

Fósforo disponível em solos ácidos e corrigidos com aplicação de fosfatos solúvel, reativo e natural

LUCHINI, I.¹; TIRITAN, C. S.²; FOLONI, J. S. S.³; SANTOS, D. H.*⁴

¹ Mestre em Produção Vegetal. Universidade do Oeste Paulista (Unoeste), Faculdade de Ciências Agrárias. Rod. Raposo Tavares, Km 572, Bairro do Limoeiro, 19067-175, Presidente Prudente-SP. e-mail: iluchini@hotmail.com

² Professor Doutor. Universidade do Oeste Paulista (Unoeste), Faculdade de Ciências Agrárias. Rod. Raposo Tavares, Km 572, Bairro do Limoeiro, 19067-175, Presidente Prudente-SP. e-mail: tiritan@unoeste.br

³ Pesquisador Científico. Instituto Agrônômico do Paraná (Iapar). Rod. Celso Garcia Cid, Km 375, Cx. P. 481, 86047-902, Londrina-PR. e-mail: sfoloni@iapar.br

⁴ Doutorando em Agricultura. Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas. Rua José Barbosa de Barros, 1780, Bairro Fazenda Lageado, 18610-307, Botucatu-SP. e-mail: diego@fca.unesp.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o comportamento das fontes de fósforo Arad, Fosforita Alvorada e Superfosfato Triplo em dois solos, um arenoso e outro areno-argiloso, na condição de acidez natural e após correção para atingir saturação por bases a 70%. Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, no esquema fatorial 2 x 2 x 3 x 4, sendo dois solos (arenoso e areno-argiloso), ambos em condição de acidez natural e após correção, três fontes de fertilizantes fosfatados e quatro doses (0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹), com quatro repetições. Os resultados foram submetidos à análise de variância e foi adotada a análise de regressão, ajustando-se as equações, tendo como critério para escolha do modelo matemático os testes F significativo a 1 e 5% e magnitude dos coeficientes de determinação. Os fertilizantes fosfatados elevaram os teores de cálcio e fósforo nos solos arenoso e areno-argiloso na presença e ausência de calagem. O Arad aplicado em doses elevadas nos solos ácidos alterou o pH dos solos arenoso e areno-argiloso. Os menores teores de fósforo disponível no solo foram observados nos tratamentos que receberam a aplicação de Fosforita Alvorada; os maiores teores, na aplicação do Superfosfato Triplo; o Arad apresentou teores intermediários de fósforo disponível.

Palavras-chave: acidez, fixação de fósforo, fosfato acidulado.

ABSTRACT

Available phosphorus in acid and amended soils with application of soluble, reactive and natural phosphate

The aim of this study was evaluate the behavior of the phosphorus sources Arad, Fosforita Alvorada (Alvorada phosphorite) and Superfosfato Triplo (Triple Superphosphate) in two types of soil, sandy and sandy-clay, in natural acidity and after amendment to reach base saturation at 70%. A completely randomized design was used, in a factorial scheme 2 x 2 x 3 x 4

3 x 4, being two soils (sandy and sandy-clay soils), both in natural acidity and after amendment, three phosphate fertilizer sources and four doses (0, 100, 200 and 400 kg ha⁻¹), with four replications. The results were submitted to the variance analysis, and the regression analysis was adopted, being adjusted the equations and using the F-test at 1 and 5% and the magnitude of the coefficients of determination as a criterion to the choice of the mathematical model. The phosphate fertilizers increased the levels of calcium and phosphorus in the sandy and sandy-clay soils, both in presence and absence of liming. Arad, applied at high levels in acid soils, changed the pH of the sandy and sandy-clay soils. The lowest levels of available phosphorus in the soil were observed in treatments with the application of Alvorada phosphorite; the highest levels were observed in treatments with Triple Superphosphate; and Arad presented intermediate levels of available phosphorus.

Keywords: acidity, fixing of phosphorus, acidulated phosphate.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com alto potencial agrícola, e devido à carência generalizada de fósforo nos solos brasileiros (RAIJ, 1991) faz-se necessário o uso de fertilizantes fosfatados para uma adequada nutrição e produção das espécies agrícolas. Os fertilizantes fosfatados mais utilizados na agricultura para elevar a quantidade de fósforo disponível às plantas são o superfosfato simples e o superfosfato triplo. Dados da Associação Nacional para Difusão de Adubos mostram que o consumo médio anual de matéria-prima para fertilizantes fosfatados é de aproximadamente 2,7 milhões de toneladas (ANDA, 2004) com grande tendência de elevação nos próximos anos.

Solos tropicais necessitam da correção de sua fertilidade através de calagem e fosfatagem, visando aumento de produtividade. A calagem é uma prática fundamental para reduzir as perdas pela fixação do fósforo por ferro e alumínio, como também reduzir a acidez do solo, propiciando um ambiente mais favorável ao desenvolvimento das plantas. Segundo Prochnow et al. (2003), de forma geral, a disponibilidade de fósforo é maior em solos com pH na faixa de 5,5 a 7,0.

A baixa recuperação do fósforo aplicado como fertilizante pelas culturas se deve a forte interação dos produtos da reação deste com o solo, fenômeno genericamente chamado de fixação. Há uma grande variedade de definições para o termo fixação de fósforo. Segundo Sanches e Uehara (1980), a fixação de fósforo é geralmente entendida como a transformação de formas solúveis de fósforo em formas menos solúveis após a ocorrência de reações com o solo. A capacidade de fixação de fósforo também pode ser similarmente definida como o processo pelo qual os elementos solúveis reagem com componentes inorgânicos ou orgânicos, resultando em menor mobilidade e disponibilidade (MALAVOLTA, 1976). Para Falcão e Silva (2004), a fixação de fósforo em solos depende de vários fatores, tais como pH, teor de alumínio trocável e tipos de argila e óxidos.

