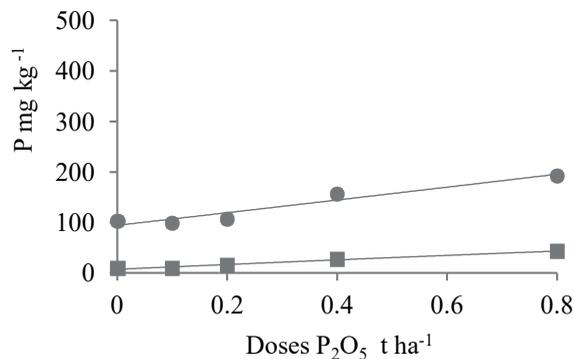
A.

- P orgânico =  $412,33 P^2 + 94,74 P + 95,43$   $R^2 = 0,99^*$
- P inorgânico =  $350,26 P^2 - 2,21 P + 11,30$   $R^2 = 0,99^*$



B.

- P orgânico =  $2,98 P^2 + 124,02 P + 94,29$   $R^2 = 0,94^*$
- P inorgânico =  $-3,99 P^2 + 48,29 P + 7,24$   $R^2 = 0,97^*$



**Figura 1** - Teores de P orgânico e P inorgânico em duas camadas (A. 0-10 cm; B. 10-20 cm) após dois anos (2012) da aplicação de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. \*Significativo, P < 0,05

apesar da mobilidade de P na solução do solo ser muito baixa, a mineralização lenta e gradual dos resíduos orgânicos deixados em superfície proporciona liberação e redistribuição das formas orgânicas de P, pelo fato dessas formas serem móveis no solo e menos suscetíveis à adsorção que as formas de Pi (Couto *et al.*, 2015).

A redistribuição de Po e Pi no perfil de solo em sistemas que a aplicação da adubação fosfatada se dá a lanço e não há revolvimento do solo como acontece na pastagem tem sido relatada por alguns autores, e sua ocorrência é atribuída à liberação de ácidos orgânicos, complexação do Al<sup>3+</sup> trocável e decomposição das raízes no solo, em profundidade (Leite *et al.*, 2016). Além disso, quando a adição de P no sistema é superior à capacidade de absorção das plantas e de adsorção do solo pode haver perdas de P por escoamento ou percolação através da porosidade no perfil do solo (Gatiboni *et al.*, 2015).

No ano de 2017 não houve efeito das doses de fósforo nos teores de Po e Pi nas duas camadas avaliadas (Figura 2A e Figura 2B). Isso se deve pela não manutenção das adubações fosfatadas, para repor o fósforo retirado pelas plantas do sistema.

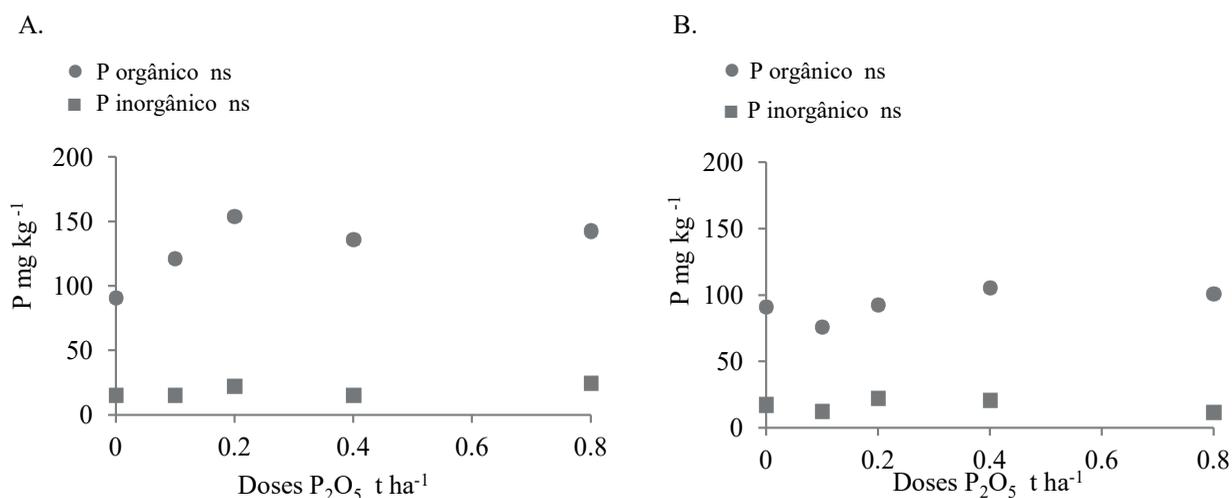
As formas orgânicas de P nas duas camadas (0-10 e 10-20 cm) foram superiores as formas inorgânicas nos dois anos avaliados. As plantas que

