

# FÓSFORO DO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO SOB LATOSSOLOS, SUL DO BRASIL

*Data de aceite: 01/04/2024*

### **Robert Ferreira**

Estudante de graduação em Agronomia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)

### **Gabriel Coutinho Oliveira de Lemos**

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

### **Isabella Silva Lopes**

Estudante de Engenharia Florestal (UFRRJ)

### **Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto**

Doutorando do PPGA-CS/UFRRJ

### **Jean Sérgio Rosset**

Professor da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

### **Marcos Gervasio Pereira**

Professor do Departamento de Solos (UFRRJ)

**RESUMO:** O fósforo (P) no solo é crucial nos sistemas de produção, porém nos solos brasileiros, em condições naturais, ocorre de forma limitada, sendo que o sistema de manejo pode afetar a sua disponibilidade. O objetivo do estudo foi analisar as frações de P com diferentes graus de labilidade e

potencial de disponibilidade nas áreas de produção agrícola sob solos com camada superficial de textura argilosa em áreas de produção agrícola no município de Guaíra (PR). Apenas a fração de P M3 (extraído com Mehlich 3) e o fósforo remanescente foram influenciados pelos diferentes sistemas de produção agrícola. O sistema de preparo convencional favoreceu o aumento nos teores de P M3 e sistema plantio direto em fase de consolidação proporcionou maior capacidade de adsorção de fósforo.

**PALAVRAS-CHAVE:** fixação de fósforo, fósforo lábil, sistema plantio direto

## SOIL PHOSPHORUS IN PRODUCTION SYSTEMS UNDER LATOSOLS, SOUTHERN BRAZIL

**ABSTRACT:** Phosphorus (P) in the soil is crucial in production systems, but in Brazilian soils, under natural conditions, it occurs to a limited extent, and the management system can affect its availability. The aim of the study was to analyze the P fractions with different degrees of lability and potential availability in agricultural production areas under clay-textured topsoil in agricultural production areas in the municipality of Guaíra (PR). Only the fraction extracted with Mehlich 3

solution (P M3) and the remaining phosphorus were influenced by the different production systems. The conventional tillage system favored an increase in P M3 content (labile) and the no-tillage system in the consolidation phase provided greater phosphorus adsorption capacity. Multivariate analysis was efficient in separating and grouping the different production systems.

**KEYWORDS:** labile phosphorus, no-tillage system, phosphorus fixation

## INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é um nutriente chave na produção vegetal (DEISS et al., 2016; PRAKASH et al., 2018), sendo o elemento essencial que mais frequentemente limita a produtividade agrícola no planeta (PICCIN et al., 2017). As formas e proporções de P presentes no solo variam, podendo o P estar em formas orgânicas e inorgânicas (HAYGARTH et al., 2018). A dinâmica destas formas de P no solo é bastante complexa e depende de inúmeras variáveis, como textura e mineralogia (TOKURA et al., 2011), sistema de manejo adotado (PEREIRA et al., 2010), formas de adubação utilizada (GUARDINI et al., 2012) e fatores ambientais bióticos e abióticos (RESENDE et al., 2011).

Adicionalmente em regiões de clima tropical com solos altamente intemperizados, a deficiência de P é um problema especialmente complexo (Teles et al., 2017). Tais solos são predominantemente oxidícos (predomino de hematita e goethita) e a forma como os óxidos se apresentam influência diretamente na adsorção de P no solo. A forma de uso do solo também é um fator preponderante no comportamento do P no solo. Algumas características do sistema plantio direto (SPD) por exemplo, podem alterar a dinâmica e disponibilidade do P no solo e, conseqüentemente, na resposta das culturas à adubação fosfatada (CARNEIRO et al., 2011; GUARESCHI et al., 2015). O menor revolvimento do solo no SPD diminui os processos erosivos, além de propiciar maior teor de água (facilitando o mecanismo de difusão), que diminui o contato entre os colóides do solo e o íon fosfato, reduzindo as reações de adsorção (CARNEIRO et al., 2011).