Diversos autores demonstraram que, em solos ácidos, os óxidos de ferro da fração argila são os principais responsáveis pela adsorção de fósforo em detrimento de outros minerais (HINGSTON et al., 1972; BAHIA FILHO, 1982; SOUZA et al., 1991).

A utilização adequada de adubos fosfatados requer conhecimentos da dinâmica do fósforo e de suas interações com o solo, bem como a determinação do teor disponível do elemento, objetivando diagnosticar as deficiências nutricionais das plantas e,

conseqüentemente, indicar as práticas necessárias para corrigi-las, visando o máximo de rendimento agrícola (MARTINEZ e HAAG, 1980). É fundamental, no entanto, determinar a relação entre o teor de nutriente no solo e o rendimento da cultura, para estabelecer o nível crítico de fósforo no solo, a fim de que sua aplicação não seja feita sem necessidade (MALAVOLTA e GOMES, 1962).

A maioria do fósforo existente nos solos não se encontra prontamente assimilável pelos vegetais pois encontram-se fixado ou mantido insolúvel ou inassimilável pelas plantas. Segundo Raij (1991), a reação do solo é o primeiro fator químico que precisa ser conhecido em uma gleba, pois, caso não seja favorável, devem ser tomadas medidas corretivas com antecedência aos cultivos e até ao preparo do solo. Afirma ainda que as condições desfavoráveis mais freqüentes nos solos brasileiros é a acidez excessiva, corrigida através da calagem, que eleva o pH e libera ânions capazes de neutralizar os prótons que promovem a acidificação da solução do solo, resultando, segundo Kaminski (2000), em aumentos na CTC e na energia de ligação pelos cátions cálcio e magnésio. Penso et al. (1982) relatam que o cálcio é o maior cátion associável ao carregador de silicato, contribuindo para o aumento do pH, aumento da CTC e decréscimo das concentrações de alumínio, ferro e manganês na solução, tanto mais quanto se aumenta o suprimento de cálcio.

A inclusão de novas áreas à agricultura brasileira, a baixa disponibilidade de fósforo desses solos, a existência de grandes jazidas de fosfato natural em diversas regiões do país e as facilidades atuais de importação de fosfatos naturais de maior reatividade têm feito com que a utilização desses fosfatos in natura seja atrativa. Essa utilização tem como problema principal à baixa reatividade, particularmente dos fosfatos naturais brasileiros e, como conseqüência, a baixa ou lenta liberação de fósforo para as plantas (NOVAIS e SMYTH, 1999).

Rosolem e Marcelo (1998), estudando o crescimento radicular da soja, constataram que a produção de matéria seca de raízes não foi significativamente afetada pela calagem e adubação fosfatada. Na ausência de fósforo e calagem, as raízes eram mais longas, com maior superfície, e geralmente mais finas. Shenk e Barber (1977) concluíram que a formação de raízes mais finas e mais longas seria um mecanismo utilizado pelas plantas para aumentar a superfície radicular. Sistemas radiculares mais finos, segundo Nilsen e Barber (1978), têm geometria mais favorável à absorção de nutrientes pouco móveis no solo, como o fósforo. Entretanto, Rosolem e Marcelo (1998) observaram que o maior comprimento e superfície das raízes observados nas menores doses fósforo e na menor saturação por bases, embora representassem geometria mais favorável pela absorção dos nutrientes pouco móveis no solo, não foram suficientes para compensar a baixa disponibilidade de fósforo.

Rheinheimer et al. (2001) afirmam que a elevação do pH retarda o processo de dissolução do fosfato natural e diminui a disponibilidade de fósforo proveniente desse fertilizante às plantas, principalmente acima de pH 5,2. Considerando a indicação de Almeida et al. (1999) de que em pH 5,2 já se minimizam os efeitos tóxicos do alumínio, esse pH parece ser o mais indicado para ser trabalhado quando da aplicação de fosfato natural.

A melhor compreensão dos fatores que influenciam a eficiência agrônômica de fertilizantes em solos argilosos e arenosos poderá auxiliar na melhoria do uso de fontes e

fornecer opções para um adequado manejo de uso de fertilizantes no sistema solo-planta. Para isso, propõe-se esse estudo, cujo objetivo foi estudar as fontes de fósforo Arad, Fosforita Alvorada e Superfosfato Triplo com diferentes doses em dois solos, um arenoso e outro areno-argiloso, na condição de acidez natural e após a correção para atingir saturação por bases a 70%.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Solos do Curso de Agronomia da Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE, em Presidente Prudente-SP, de outubro a dezembro de 2007. Os solos utilizados foram classificados como Latossolo Vermelho Amarelo e Argissolo Vermelho distroférrico (EMBRAPA, 1999). Foram coletadas amostras para caracterização de atributos químicos (RAIJ et al., 2001) e granulométricos (EMBRAPA, 1997), na camada 0 – 20 cm, com os seguintes resultados para o solo identificado como arenoso: pH (CaCl_2 1 mol L^{-1}) 4,1; 20 g dm^{-3} de MO; 2 mg dm^{-3} de P_{resina} ; 39 mmol $_c$ dm^{-3} de H+Al; 0,6 mmol $_c$ dm^{-3} de K; 4 mmol $_c$ dm^{-3} de Ca; 1 mmol $_c$ dm^{-3} de Mg; 6 mmol $_c$ dm^{-3} de SB; 44 mmol $_c$ dm^{-3} de CTC; 13% de saturação por bases (V); 122,0 g kg^{-1} de argila; 57,1 g kg^{-1} de silte; 820,9 g kg^{-1} de areia. Já os resultados da caracterização dos atributos químicos e granulométricos para o solo identificado como areno-argiloso foram os seguintes: pH (CaCl_2 1 mol L^{-1}) 4,1; 10 g dm^{-3} de MO; 7 mg dm^{-3} de P_{resina} ; 59 mmol $_c$ dm^{-3} de H+Al; 1,7 mmol $_c$ dm^{-3} de K; 3 mmol $_c$ dm^{-3} de Ca; 1 mmol $_c$ dm^{-3} de Mg; 5,7 mmol $_c$ dm^{-3} de SB; 65 mmol $_c$ dm^{-3} de CTC; 9% de saturação por bases (V); 279,0 g kg^{-1} de argila; 88,3 g kg^{-1} de silte; 632,7 g kg^{-1} de areia.