crecem em solos altamente intemperizados, como os Latossolos, são mais dependentes do P orgânico, pois esses solos possuem pouco P disponível para as plantas e a maior parte do P inorgânico é encontrada fixada aos óxidos de Fe e Al (Gatiboni *et al.*, 2007).

A aplicação de doses crescentes do adubo fosfatado em superfície levou a um acréscimo das frações de P nas camadas superficiais do solo, aumentando os teores de todas as labilidades de P avaliadas, especialmente na camada 0-10 cm (Figura 3).

Após dois anos (2012), houve efeito da adubação fosfatada nos teores de P lábil nas duas profundidades avaliadas, especialmente nas maiores doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 3A). O aumento dos teores lábeis, está relacionado ao aumento do P em frações prontamente disponíveis no solo (Guardini *et al.*, 2012; Couto *et al.*, 2017). E apesar da pouca mobilidade do P no solo, doses mais altas podem ter favorecido a migração do P para camadas mais profundas do solo (Guardini *et al.*, 2012), justificando os maiores teores na camada 10-20 cm do solo.

Sete anos após (2017) a adubação fosfatada não apresentou efeito nos teores de P lábil (Figura 3B). Com o tempo devem ter ocorrido perdas de P da solução do solo para a fase sólida por adsorção e precipitação. O P inicialmente adsorvido à superfície dos



**Figura 2** - Teores de P orgânico e P inorgânico em duas camadas (A. 0-10 cm; B. 10-20 cm) após sete anos (2017) da aplicação de doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. ns Não Significativo, P > 0,05

agregados do solo difunde-se para o seu interior com o aumento de tempo de contato com o solo. É um processo considerado lento, podendo levar anos para atingir o equilíbrio, entretanto acredita-se que seja também responsável pela diminuição da disponibilidade de P de um solo recém-fertilizado (Sousa *et al.*, 2010).