Segundo GATIBONI;CONDRON (2021) uma grande variedade de esquemas de fracionamento de P do solo foram desenvolvidos e usados extensivamente por décadas. No entanto, a maioria é trabalhosa e fornece informações limitadas sobre parâmetros-chave, como mobilidade e adsorção P. O fósforo remanescente (P-rem) é um atributo que indica a quantidade de P que permanece na solução de equilíbrio em resposta a uma concentração de P adicionada ao solo. A disponibilidade do fósforo no solo pode ser estimada pelo teor de argila, porém em alguns estados brasileiros, utiliza-se há algum tempo o teor do P-rem para definição de classes de disponibilidade de P para realizar a recomendação da adubação fosfatada (ALVAREZ et al., 1999; LISBOA et al, 2012) e como uma ferramenta para avaliar a capacidade tampão do P no solo já que o P-rem apresenta estreita correlação com P disponível (WADT;SILVA, 2011). A partir do exposto, o estudo teve como objetivo analisar as frações de P com diferentes graus de labilidade e potencial de disponibilidade nas áreas de produção agrícola sob solos com camada superficial de textura argilosa.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Guaíra (PR) (Figura 1). O clima da região segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014) é subtropical e a vegetação nativa da área é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Aluvial. O solo da área de estudo foi classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico, com textura muito argilosa segundo ASSUNÇÃO et al. (2019) com bases em SANTOS et al. (2018).

Foram selecionadas quatro áreas manejadas, a saber: sistema de preparo convencional (SPC), com cultivados de feijão (*Phaseolus vulgaris*) rotacionado com aveia (*Avena sativa*); sistemas plantio direto (SPD) com 6 anos (fase de transição), e 18 anos (fase de consolidação) de instalação na rotação de soja/milho (*Glycine max* e *Zea mays*, respectivamente) (SPD6 e SPD18); e sistema de pastagem permanente (PP) com 45 anos de instalação coberta com coast-cross (*Cynodon dactylon*). Também foi selecionada uma área de floresta secundária do bioma Mata Atlântica considerada como referência (FS). Perfazendo cinco áreas amostrais (Figura 2).

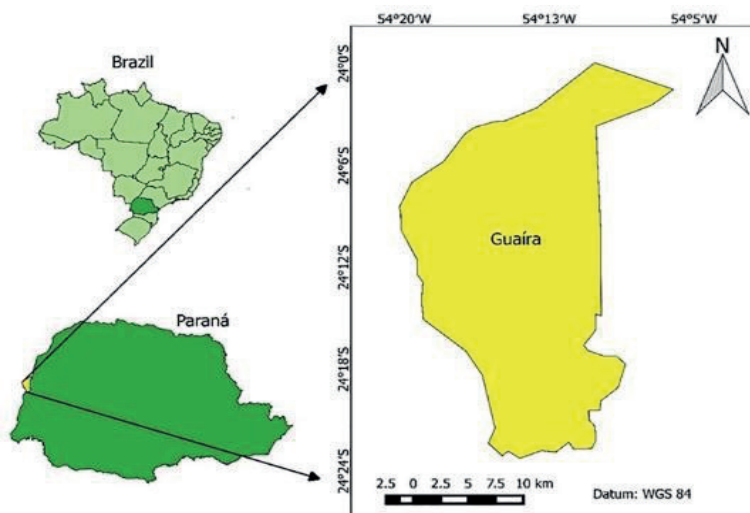


Figura 1: Localização geográfica da área de estudo.

Fonte: Assunção et al. (2018).

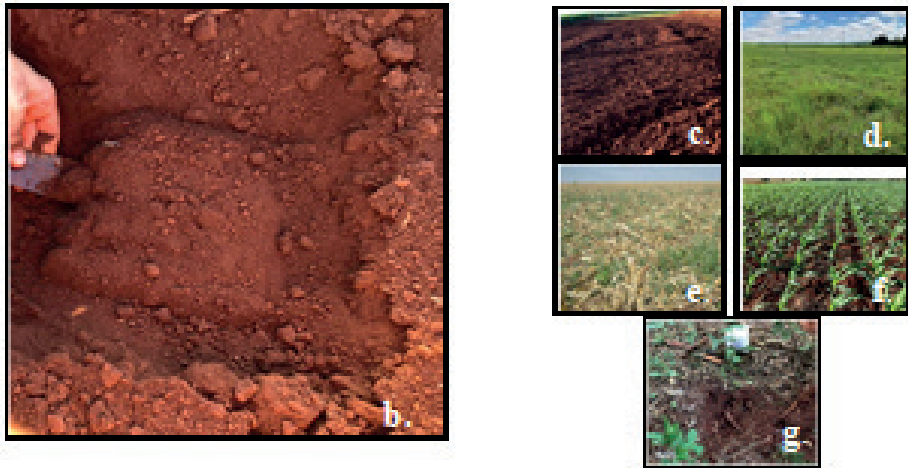


Figura 2: Coleta das amostras nas áreas de estudo no município de Guaíra (PR). b. Mini trincheira em que foi realizada a coleta dos torrões nas diferentes áreas; c. SPC; d. PP; e. SPD6 anos; f. SPD18 anos; e g. MN. Fonte: Elaborado pelo autor.