O experimento foi instalado no delineamento inteiramente casualizados, com 48 tratamentos e quatro repetições, totalizando 192 unidades experimentais, no esquema fatorial 2 x 2 x 3 x 4, sendo dois solos (arenoso e areno-argiloso); acidez natural do solo e correção do solo para atingir a saturação por bases a 70%; três fontes de fertilizantes fosfatados Arad, Fosforita Alvorada e Superfosfato Triplo e quatro doses (0, 100, 200 e 400 kg ha^{-1}). As amostras de solo foram secas em estufas de aeração forçada a 40°C por 48h e, posteriormente, passadas em peneiras de malha 2 mm. As doses de calcário foram estabelecidas em função dos resultados das análises químicas de solo. Aplicou-se calcário dolomítico (39% de CaO, 13% MgO e PRNT de 91%) para elevar a saturação por bases a 70% (Raij et al., 1997). Em função da quantidade de calcário determinada por hectare calculou-se a quantidade de calcário a ser aplicado em cada vaso com capacidade para 0,3 kg de solo. Nos tratamentos que receberam calagem, a umidade do solo foi ajustada a capacidade de campo, sendo 55 ml de água para o solo arenoso e 75 ml de água para o solo areno-argiloso. Após a aplicação do calcário e da água os solos foram incubados por 30 dias. Após o período de incubação do calcário foram adicionadas as doses dos fertilizantes fosfatados e novamente ajustou-se a umidade do solo à capacidade de campo. Os solos foram novamente incubados por um período de 30 dias e, após este período, enviados ao Laboratório de Solos da Unoeste para caracterização de atributos químicos, de acordo com Raij et al. (2001), com extração do fósforo, do potássio, do cálcio e do magnésio por resina trocadora de íons, sendo que a quantificação do fósforo e do potássio foi realizada por calorimetria e fotometria de chama, enquanto a determinação do cálcio e do magnésio foi realizada por espectrometria de absorção atômica.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão, ajustando-se as equações, tendo como critério para escolha do modelo matemático o teste F significativo a 1 e 5%, com o auxílio do programa estatístico SISVAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 encontram-se os resultados dos valores de pH do solo arenoso e do areno-argiloso, com e sem calagem, ambos sob a influência das doses e fontes de adubos fosfatados.

