

DESSORÇÃO DE FÓSFORO COM O USO DE FITAS DE FERRO EM UM NEOSSOLO REGOLÍTICO ADUBADO COM ESTERCO BOVINO

Kalline de Almeida Alves Carneiro (1); Marianne Costa de Azevedo (2); Júlia Eudocia de Araújo Monteiro (3); Vânia da Silva Fraga (4); Ignacio Hernán Salcedo (5)

Doutoranda no Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo pela Universidade Federal da Paraíba – PPGCS/UFPB/CCA kallinequimica2014@gmail.com (1); Graduanda em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba – CCA mariagro13@gmail.com (2); Graduanda em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba – CCA juliaeudocia@gmail.com (3); Professora Doutora no DSER/UFPB/CCA vfraga@cca.ufpb.br (4); Professor Doutor INSA/MCTI ignaciohsalcedo@gmail.com (5).

RESUMO: A dessorção é o processo em que o P não lábil passa para a fração lábil tornando-se disponível para a planta. A capacidade de sorção do solo faz com que o mesmo funcione como um estoque do elemento, evitando que todo o P se perca por lixiviação. O objetivo do trabalho foi avaliar o teor de fósforo adsorvido nos colóides do solo após o processo de lixiviação do solo realizado em colunas de solo, utilizando fitas de ferro. Amostras de solo de quatro propriedades de agricultura familiar, foram coletadas na profundidade de 10cm para quantificar o fósforo adsorvido após lixiviação de P. Confeccionou-se fitas impregnadas com ferro, cada fita possuía 6 cm por 1cm, para avaliar a dessorção de P. A adsorção do P foi determinada em 3g de solo acondicionado em tubos de centrífuga com 30 ml água deionizada e três fitas de papel filtro impregnadas com ferro, as fitas foram trocadas nos períodos de 0; 1; 7; 22; 28; 43; 48; 72; 88; 105 horas. As fitas impregnadas de ferro foram transferidas para tubos de centrífuga com 30 ml de solução sulfúrica (H₂SO₄) a 0,2 M. O fósforo presente na solução sulfúrica foi quantificado por meio de colorimetria. O maior tempo necessário para a adsorção do fósforo não lábil para o P lábil, refere-se ao tempo que a planta necessitaria para absorver o nutriente que estava adsorvido nos colóides do solo, ocasionando assim danos aos vegetais, que sofreram distúrbios fisiológicos em decorrência da deficiência desse elemento. Todas as amostras apresentaram a mesma tendência de acúmulo de fósforo e a dessorção máxima ocorreu após as 40 horas. Apenas a amostra 4 que possuía teores medianos de óxidos de Fe e Al (0,287 mg kg⁻¹ Fe_{ox} e 0,316 mg kg⁻¹ Al_{ox}) apresentou um menor acúmulo de fósforo quando comparado as demais áreas.

Palavras-Chave: Adsorção de P; Fitas de ferro; Fósforo acumulado; Processo de dessorção.

INTRODUÇÃO

O fosforo é liberado no solo pelo processo de intemperização das rochas e minerais ou pelo processo de mineralização da matéria orgânica (Santos, 2008). Naturalmente boa parte dos solos brasileiros possuem baixa reserva de P, o que tem limitado a produção agrícola, pois para que a produção vegetal seja satisfatória é necessário que haja a adição de fontes de fósforo no solo o que aumenta os custos de produção.

Apenas uma parte do fósforo adicionado no solo é aproveitado pelas culturas, isto ocorre, porque os solos intemperizados possuem elevados teores de argila e de óxidos de ferro e alumínio funcionando como dreno de P, indisponibilizando o nutriente para as plantas (UEHARA, 1988; ROLIM NETO et al., 2004).

Contudo observa-se que o fósforo pode migrar para camadas mais profundas do solo. Esse movimento vertical do nutriente pode causar prejuízos econômicos para o produtor, pois as plantas não iram se beneficiar desse nutriente, e também prejuízos ambientais uma vez que o P pode contaminar águas subterrâneas e provocar o crescimento de microrganismos nocivos tornando a água imprópria para o consumo (Toor et al., 2015).

O fósforo (P) pode ser encontrado pela forma orgânica e inorgânica. O P inorgânico ou P não-lábil (fixação), P lábil ou fator quantidade (Q) que está adsorvido nos colóides do solo, P solução do solo fator intensidade (I) (Costa, 2008). É chamado de dessorção ou difusão o processo em que o fósforo de frações poucos lábeis até chegar frações lábeis. Este processo pode ocorrer com certa facilidade, porém é necessário um grande espaço de tempo até que isso ocorra (PINTO, 2012).