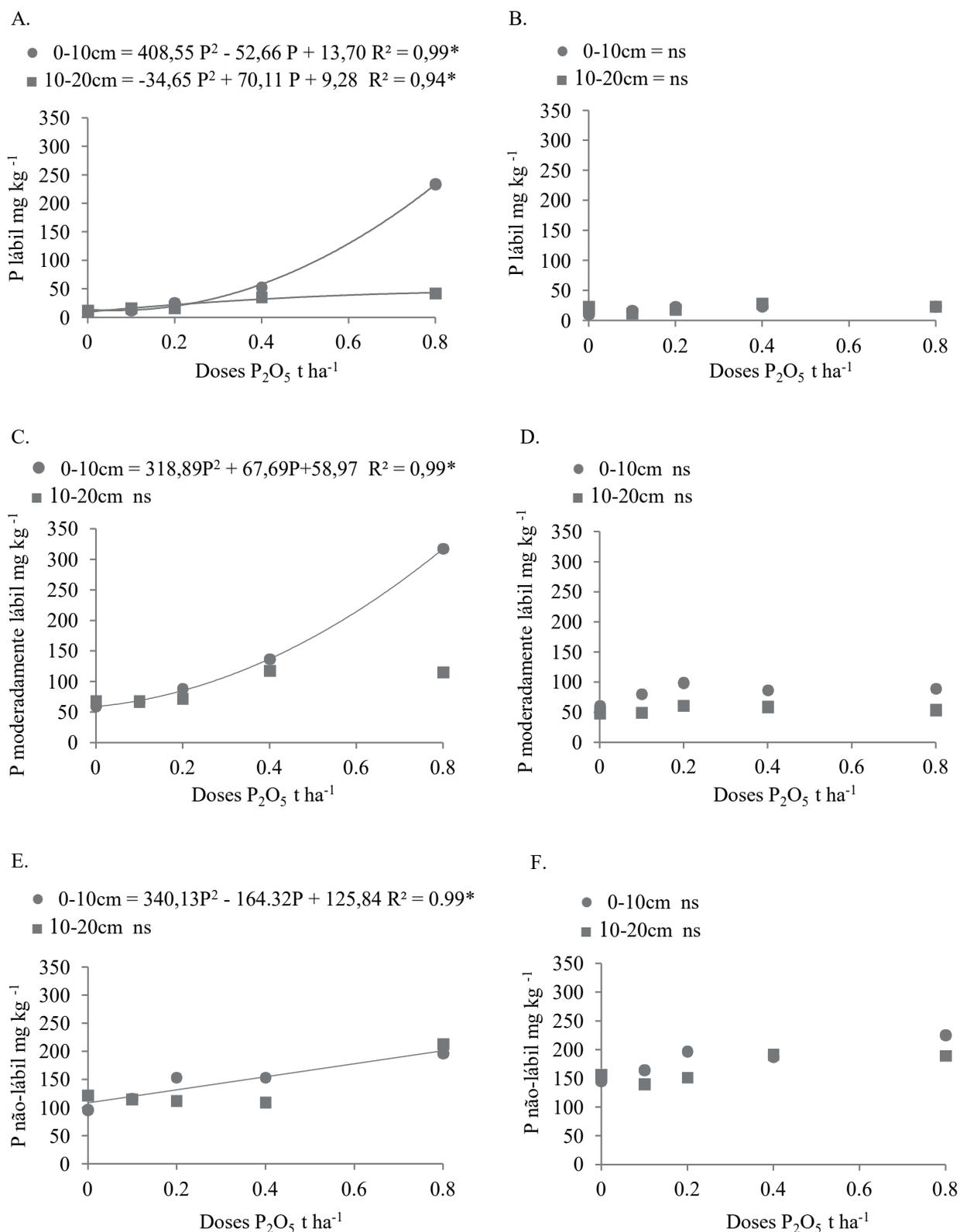
O P moderadamente lábil, no ano de 2012 apresentou efeitos da adubação fosfatada apenas na camada 0-10 cm (Figura 3C), onde os maiores teores foram encontrados nas maiores doses de fosfato. A adubação fosfatada realizada em superfície do solo favoreceu o acúmulo de P moderadamente lábil na camada superficial. Assim, o P adicionado acima da demanda das plantas tende a ser inicialmente adsorvido na superfície dos grupos funcionais mais ávidos por P, causando um acúmulo nas frações do solo com uma labilidade intermediária (Ceretta *et al.*, 2010; Couto *et al.*, 2015). Além disso, o não revolvimento do solo pode contribuir para que esse fósforo se concentrasse na camada superficial, devido a pouca mobilidade do mesmo no perfil do solo.

No ano de 2017, os teores de P moderadamente lábeis não foram influenciadas pelas doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Figura 3D). Provavelmente, o período sem adubações fosfatadas pode ter favorecido a depleção de P moderadamente lábil a P lábil, para disponibilizar