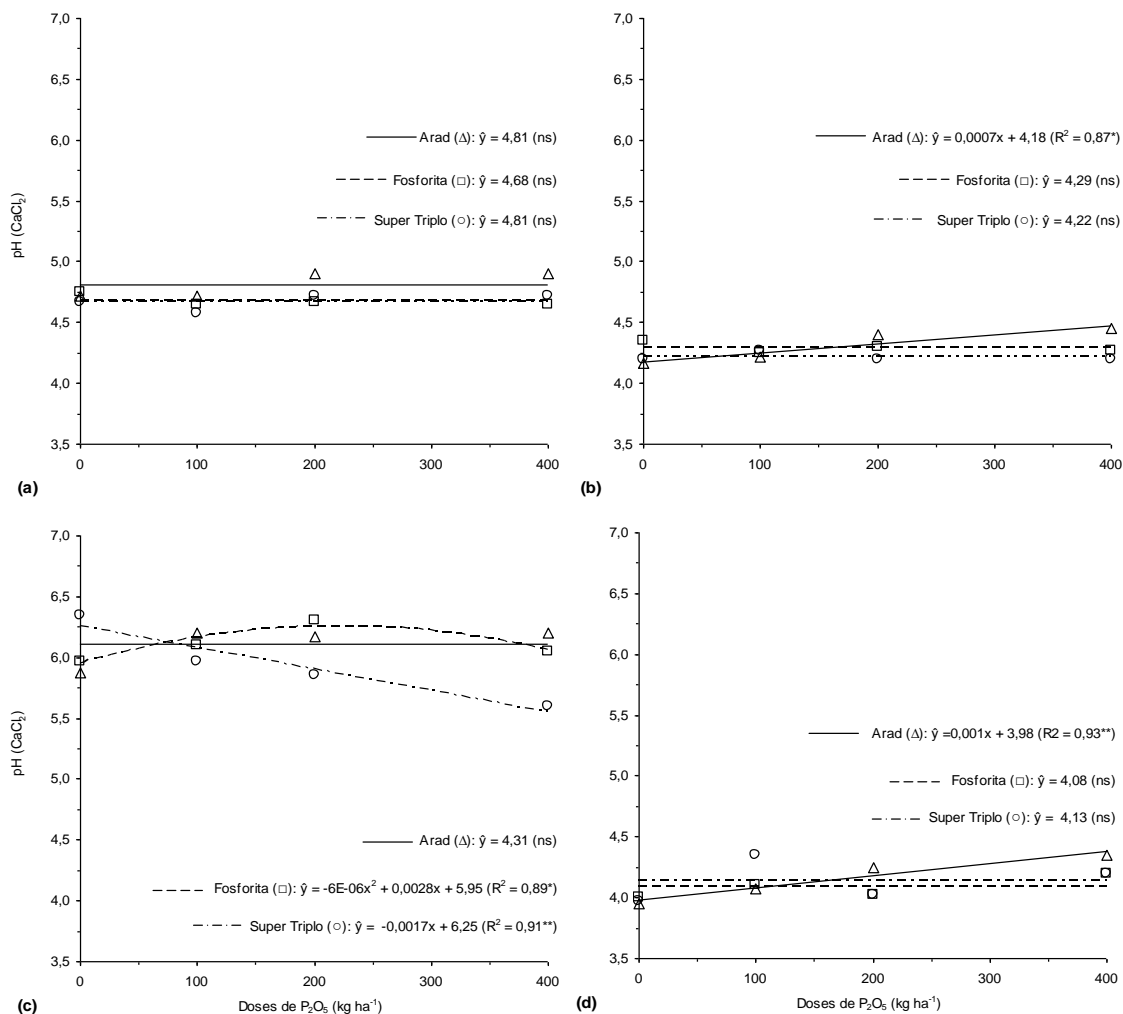


Figura 1. Valores de pH (CaCl₂) para solos arenoso com calcário (a), arenoso sem calcário (b), argiloso com calcário (c) e argiloso sem calcário (d), com doses de 0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ nas fontes Arad (Δ), Fosforita Alvorada (□) e Superfosfato Triplo (○). * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. ns: não significativo.

Verificou-se que no solo arenoso com calagem (Figura 1a) não ocorreram respostas estatisticamente significativas para as doses e fontes dos fertilizantes fosfatados, ou seja, no solo arenoso corrigido as fontes e doses de fertilizantes fosfatados não apresentaram influência sobre o pH do solo. No solo areno-argiloso corrigido (Figura 1c) o Arad não alterou significativamente o valor de pH, a Fosforita Alvorada aumentou o pH na presença da dose de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e o Superfosfato Triplo reduziu o valor de pH, sendo observado o menor valor de pH para maior dose de P₂O₅ (400 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Nos solos não corrigidos, Figuras 1b e 1d, o Arad alterou o valor de pH tanto no solo arenoso quanto no solo areno-argiloso. Nos solos ácidos sem calagem o Arad promoveu um aumento do pH, provavelmente devido a presença do carbonato de cálcio do Arad, que permitiu uma leve correção do solo, principalmente quando aplicou-se a maior dose de P₂O₅ (400 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Korndorfer et al. (1999) observaram que a acidez não foi afetada pela adubação fosfatada, nem mesmo quando se utilizou os fosfatos naturais nas doses mais elevadas. Coutinho et al. (1991) também não observaram alterações significativas das variáveis relacionadas com a acidez do solo após a aplicação de fosfatos naturais. Entretanto, outros autores citam que os fosfatos naturais podem auxiliar na correção da acidez do solo, a exemplo de Hammond (1978). Rheinheimer et al. (2001) afirmam que a aplicação de calcário também é necessária, mas a elevação do pH retarda o processo de dissolução do fosfato natural e diminui a disponibilidade de fósforo proveniente desse fertilizante às plantas, principalmente acima de pH 5,2. Considerando a indicação de Almeida et al. (1999) de que em pH 5,2 já se minimizam os efeitos tóxicos do alumínio, esse pH parece ser o mais indicado para ser trabalhado quando da aplicação de fosfato natural. A Fosforita Alvorada e o Superfosfato Triplo aplicados no solo sem calcário não alteraram os valores de pH, tanto para o solo arenoso quanto para o solo areno-argiloso (Figura 1b e 1d). Entretanto, em solos ácidos intemperizados, imediatamente após a aplicação de fontes de fósforo de elevada solubilidade em água, uma parte do fósforo aplicado pode tornar-se imediatamente indisponível pelos processos de adsorção nas superfícies de óxidos de ferro e alumínio e minerais de argila (HAVLIN et al., 2005) e/ou precipitação como minerais secundários de fósforo ligado a ferro e a alumínio.

Além disso, o uso de fertilizantes fosfatados acidulados solúveis em água, como superfosfato triplo ou simples, pelos agricultores de baixa renda é limitado nos países em desenvolvimento, principalmente pelo seu elevado custo (CHIEN et al., 1996).

Na Figura 2 encontram-se os resultados de saturação por bases (V%) nos solos arenosos e areno-argiloso com calagem e sem calagem, ambos sob a influência das doses e fontes de adubos fosfatados. Verificou-se que no solo areno-argiloso com calagem (Figura 1c) não ocorreram respostas estatisticamente significativas para as doses e fontes dos fertilizantes fosfatados, ou seja, no solo areno-argiloso corrigido as fontes e doses de fertilizantes fosfatados não apresentaram influência sobre o V % do solo. No solo arenoso corrigido (Figura 1a), a Fosforita Alvorada não alterou significativamente o valor de V %, e o Superfosfato Triplo aumentou V% do solo na presença da dose de 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅. O Arad, por sua vez, também elevou o V%, sendo observado o maior valor de V% na maior dose de P₂O₅ (400 kg ha⁻¹ de P₂O₅). No solo arenoso sem calagem (Figura 1b), o Arad e a Fosforita Alvorada promoveram aumentos significativos na saturação por bases, mas o Superfosfato Triplo não alterou significativamente a V% do solo. Para o solo areno-

argiloso sem calagem (Figura 1d) as três fontes de fertilizantes fosfatados promoveram aumentos estatisticamente significativos na saturação por bases no solo.