A amostragem foi realizada em abril de 2019, e em cada área amostral foram coletadas cinco pseudorepetições em formato de torrão (amostras indeformadas), a partir da abertura de mini trincheiras com dimensões aproximada de 25 x 25 cm (Figura 2 b). A coleta foi realizada na camada superficial (0–5 cm de profundidade) com auxílio de uma pá quadrada. Após a coleta, as unidades amostrais foram secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira de 2,0 mm de malha, obtendo-se assim a fração terra fina seca ao ar (TEIXEIRA et al., 2017).

Os teores de fósforo total (TP) foram extraídos e determinados segundo Tedesco et al. (1995). As frações de P foram extraídas de acordo com o método proposto por GATIBONI; CONDRON (2021). A partir de 0,5 g de TFSA foram extraídas sequencialmente cinco frações de P com diferentes graus de labilidade e potencial de disponibilidade, a saber: P solúvel com solução de  $\text{CaCl}_2$  0,01 mol L<sup>-1</sup> (P sol) (lábil); P disponível com solução de extratora Mehlich 3 (MEHLICH, 1984) (P M3) (lábil); P inorgânico e P autoclavado extraído com solução de NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup> (Pi OH e P autoclave, respectivamente) (moderadamente lábil); e P extraído com HCl 1 mol L<sup>-1</sup> (P HCl) (moderadamente lábil). A determinação das concentrações de P em cada fração foi realizada por colorimetria (MURPHY; RILEY, 1962). O P orgânico extraído com NaOH (Po OH) foi obtido pela diferença entre o P autoclave e o Pi OH. Também foi quantificado o P ocluso (P oclu) (não lábil), constituído pelas formas Pi e Po altamente recalcitrantes que não foram extraídos pelos extratores utilizados. O P oclu foi obtido pela subtração dos teores de P das frações P sol, P M3, Pi OH, Po OH e P HCl do PT. A quantificação dos teores de fósforo remanescente (P-rem) foi realizada segundo ALVAREZ; FONSECA (1990), com adaptações de WADT; SILVA (2011) e a determinação dos teores foi feita segundo BRAGA; DEFELIPO (1974).

O estudo foi analisado estatisticamente em esquema unifatorial em delineamento inteiramente casualizado. Os teores de P em cada fração foram analisados quanto a normalidade dos resíduos e a homocedasticidade das variâncias por meio dos testes de SHAPIRO-WILK;BARTLETT, respectivamente. As variáveis que não apresentarem distribuição normal ou homogeneidade foram transformadas de acordo com o teste de Box-Cox e foram novamente testadas. Na sequência, os dados foram submetidos à análise de variância com aplicação do Teste de F (ANOVA) quando os pressupostos de normalidade e homogeneidade foram atendidos (variáveis transformadas ou não). Algumas variáveis não atenderam os pressupostos da análise de variância mesmo após transformação, nesses casos, foram analisadas pelo teste não-paramétrico de KRUSKAL-WALLIS mais diferença mínima significativa de Fisher (LSD) com correção de Bonferroni. A análise de componentes principais (APC) foi construída com base na matriz de correlação de Pearson. Todos os testes estatísticos foram realizados à 5% de significância pelo Software R (R CORE TEAM, 2020) com os pacotes “Openxlsx”, “ExpDes.pt” e “Ggplot2”.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre as áreas de SPD06, SPD18 e SPC e PP não foram verificadas diferenças nos teores de P nas diferentes frações, com exceção da fração de P M3. Os maiores teores de P M3 foram verificados no SPC ( $\pm 92 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (Tabela 1). O Mehlich 3 pode extrair P, Fe e Al ligados com baixa energia às cargas do solo, bem como pode extrair esses cátions de óxidos de baixa cristalinidade. A quantificação de P, Fe e Al extraídos por Mehlich pode ser usada para calcular o grau de saturação de P (GATIBONI;CONDRON, 2021).