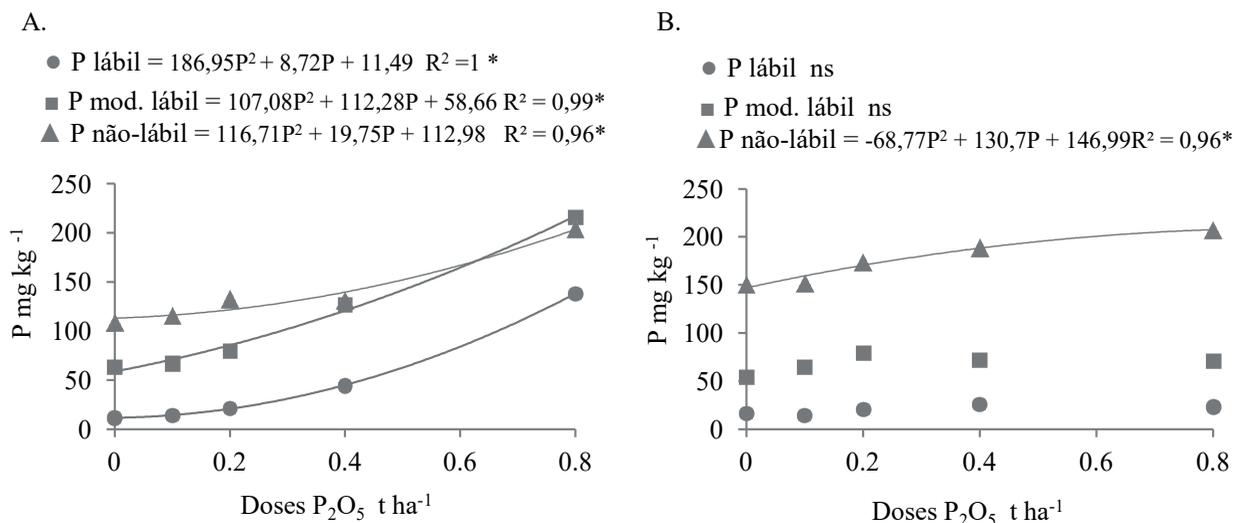
P na solução do solo e sustentar a absorção pelas plantas. Ou pela transformação de P moderadamente lábil em formas de P fixado (P não-lábeis), com o aumento do tempo de contato desse P com a matriz do solo (Sousa *et al.*, 2010). Esses fatores, somados ao período sem adição de fontes de fósforo no solo, devem ter contribuído para a queda dos teores de P moderadamente lábeis, pois, à adição de fontes de P elevam consideravelmente os teores de P nessas formas (Gatiboni *et al.*, 2007; Rodrigues *et al.*, 2015).

A fração de P não-lábil, foi influenciada pelas doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> apenas no ano de 2012 na camada 0-10 cm (Figura 3E), onde pode ter ocorrido uma saturação dos sítios ativos de adsorção de P devido a adubação ter sido em superfície, contribuindo para maiores teores na fração não-lábil de P na camada superficial do solo (Rodrigues *et al.*, 2015).

Em 2017 não houve efeito da adubação nos teores de P não-lábil nas duas camadas avaliadas (Figura 3F). Provavelmente, o período sem adubação fosfatada pode ter favorecido a depleção de formas moderadamente lábeis a lábeis para sustentação das plantas, não permitindo a transformação de P em formas não-lábeis. Para muitos autores, formas de P moderadamente lábeis são considerados reservatórios de P, sendo o maior dreno do P dos fertilizantes, entretanto, se torna a principal fonte



**Figura 3** - Teores de P em duas camadas (0-10 e 10-20 cm) após dois anos (2012) e sete anos (2017) da aplicação de doses de  $P_2O_5$ . P lábil (A. 2012 e B. 2017), P moderadamente lábil (C. 2012 e D. 2017) e P não-lábil (E. 2012 e F. 2017). \*Significativo,  $P < 0,05$ . ns Não Significativo,  $P > 0,05$ .