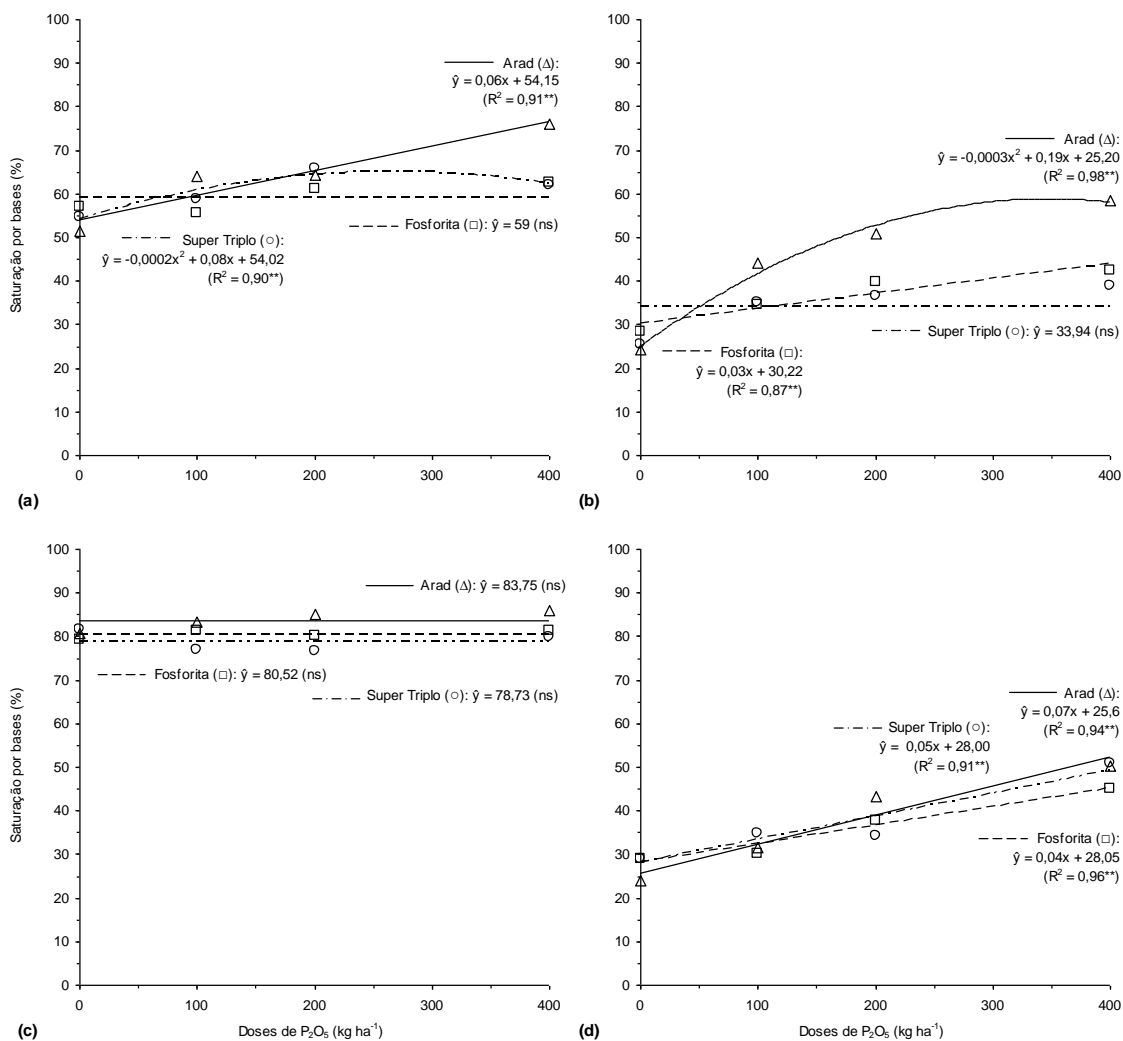


Figura 2. Saturação por bases no solo arenoso com calcário (a), arenoso sem calcário (b), argiloso com calcário (c) e argiloso sem calcário (d), com doses de 0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de P_2O_5 nas fontes Arad (Δ), Fosforita Alvorada (□) e Superfosfato Triplo (○). * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. ns: não significativo.

Na Figura 3 encontram-se os resultados dos teores de cálcio trocável no solo arenoso e areno-argiloso com calagem e sem calagem, ambos sob a influência das doses e fontes de adubos fosfatados.