A capacidade de sorção de P pelo solo é um fator importante do ponto de vista nutricional para a planta pois isto permite que o solo se torne uma reserva desse mineral, que é lentamente liberado para a solução do solo. Solos com baixa capacidade de sorção de P tendem a sofrer com a lixiviação do P (PINTO, 2012).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o processo de dessorção de P analisando o fosforo acumulado, por meio de utilização de fitas impregnadas de ferro, em amostras de solos de áreas adubadas com esterco bovino que foram submetidas a lixiviação anteriormente.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Laboratório de Matéria Orgânica, situado na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Departamento de Solos e Engenharia Rural (DSER), Campus II, Areia-PB.

As amostras de solo foram coletadas no município de Esperança no estado da Paraíba, no Agreste paraibano, na profundidade de 0 – 10 cm em quatro áreas distintas de agricultura familiar. O solo predominante nas áreas de coleta é o Neossolo Regolítico eutrófico (Embrapa, 2013), de textura arenosa à franco-arenosa.

As áreas receberam as seguintes nomenclaturas: Área 1, Área 2, Área 3 e Área 4. Foram feitas análises químicas para: P_{ext} (P Mehlich), P_w (P em água), Ca²⁺ (Cálcio trocável), (K⁺) Potássio, Mg²⁺ (Magnésio trocável), pH em água, Fe_{ox} (Ferro oxalato), Al_{ox} (Alumínio oxalato). Os teores de P e K foram

extraídos por meio da solução extratora de Melhlich-1, sendo quantificados por colorimetria e fotometria de chama respectivamente; Ca e Mg trocáveis foram extraídos com KCl 1 mol L⁻¹ e quantificados por complexometria com EDTA 0,0125M (EMBRAPA, 1997); os teores de Fe e Al foram quantificados com oxalato de amônio a 0,2 M, utilizando-se a metodologia de Schwertmann (1964) e Mckeague e Day (1966). As análises físicas feitas foram: densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp), porosidade total (P%) e argila (EMBRAPA, 1997). As análises químicas e físicas constam nas tabelas 1 e 2 respectivamente.

A lixiviação que antecede o ensaio de dessorção de fósforo, foi feita utilizando colunas preenchidas com solo. O processo de lixiviação utilizava além das colunas uma bomba peristáltica e um coletor de frações automático. As colunas de solo eram conectadas aos dois aparelhos através de capilares, utilizando-se uma solução salina de cloreto de cálcio (CaCl₂) 0,001 M e cloreto de potássio (KCl) 0,001 M. o fosforo do eluente coletado em tubos de ensaio pelo coletor de fração foi quantificado por colorimetria seguindo Murphy e Riley (1962) para observar a perda de fosforo por lixiviação.

Para a realização do ensaio de dessorção de P, utilizou-se fitas de papel de filtro impregnadas com ferro. Inicialmente foram cortados discos de papel de filtro com 30 cm de diâmetro, que foram mergulhados em solução de cloreto férrico (FeCl₃) a 100 g L⁻¹ durante 20 segundos e depois colocados para secar a temperatura ambiente. Utilizou-se um recipiente (a mesma usada para cortar os discos de papel filtro) contendo 200 mL de solução de hidróxido de amônio (NH₄OH) a 15 % de amônia (NH₃), agitando-se suavemente com o agitador magnético. Cada disco de papel filtro previamente impregnado com Fe foi apoiado na borda do recipiente durante 2,5 minutos para cada face do disco de papel de filtro, posteriormente os discos foram colocados para secar durante 24 horas em temperatura ambiente. Decorrido este tempo os filtros foram lavados com água deionizada para retirar o excesso de sais e depois colocados para secar. Os discos impregnados de Fe originaram fitas com 1 cm de largura por 6 cm de comprimento.