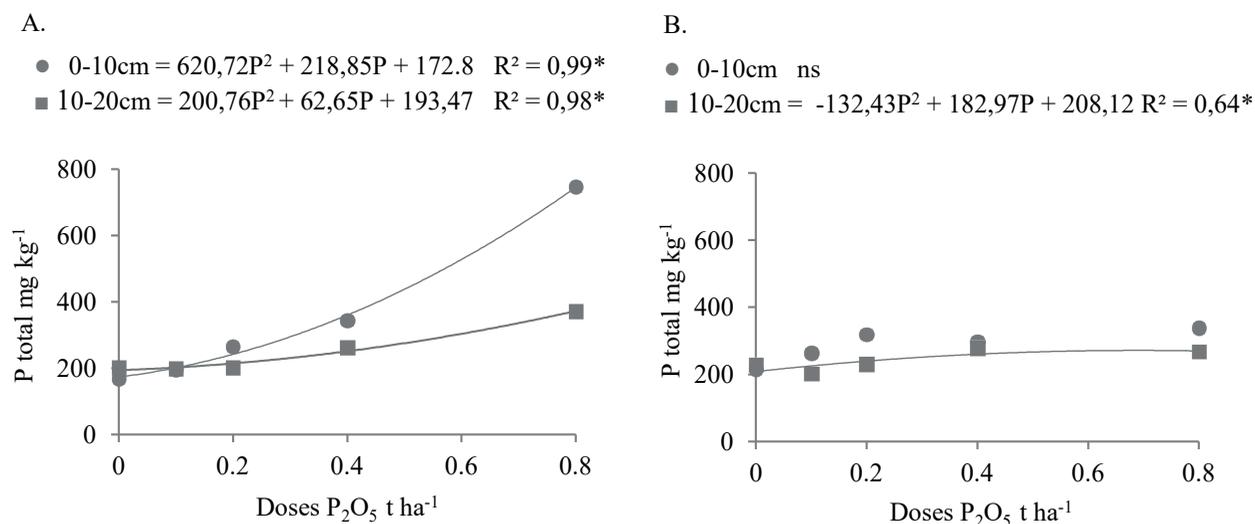


**Figura 4** - Teores de P em forma lábil, moderadamente lábil e não-lábil após dois anos (A. 2012) e sete anos (B. 2017) a aplicação de doses de  $P_2O_5$ . \* Significativo,  $P < 0,05$ . ns Não Significativo,  $P > 0,05$ .

de P na ausência de fertilizações, repondo o P lábil (Gatiboni *et al.*, 2007; Tiecher *et al.*, 2012a, b).

As frações de P nos dois anos avaliados (Figura 4), demonstram um aumento dos teores de P em função da adubação fosfatada, nas amostras retiradas no ano de 2012 (Figura 4A), principalmente em forma moderadamente lábil, com aumento

estimado de até  $112,28 \text{ mg kg}^{-1}$  por  $\text{ton}^{-1}$  de  $P_2O_5$  adicionada ao solo. Esse aumento deve ser, devido à presença de altos teores de argila e óxidos no Latossolo Vermelho-Amarelo, que atuam como um dreno de P em solos fertilizados, devido à capacidade de adsorção de P em forma moderada (Couto *et al.*, 2017).



**Figura 5** - Teores de P Total em duas camadas (0-10 e 10-20 cm) após dois anos (A. 2012) e sete anos (B. 2017) a aplicação de doses de  $P_2O_5$ . \* Significativo a  $P < 0,05$ . ns Não Significativo  $P > 0,05$ .

Após o período de sete anos sem adubação (Figura 4B), há predominância de P não-lábil, provavelmente devido a não manutenção das adubações fosfatadas, para repor o fósforo retirado pelas plantas do sistema. Com isso, apesar do retorno de certas quantidades de P pelos restos vegetais, o P exportado do sistema deve ser superior ao que retorna, fazendo com que os teores de P lábil e moderadamente lábil sejam cada vez mais baixos e a predominância de formas recalcitrantes sejam maiores.

O P total é obtido pelo somatório das frações lábeis, moderadamente lábeis e não-lábeis, sendo no ano de 2012, influenciados pela adubação fosfatada nas duas camadas avaliadas (Figura 5A). No ano de 2017, o P total foi influenciado pela adubação fosfatada somente na camada de 10-20 cm (Figura 5B). Sendo um indicativo de que parte do P adicionado na superfície do solo possa ter migrado no perfil do solo.

Os teores de P total mais baixo em 2017 se devem ao período sem adição de fertilizantes fosfatados na área de pastagem. Já que os teores de P tendem a diminuir em solos sob pastagens com atividade pecuária por longos períodos de tempo pela

absorção das plantas (Gatiboni *et al.*, 2007) e posterior exportação pela produção animal, sem a reposição por meio de adubações fosfatadas.

## CONCLUSÕES

O efeito das doses de fósforo é observado na disponibilidade de fósforo do solo após dois anos a adubação fosfatada. Com aumento nos teores de P orgânico, P inorgânico, nas frações de P lábil, moderadamente lábil e não-lábil, especialmente nas maiores doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Após sete anos, não é observado efeito da adubação na disponibilidade de P orgânico, inorgânico e nas frações de P lábil e moderadamente lábil. Sendo observado efeito apenas para teores de P não-lábil.