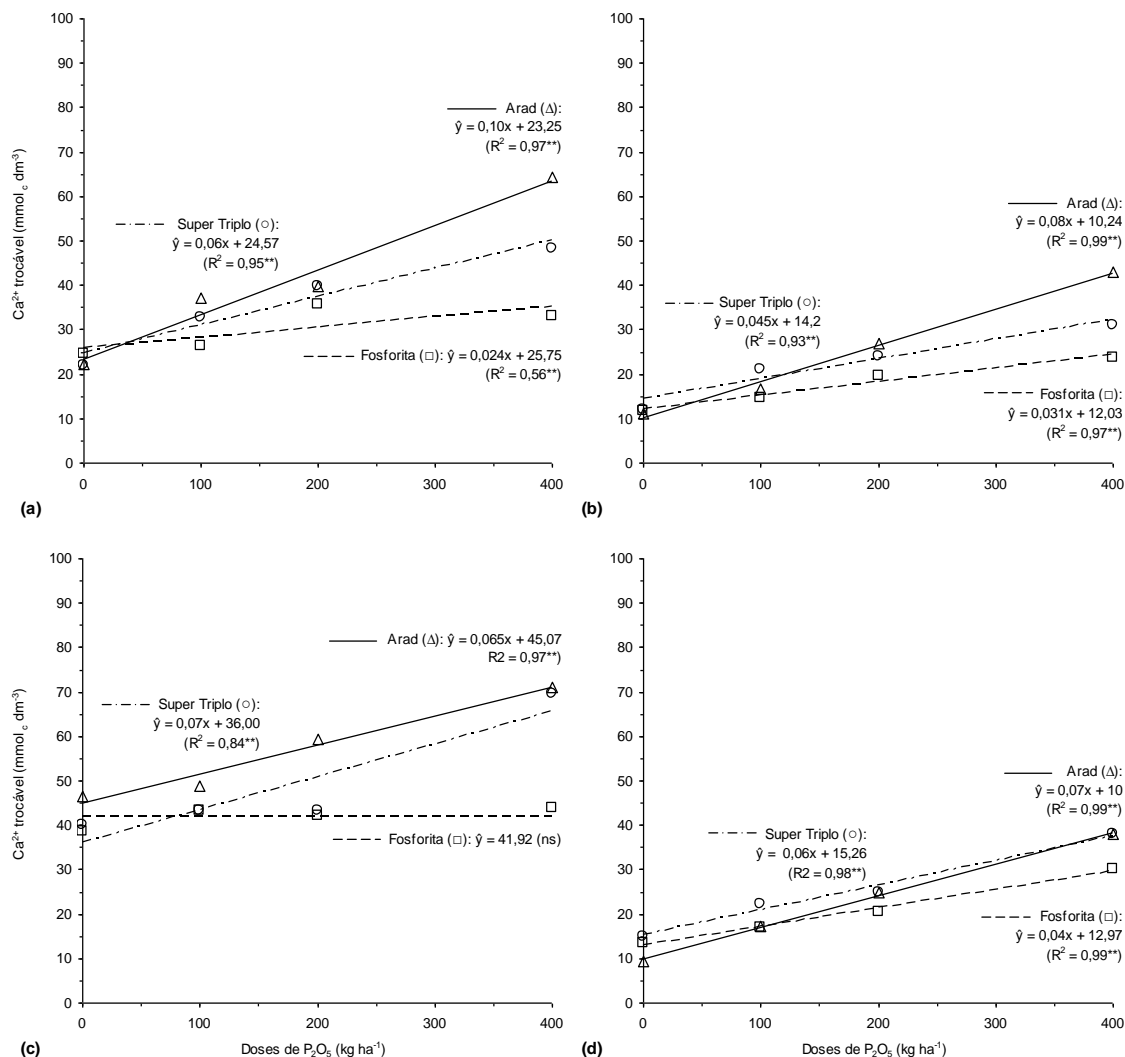


Figura 3. Teores de cálcio trocável no solo arenoso com calcário (a), arenoso sem calcário (b), argiloso com calcário (c) e argiloso sem calcário (d), com doses de 0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ nas fontes Arad (Δ), Fosforita Alvorada (□) e Superfosfato Triplo (○). * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. ns: não significativo.

Verificou-se que as fontes de fertilizantes fosfatados elevaram os teores de cálcio trocável no solo arenoso com calagem e sem calagem e no solo areno-argiloso com calagem e sem calagem, com exceção da Fosforita Alvorada no solo areno-argiloso com calagem (Figura 1c), não apresentando respostas estatisticamente significativas para os teores de cálcio trocável. O aumento dos teores de cálcio trocável no solo em função das fontes e doses de fertilizantes fosfatados é justificado pela presença de cálcio na composição dos fertilizantes fosfatados, mesmo nos fosfatos de baixa solubilidade como a Fosforita Alvorada.

Na Figura 4 encontram-se os resultados dos teores de fósforo disponível no solo arenoso e areno-argiloso com calagem e sem calagem, ambos sob a influência das doses e fontes de adubos fosfatados. Verificou-se que as fontes de fertilizantes fosfatados elevaram

os teores de fósforo disponível no solo arenoso com calagem e sem calagem e no solo areno-argiloso com calagem e sem calagem (Figura 4).