Após o processo de lixiviação o solo presente nas colunas foi seco ao ar. Posteriormente foi pesado 3 g do solo e depositado em tubos de centrífuga de 45 ml, e foi adicionado 30 ml de água deionizada e três fitas de ferro. Os tubos foram agitados por períodos de 0; 1; 7; 22; 28; 43; 48; 72; 88; 105 horas. Ao término de cada período as fitas eram substituídas por fitas novas, as fitas eram retiradas com o auxílio de uma pinça e lavadas com 1 ml (0,5 ml para cada face) de água deionizada

de modo que, as partículas do solo ficassem dentro do tubo falcon de 50 ml. Após lavadas, as fitas de ferro eram transferidas para outros tubos de centrífuga contendo 30 ml de solução sulfúrica (H₂SO₄) a 0,2 M e agitados por 24 horas. O fósforo presente na solução sulfúrica foi determinado segundo Murphy e Riley (1962).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tab. 1, observa-se que os resultados de pH variam entre 7,92 a 8,02 para todas as áreas, trata-se de solos ligeiramente alcalinos, segundo Mitchell e Tu (2006) a aplicação contínua de esterco bovino pode aumentar significativamente o pH do solo. Os teores de Fe_{ox} apresentaram uma baixa variação entre as amostras analisadas, variando entre 0,165 e 0,349 mg kg⁻¹. Já os teores de Al_{ox} tiveram uma maior variação entre as amostras variando entre 0,047 e 0,522 mg kg⁻¹. Os teores de Pw e P ext apresentaram baixas variações, pois são amostras de áreas diferentes, mas com a mesma com profundidade de 0 – 10cm.

Tabela 1: Propriedades químicas de um Neossolo Regolítico em área de agricultura familiar adubadas com esterco bovino, Esperança-PB.

		Fe _{ox}	Al _{ox}	pH	P ext	Pw	K	Mg	Ca
Área	Prof.	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(1:2,5)	(µg g ⁻¹)	(ug g ⁻¹)	(mg Kg ⁻¹)	(Cmolc kg ⁻¹)	(Cmolc kg ⁻¹)
1	10cm	0,349	0,047	7,93	47,261	20,199	17,5	0,60	0,5
2	10cm	0,307	0,522	8,00	49,699	12,027	14,1	0,35	1,0
3	10cm	0,165	0,317	8,02	54,537	14,454	15,0	0,29	1,2
4	10cm	0,287	0,316	7,92	45,262	11,518	7,2	0,34	1,1

Oxalato de Ferro (Fe ox), Oxalato de Alumínio (Al ox), pH (pH em água), Fósforo extraível por Mehlich-1 (P ext), fósforo solúvel em água (Pw), Potássio (K), Magnésio (Mg) e Cálcio (Ca).

É comum que a camada superficial do solo (0-10cm) apresente maior teor de Pw, pois é nessa camada que ocorre a deposição de material orgânico como restos de culturas, e além disso a adubação com esterco animal, pois esses materiais são mineralizados pelos microrganismos presentes no solo, disponibilizando moderadamente os nutrientes inclusive o P.

Percebe-se na Tab. 2 que as amostras de todas as áreas apresentaram valores de Ds variando entre 1,07 a 1,43 g cm⁻³, que são teores normais para solos de textura arenosa. Devido ao

baixo teor de óxidos de ferro e alumínio de todas as amostras, a densidade de partículas se manteve dentro da normalidade com valores variando entre 2,55 e 2,65 g cm⁻³. Os valores de porosidade total, volume de poros e teor de argila não diferiu entre as áreas, pois trata-se de um mesmo tipo de solo.

Tabela 2: Propriedades Físicas do Solo um Neossolo Regolítico em área de agricultura familiar adubadas com esterco bovino, Esperança-PB

Área	Prof.	Ds (g cm ⁻³)	Dp (g cm ⁻³)	Pt (%)	Vp (L)	Argila (g kg ⁻¹)
1	10cm	1,43	2,55	35	19,7	27
2	10cm	1,13	2,56	35	19,7	27
3	10cm	1,22	2,61	35	19,7	27
4	10cm	1,07	2,65	35	19,7	27

Densidade do solo (Ds), Densidade de partículas (Dp), Porosidade total (Pt) e Volume de poros (Vp).

Galvão (2008) concluiu com base em seus estudos que o P desloca - se verticalmente tornando as camadas subsuperficiais mais ricas desses nutrientes. Já no solo em estudo, a quantidade de P encontrada nas camadas 10-20cm, 20-30cm, 30-40cm, 40-50cm foram tão baixas que estas amostras foram desconsideradas para fazer o ensaio de deslocamento miscível de P.

Na Figura 1, observa-se uma redução no teor de Pw, a medida que reduz o teor de Feox nas amostras. Apesar de que os óxidos de Fe contribuem para a adsorção P, nota-se que os óxidos de Fe não tiveram grande interferência sobre os teores de Pw. Uma vez que a amostra com maior teor de Feox (0,349 g kg⁻¹) também apresentou o maior teor de Pw 20,19 ug g⁻¹.