## AGRADECIMENTOS

A Fundação Rondônia de Amparo ao Desenvolvimento das Ações Científica e Tecnológicas e à Pesquisa do Estado de Rondônia (FAPERON) pela concessão de bolsa de pesquisa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo F.F. de (2011) - Disponibilização de fósforo, correção do solo, teores foliares e rendimento de milho após a incorporação de fosfatos e lodo de curtume natural e compostado. *Acta Scientiarum, Agronomy*, vol. 33, n. 2, p. 355-360. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i2.1021>
- Alvares, C.A.; Stape, J.L.; Sentelhas, P.C.; Gonçalves, J.L. de M. & Sparovek, G. (2013) - Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, vol. 22, n. 6, p. 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Bezerra, R.P.M.; Foss, A.; Pereira, M.G. & Perin, A. (2015) - Phosphorus fractions and correlation with soil attributes under no-tillage and crop-livestock integration systems in Cerrado of Goiás. *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 36, n. 3, p. 1287-1306. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n3p1287>
- Bezerra, A.L.L.; Lima, I.M.A.; Nascimento, B.L.M. & Aquino, B.F.de (2013) - Influência da calagem na adsorção de fósforo em diferentes solos do estado do Ceará. *Agropecuária Científica no Semiárido*, vol. 9, n. 4, p. 1-5. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v9i4.355>
- Brookes, P.C. & Powlson, D.C. (1981) - Preventing phosphorus losses during perchloric acid digestion of sodium bicarbonate soil extracts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 32, n. 7, p. 671-674. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740320707>
- Ceretta, C.A.; Lorensini, F.; Brunetto, G.; Giroto, E.; Gatiboni, L.C.; Lourenzi, C.R.; Tiecher, T.L.; Conti, L. De; Trentin, G. & Miotto, A. (2010) - Frações de fósforo no solo após aplicações sucessivas de dejetos de suínos em sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 45, p. 593-602. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000600009>