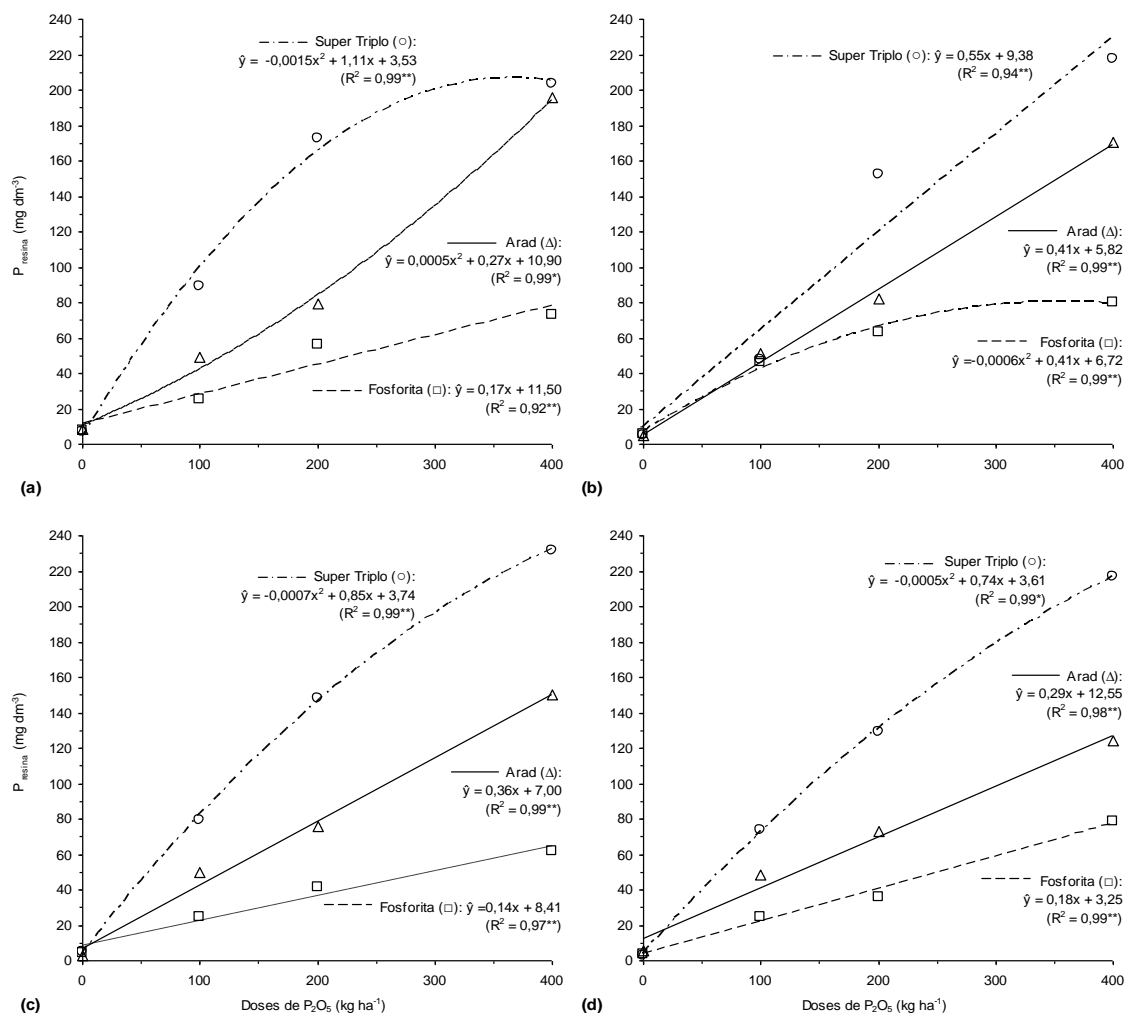


Figura 4. Teores de fósforo disponível no solo arenoso com calcário (a), arenoso sem calcário (b), argiloso com calcário (c) e argiloso sem calcário (d), com doses de 0, 100, 200 e 400 kg ha⁻¹ de P₂O₅ nas fontes Arad (Δ), Fosforita Alvorada (□) e Superfosfato Triplo (○). * e ** significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente. ns: não significativo.

A fosforita Alvorada foi o fertilizante fosfatado que apresentou os menores teores de fósforo disponível, tanto no solo arenoso quanto no solo areno-argiloso, ambos na presença e ausência de calagem. Portanto Fosforita Alvorada foi o fertilizante fosfatado que apresentou o pior desempenho para elevar os teores de fósforo disponível no solo, independente do tipo de solo (arenoso e areno-argiloso) e condição de acidez (solo ácido e corrigido). O fósforo no solo está desigualmente distribuído em cinco compartimentos: precipitando com alumínio, ferro e cálcio, adsorvido aos óxidos de ferro e alumínio da fração argila, em solução, na forma orgânica ou fazendo parte de compostos marcadamente insolúveis. Esses compartimentos exibem variadas capacidades de fixação e, portanto, de

liberação do nutriente disponível as raízes das plantas na solução do solo. Em função do pH, o fósforo ocorre nas formas aniônicas H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} ou PO_4^{3-} (NOVAIS e KAMPRATH, 1979; BAHIA FILHO, 1982; RAIJ, 1991). Nos solos tropicais, em função do pH normalmente encontrado, o fósforo ocorre quase que exclusivamente com o ânion ortofosfato (H_2PO_4^-), derivado do ácido ortofosfórico (H_3PO_4).

Quando adubos fosfatados são aplicados ao solo, depois de sua dissolução, grande parte do fósforo é retida na fase sólida, formando compostos menos solúveis, e parte do fósforo é aproveitada pelas plantas. A magnitude dessa recuperação depende, principalmente, da espécie cultivada, e é afetada pela textura, tipos de minerais de argila e acidez do solo. Além disso, a dose, a fonte, a granulometria e a forma de aplicação dos fertilizantes fosfatados também influenciam nesse processo (SOUZA et al., 2004).

O mecanismo de adsorção-dessorção é um fenômeno de superfície e, portanto, o tamanho médio dos constituintes mineralógicos da fração argila do solo destaca-se como um dos principais fatores que influenciam essas reações (SOUZA et al., 1991). A maior adsorção de fósforo ocorre em solos ricos em goethita em relação à hematita, e isso pode ser explicado em parte pelo tamanho da goethita em relação à hematita (BAHIA FILHO et al., 1983; CORRÊA, 1984; SOUZA et al., 1991).

CONCLUSÕES

Os fertilizantes fosfatados elevaram os teores de cálcio e fósforo nos solos arenoso e areno-argiloso, na presença e ausência de calagem. O Arad aplicado em doses elevadas nos solos ácidos alterou o pH dos solos arenoso e areno-argiloso. Os menores teores de fósforo disponível no solo foram observados nos tratamentos que receberam a aplicação de Fosforita Alvorada, os maiores teores para o Superfosfato Triplo e o Arad apresentou teores intermediário de fósforo disponível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J.A.; ERNANI, P.R.; MAÇANEIRO, K.C. Recomendação alternativa de calcário para solos altamente tamponados do extremo sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, p.651-656, 1999.