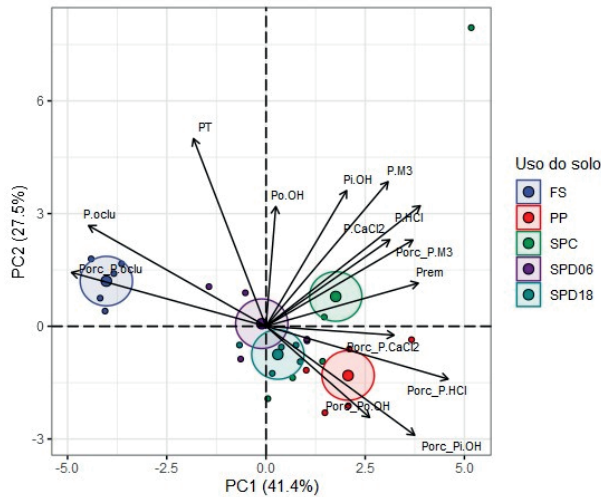
Tabela 1: Frações de P de áreas sob diferentes sistemas de uso e manejo na região Sul do Brasil.

Uso do solo	PT <sup>(2)</sup>		P sol <sup>(2)</sup>		P M3 <sup>(2)</sup>		Pi OH <sup>(1)</sup>	
	mg kg <sup>-1</sup>	%	mg kg <sup>-1</sup>	%	mg kg <sup>-1</sup>	%	mg kg <sup>-1</sup>	%
<b>SPC</b>	502,49 a	100	1,60 a	0,30	91,77 a	15,73	164,48 a	34,35
<b>SPD06</b>	512,84 a	100	1,05 a	0,20	31,91 bc	6,28	157,88 a	30,99
<b>SPD18</b>	442,81 a	100	1,14 a	0,26	46,13 ab	10,46	141,06 a	31,83
<b>PP</b>	401,11 a	100	1,79 a	0,44	22,24 c	5,50	140,45 a	34,86
<b>CV%</b>	24,81		65,40		95,20		16,80	
<b>FS</b>	650,76	100	0,95	0,15	11,54	1,77	138,68	21,30

Uso do solo	Po OH <sup>(1)</sup>		P HCl <sup>(3)</sup>		P oclu <sup>(1)</sup>		P-rem <sup>(1)</sup>	
	mg kg <sup>-1</sup>	%	mg kg <sup>-1</sup>	%	mg kg <sup>-1</sup>	%	mg L <sup>-1</sup>	%
<b>SPC</b>	110,46 a	22,34	15,82 a	3,05	118,36 a	24,22	30,70 ab	48,83
<b>SPD06</b>	151,83 a	29,71	12,46 a	2,77	157,72 a	30,34	30,33 ab	49,45
<b>SPD18</b>	126,63 a	28,53	12,18 a	2,46	115,66 a	26,15	28,20 b	53,00
<b>PP</b>	132,38 a	33,07	15,02 a	3,78	89,23 a	22,35	31,43 a	47,62
<b>CV%</b>	21,20		33,00		30,50		5,20	
<b>FS</b>	137,84	21,12	9,90	1,52	351,85	54,14	27,63	53,95

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem os teores de P entre os sistemas de uso do solo. <sup>(1)</sup>ANOVA + Teste de Tukey sem transformações de dados; <sup>(2)</sup>ANOVA + Teste de Tukey com transformações de dados; e <sup>(3)</sup>Teste de Kruskal-Wallis + diferença mínima significativa de Fisher. SPC: Sistema de preparo convencional; SPD06: Sistema plantio direto em fase de transição; SPD18: Sistema plantio direto em fase de consolidação; PP: Pastagem permanente; FS: Floresta secundária no bioma Mata Atlântica; PT: Fósforo total; P sol: Fração de P solúvel com solução de CaCl<sub>2</sub>; P M3: Fração de P disponível com solução de extratora Mehlich 3; Pi OH: Fração de P inorgânico extraído com solução de NaOH; Po OH: Fração de P orgânico extraído com solução de NaOH; P HCl: Fração de P inorgânico extraído com HCl; P oclu: Fração de P ocluso; P-rem: Fósforo remanescente; e %P-rem: ((solução de CaCl<sub>2</sub> contendo 60 mg L<sup>-1</sup> P – teores de P-rem)/ solução de CaCl<sub>2</sub> contendo 60 mg L<sup>-1</sup>)\*100.