- Condrón, L.M.; Goh, K.M. & Newman, R.H. (1985) - Nature and distribution of soil phosphorus as revealed by a sequential extraction method followed by  $^{31}\text{P}$  nuclear magnetic resonance analysis. *Journal of Soil Science*, vol. 36, n. 2, p. 199-207. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1985.tb00324.x>
- Costa, A. da R.; Silva Júnior, M.L.; Kern, D.C.; Ruivo, M. de L.P. & Marichal, R. (2017) - Formas de fósforo orgânico em solo de terra preta na Amazônia Oriental. *Revista Ciência Agronômica*, vol. 48, n. 1, p. 1-12. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170001>
- Couto, R. da R.; Ferreira, P.A.A.; Ceretta, A.C.; Lourenzi, C.R.; Facco, D.B.; Tassinari, A.; Piccin, R.; Conti, L. De; Gatiboni, L.C.; Schapanski, D. & Brunetto, G. (2017) - Phosphorus fractions in soil with a long history of organic waste and mineral fertilizer addition. *Bragantia*, vol. 76, n. 1, p. 155-166. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.006>
- Couto, R.R.; Santos, M.; Comin, J.J.; Martini, L.C.P.; Gatiboni, L.C.; Martins, S.R.; Filho, P.B. & Brunetto, G. (2015) - Environmental Vulnerability and Phosphorus Fractions of Areas with Pig Slurry Applied to the Soil. *Journal of Environmental Quality*, vol. 44, n. 1, p.162-173. <http://dx.doi.org/10.2134/jeq2014.08.0359>
- Dick, W.A. & Tabatabai, M.A. (1977) - Determination of Orthophosphate in Aqueous Solutions Containing Labile Organic and Inorganic Phosphorus Compounds. *Journal of Environmental Quality*, vol. 6, n. 1, p. 82-85. <https://doi.org/10.2134/jeq1977.00472425000600010018x>
- Ferreira, D.F. (2011) - Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, vol. 35, n. 6, p. 1039-1042. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- Gatiboni, L.C. (2003) - *Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas*. Tese de Doutorado. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria. 231 p.
- Gatiboni, L.C.; Kaminski, J; Rheinheimer, D.S. & Flores, J.P.C. (2007) - Biodisponibilidade de formas de fósforo acumulados em solo sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 31, n. 4, p. 691-699. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000400010>
- Gatiboni, L.C.; Smyth, T.J.; Schmit, D.E.; Cassol, P.C. & Oliveira, C.M.B. (2015) - Soil Phosphorus Thresholds in Evaluating Risk of Environmental Transfer to Surface Waters in Santa Catarina, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 39, n. 4, p. 1225-1234. <http://dx.doi.org/10.1590/01000683rbc20140461>
- Gazola, R. de N.; Buzetti, S.; Dinalli, R.P.; Teixeira Filho, M.C.M. & Celestrino, T. de S. (2013) - Efeito residual da aplicação de fosfato monoamônio revestido por diferentes polímeros na cultura do milho. *Revista Ceres*, vol. 60, n. 6, p. 876-884. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2013000600016>
- Guardini, R.; Comin, J.J.; Schmitt, D.E.; Tiecher, T.; Bender, M.A.; Rheinheimer, D.S.; Mezzari, C.P.; Oliveira, B.S.; Gatiboni, L.C. & Brunetto, G. (2012) - Accumulation of phosphorus fractions in typic Hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep pig litter in a no-tillage system. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, vol. 93, n. 2, p. 215- 225. <https://doi.org/10.1007/s10705-012-9511-3>
- Hedley, M.J.; Stewart, J.W.B. & Chauhan, B.S. (1982) - Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 46, n. 5, p. 970-976. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1982.03615995004600050017x>
- Murphy, J. & Riley, J.P. (1962) - A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, vol. 27, p. 31-36. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)88444-5](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)88444-5)
- Leite, J.N.F.; Cruz, M.C.P.; Ferreira, M.E.; Andrioli, I. & Braos, L.B. (2016) - Frações orgânicas e inorgânicas do fósforo no solo influenciadas por plantas de cobertura e adubação nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 51, n. 11, p. 1880-1889. <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2016001100010>
- Pavinato, P.S.; Dao, T. & Rosolem, C.A. (2010) - Tillage and phosphorus management effects on enzyme-labile bioactive phosphorus availability in Cerrado Oxisols. *Geoderma*, vol. 156, n. 3-4, p. 207-215. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.02.019>
- Rodrigues, M.; Pavinato, P.S.; Withers, P.J.A.; Teles, A.P.B. & Herrera, W.F.B. (2015) - Legacy phosphorus and no tillage agriculture in tropical oxisols of the Brazilian savanna. *Science of the Total Environment*, vol. 542, p. 1050-1061. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.08.118>
- Rondônia (2012) - *Boletim climatológico de Rondônia*, vol. 12. Secretaria do Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM). Porto Velho: COGEO: SEDAM, 2012. <<https://www.sedam.ro.gov.br/images/boletim2010.pdf>>

- Santos, H.G.; Jacomine, P.K.T.; Anjos, L.H.C.; Oliveira, V.A.; Lumbrreras, J.F.; Coelho, M.R.; Almeida, J.A.; Cunha, T.J.F. & Oliveira, J.B. (2013) - *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3. ed. Brasília, Embrapa. 353p.
- Sousa, D.M.G.; Rein, T.A.; Goedert, W.J.; Lobato, E. & Nunes, R.S. (2010) - Fósforo. *In: Prochnow, L.I.; Casarin, V. & Stipp, S.R. (Eds.) - Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes*. vol. 2, nutrientes. Piracicaba: INPI – Brasil, p. 67-132.
- Tiecher, T.; Rheinheimer, D.S.; Kaminski, J. & Calegari, A. (2012a) - Forms of inorganic phosphorus in soil under different long term soil tillage systems and winter crops. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.36, n. 1, p. 271-281. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000100028>
- Tiecher, T.; Rheinheimer, D.S. & Calegari, A. (2012b) - Soil organic phosphorus forms under different soil management systems and winter crops, in a long term experiment. *Soil Tillage Research*, vol. 124, p. 57-67. <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.05.001>
- USEPA (1971) - *Methods of chemical analysis for water and water*. United States Environmental Protection Agency. Cincinnati: USEPA.