ANDA, Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Anuário Estatístico**. São Paulo: anda, v.2, 2004.

BAHIA FILHO, A.F.C. **Índices de disponibilidade de fósforo em Latossolos do Planalto Central com diferentes características texturais e mineralógicas**. Tese (Doutorado). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1982. 178p.

CHIEN, S.H.; MENON, R.; BILLINGHAM, K. Phosphorus availability from phosphate rock as enhanced by water-soluble phosphorus. **Soil Science Society of America Journal**, Madson, v. 60, n. 4, p.1173-1177, 1996.

COUTINHO, E.L.M.; NATALE, W.; STUPIELLO, J.J.; CARNIER, P.E. Avaliação da eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados para a cultura do milho. **Científica**, Jaboticabal, v. 19, p.93-104, 1991.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, Embrapa, 1999. 412p.

FALCÃO, N.P.S.; SILVA, J.R.A. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. **Revista Acta Amazonica**, Manaus, v.34, p.337-342, 2004.

HAMMOND, L.L. Agronomic measurements of phosphate rock effectiveness. In: SEMINAR ON PHOSPHATE ROCK FOR DIRECT APPLICATION. Muscle Shoals, **Proceedings...** Muscle Shoals: International Fertilizer Development Center, 1979. p.147-173.

HAVLIN, J.L.; BEATON, J.D.; TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers**: An introduction to nutrient management. 7.ed. New Jersey, Pearson Prentice Hall, 2005. 515p.

RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; ROBAINA, A.D.; ANGHINONI, I.; FLORES, J.P.C.; HORN, D. **Situação da fertilidade dos solos no estado do Rio Grande do Sul**. Santa Maria. Universidade Federal de Santa Maria, 2001. 41p. (Boletim Técnico, 2)

HINGSTON, F.J.; POSNER, A.M.; QUIRK, J.P. Anion adsorption by goethite and gibbsite. I. The role of the proton in determining adsorption envelopes. **Soil Science Journal**, New Jersey, v. 23, p.177-192, 1972.

KAMINSKI, J. **Efeito de cinco fosfatos pré e pós aplicados ao calcário no suprimento de fósforo ao sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench cv Conti-Brasil), em três solos ácidos**. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1983. 126p.

KORNDÖRFER, G.H.; LARA-CABEZAS, W.A.; HOROWITZ, N. Eficiência agronômica de fosfatos naturais reativos na cultura do milho. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56 n.2, 1999.

MALAVOLTA, E; GOMES, F.P. Foliar diagnosis in Brazil. In: REUTHER, W. (Ed.) **Plant analysis and fertilizer problems**. American Institute Biological Science, 1962. p.232-245.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: Nutrição de plantas e fertilidade do solo**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1976. 528p.

MARTINEZ, H.E.P.; HAAG, H.P. Níveis críticos de fósforo em *Brachiaria decumbens* (Stapt) Prain, *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickert, *Digitaria decumbens* Stent, *Hyparrhenia rufa* (Ness) Staf., *Melinis minutiflora* Pal de Beauv., *Panicum maximum* Jacq. e *Pennisetum purpureum* Schum. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.37, n.1, p.913-977, 1980.

NIELSEN, M.E.; BARBER, S.A. Differences among genotypes of corn in the kinetics of P uptake. **Agronomy Journal**, Stanford, v.70, p.695-698, 1978.

NOVAIS, R.F.; KAMPRATH, E.J. Parâmetros das isotermas de adsorção de fósforo como critério de recomendação de adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.3, n.1, p.37-41, 1979.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.T. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999, 399p.

PENSO, J.S.A.; BRAGA, J.M.; THIÉBAUT, J.T.L. Avaliação da solubilidade de fosfato de Patos. III - Mistura com torta de filtro e vinhaça. **Revista Agronômica Ceres**, Viçosa, v.29, p. 516-525, 1982.

PROCHNOW, L.I.; CHIEN, S.H.; TAYLOR, R.W.; CARMONA, G.; HENAO, J.; DILLARD, E.F. Characterization and agronomic evaluation of single superphosphates varying in iron phosphate impurities. **Agronomy Journal**, Madison, v.95, p.293-302, 2003.

RAIJ, B.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284p.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. 285p. (Boletim técnico 100).

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Editora Ceres; POTAFOS, 1991. 343p.

ROSOLEM, C. A.; MARCELLO, C.S. Crescimento radicular e nutrição de soja em função da calagem e adubação fosfatada. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.55, p.448-455, 1998.

SANCHEZ, P.A.; UHERA, G. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. In: KHASAWNEH, F.E.; SAMPLE, E.C.; KAMPRATH, E. J. **The role of phosphorus in agriculture**. Madison: ASA; CSSA; SSSA, p.471-514, 1980.

SHENK, M.K.; BARBER, S.A. Root characteristics of corn genotypes as related to P uptake. **Agronomy Journal**, Madison, v.71, p.921-924, 1977.

SOUZA, D.M.G.; MARTHA JUNIOR, G.B.; VILELA, L. Manejo da adubação fosfatada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, Piracicaba, **Anais... FEALQ**, 2004. p.101-138.

SOUZA, J.A.; CURI, N.; GUEDES, G.A.A. Relação entre mineralogia e adsorção-dessorção de fósforo em alguns Latossolos sob cerrado do planalto central. **Ciência e Prática**, Lavras, v.15, p.103-111, 1991.