SPC: Sistema de preparo convencional; SPD06: Sistema plantio direto em fase de transição; SPD18: Sistema plantio direto em fase de consolidação; PP: Pastagem permanente; FS: Fragmento de floresta secundária no bioma Mata Atlântica; P CaCl<sub>2</sub>: Fração de P solúvel com solução de CaCl<sub>2</sub>; P M3: Fração de P disponível com solução de extratora Mehlich 3; Pi OH: Fração de P inorgânico extraído com solução de NaOH; Po OH: Fração de P orgânico extraído com solução de NaOH; P HCl: Fração de P inorgânico extraído com HCl; P oclu: Fração de P ocluso; e PT: Fósforo total.

Figura 3: Análise componentes principais (ACP) integrando as variáveis (teores e porcentagens) relacionadas ao fracionamento do P do solo de áreas sob diferentes sistemas de uso e manejo na região Sul do Brasil.

Em relação as proporções de P em cada fração, destaque para as porcentagens de Po OH na área de PP (33,07%). Para as áreas de SPD06 e SPD18, as frações de P oclu (30 e 26%) e Pi OH (31% e 32%) apresentaram consideráveis participações no PT (Tabela 1). Na área de PP foram quantificados os maiores teores de P-rem (correspondendo a 47,62%), indicando um menor número de sítios de reação disponibilidade para P. Na área de SPD18 verificou-se os menores teores de P-rem (53%), evidenciando maior capacidade de adsorver P. Através da análise de componentes principais (ACP), verifica-se para as componentes principais (PC) 1 e 2 valores de 41,4 e 27,5%, respectivamente. Explicando 68,9% da variabilidade total dos dados. Por meio da ACP, foi possível observar a separação das áreas com a formação três grupos distintos: grupo 1, formado pelas áreas de PP e SPD18 (quadrante inferior direito); grupo 2, formado pela área de FS (quadrante superior esquerdo); e grupo 3, formado pela área de SPC (quadrante superior direito). A área de SPD06 encontra-se posicionada praticamente no centro da ACP (Figura 3). O eixo principal (PC1) separou as áreas de SPC e FS das áreas de SPD18 e PP (Figura 3).

As variáveis que mais contribuíram (valores de correlação  $-0,70 \geq r \geq 0,70$ ) para a formação da PC1 foram Porc\_P HCl (0,86), P HCl (0,72), Prem (0,72), Porc\_P M3 (0,70), Porc\_Pi OH (0,70), P oclu (-0,83) e Porc\_P oclu (-0,91). Destaque para a área de SPC

que apresentou elevada associação com a maioria das variáveis mencionadas. O eixo secundário (PC2) separou a área de FS das áreas de SPC, SPD18 e PP (Figura 3). As variáveis PT (0,93), P M3 (0,72) e Pi OH (0,70) foram os atributos discriminantes que auxiliaram na construção do PC2. A área de PP está relacionada com as porcentagens das frações de P CaCl<sub>2</sub> (solúvel), Pi e Po OH e P HCl (Figura 3).

## CONCLUSÕES

Apenas a fração extraída com solução de Mehlich 3 (P M3) e o fósforo remanescente foram influenciados pelos diferentes sistemas de produção. O sistema de preparo convencional favoreceu o aumento nos teores de P M3 (lábil) e sistema plantio direto em fase de consolidação proporcionou maior capacidade de adsorção de fósforo. A análise multivariada foi eficiente na separação e agrupamento dos diferentes sistemas de produção.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio da CAPES, CNPq, PPGA-CS/ UFRRJ, UEMS E AGRISUS.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALVARES, C.A., STAPES, J.L., SENTELHAS, P.C., GONÇALVES, J.L.M., SPAROVEK, G. **Koppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22 (6), p. 711–728, 2014.

ALVAREZ, V. V. H.; FONSECA, D. M. **Definição de doses de fósforo para determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfatos e para ensaios em casa de vegetação**. Rev Bras Ciênc Solo, v. 14, p. 49–55, 1990.

ALVAREZ, V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. **Interpretação dos resultados das análises de solos**. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (editores). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais; 1999. p. 25–32.

ASSUNÇÃO, S. A.; PEREIRA, M. G.; ROSSET, J. S.; BERBARA, R. L. L.; GARCÍA, A. C. **Carbon input and the structural quality of soil organic matter as a function of agricultural management in a tropical climate region of Brazil**. Science of the Total Environment, v. 658, p. 901-911, 2019.

BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. **Determinação estectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal**. Revista Ceres, v. 21, p. 73-85, 1974.

CARNEIRO, L. F.; VILELA DE RESENDE, A.; FURTINI NETO, A. E.; LOPES SANTOS, J. Z.; CURTI, N.; PEREIRA REIS, T. H.; RIBEIRO DO VALLE, L. A. **Soil phosphorus fractions in response to phosphate fertilization in an Oxisol under different land uses**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 35, p. 483-491, 2011. <http://dx.doi.org/doi:180218547017>. 2011.



DEISS, L.; DE MORAES, A.; DIECKOW, J.; FRANZLUEBBERS, A. J.; GATIBONI, L. C.; LANZI SASSAKI, G.; CARVALHO, P. C. **Soil phosphorus compounds in integrated crop-livestock systems of subtropical Brazil.** *Geoderma*, v. 274, p. 88-96, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.03.028>. 2016.

GATIBONI, L. C.; CONDRON, L. M. **A rapid fractionation method for assessing key soil phosphorus parameters in agroecosystems.** *Geoderma*, v.385, 114893, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114893>.

GUARDINI, R.; COMIN, J. J.; SCHIMITT, D. E.; TIECHER, T.; BENDER, M. A.; RHEINHEIMER, D. S.; MEZZARI, C. P.; OLIVEIRA, B. S.; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G. **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*, v. 93, p. 215-225, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10705-012-9511-3>.

GUARESCHI, R. F.; PEREIRA, M. G.; PERIN, A. **Adsorption of P and forms of iron in no-tillage areas in the Cerrado biome.** *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 37,1, p. 109-116, 2015. <http://dx.doi.org/doi:10.4025/actasciagron.v37i1.17686>.

HAYGARTH, P. M.; HINSINGER, P.; BLACKBURN, D. **Organic phosphorus: potential solutions for phosphorus security.** *Plant and Soil*, v. 427, p. 1-3, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3675-9>.

LISBOA, B. B.; VARGAS, L. K.; ABICHEQUER, A. D.; DORNELES, E. P.; CAPITANI, B. **Determinação do fósforo remanescente como método alternativo à textura na indicação da classe de disponibilidade de fósforo em três solos.** *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 18(1), 81-84, 2012.

MURPHY, J., RILEY, J.P., 1962. **A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters.** *Anal. Chim. Acta*, v. 27, 31-36.

PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. **Carbon, light organic matter and remaining phosphorus in different soil management systems.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, p. 508-514. 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000500010>.

PICCIN, R.; KAMINSKI, J.; CERETTA, C. A.; TIECHER, T.; GATIBONI, L. C.; BELLINASSO, R. J. S.; BRUNETTO, G. **Distribution and redistribution of phosphorus forms in grapevines.** *Scientia Horticulturae*, v. 218, p. 125-131, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.02.023>.

PRAKASH, D.; BENBI, D. K.; SAROA, G. S. **Land-use effects on phosphorus fractions in Indo-Gangetic alluvial soils.** *Agroforestry Systems*, v. 92, n. 2, p. 437-448, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10457-016-0061-6>.

RESENDE, J. C. F.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MARKEWITZ, D., KLINK, C. A.; DAVIDSON, E. A. **Phosphorus cycling in a small watershed in the Brazilian Cerrado: impacts of frequente burning.** *Biogeochemistry*, v. 105, p. 105-118, 2011. <https://doi.org/10.1007/s10533-010-9531-5>.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5 ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2 ed., v.174. 1995.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Org.). **Manual de métodos de análise de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 573p, 2017.

TELES, A. P. B.; RODRIGUES, M.; BEJARANO HERRERA, W. F.; SOLTANGHEISI, A.; SARTOR, L. R.; WITHERS, P. J. A.; PAVINATO, P. S. **Do cover crops change the lability of phosphorus in a clayey subtropical soil under different phosphate fertilizers?** *Soil Use and Management*, v. 33, n. 1, p. 34-44, 2017. <https://doi.org/10.1111/sum.12327>.

TOKURA, A. M.; FURTINI, A. E.; CARNEIRO, L. F.; CURI, N.; SANTOS, J. Z. L.; ALOVISI, A. A. **Dynamics of phosphorus forms in soils with contrasting texture and mineralogy cultivated with rice**. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 33, p. 171-179, 2011. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i1.1435>.

WADT, P. G. S.; SILVA, L. M. **Determinação do fósforo remanescente para a avaliação da disponibilidade de fósforo em solos do Estado do Acre**. Rio Branco: Embrapa Acre; 2011. (Comunicado técnico, 178).