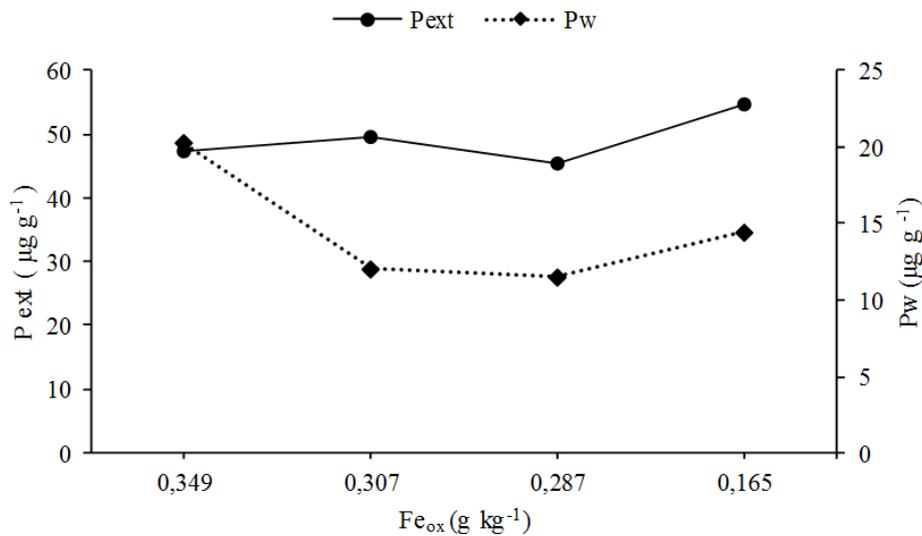


Figura 1. Teores de P extraído em Mehlich e P em água em função das variações dos teores de Ferro para as áreas 1; 2; 4; 3 respectivamente.

Já os óxidos de Al tiveram uma maior influência sobre os teores de P_w, visto que analisando a Fig. 2 constata-se que conforme o teor de óxidos de Al aumenta há uma redução nos teores de P_w. Uma vez que a amostra que apresentou o menor teor de Al ox (0,047 g kg⁻¹) também apresentou o maior teor de P_w. A amostra que apresentou o menor teor de P_w (11,518 ug g⁻¹) foi a amostra 4 que apresentava teores médios de Feox (0,287 g kg⁻¹) e Alox (0,316 g kg⁻¹).

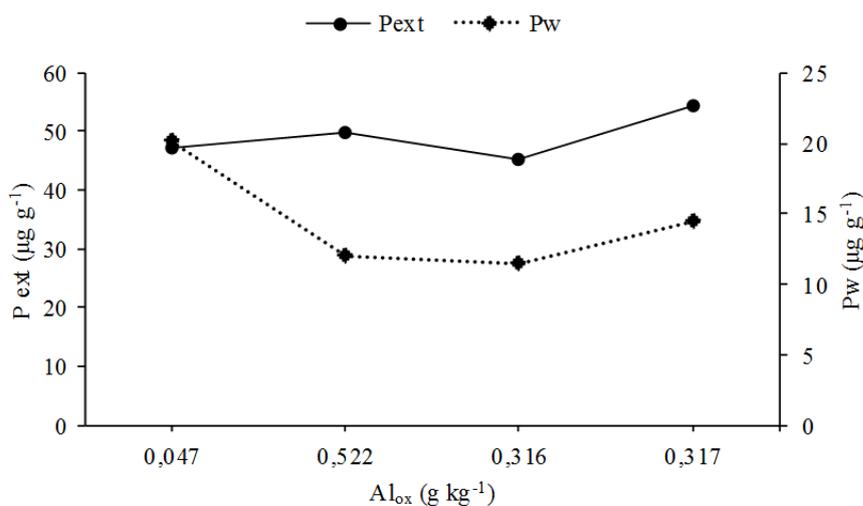


Figura 2. Teores de P extraído em Mehlich e P em água em função das variações dos teores de Alumínio para as áreas 1; 2; 4; 3 respectivamente.

No ensaio com lixiviação em todas as amostras os teores de P eram maiores nos primeiros números de volumes de poros (NVP) e havia uma redução do teor do nutriente a medida que se aumentava o NVP. A lixiviação era interrompida quando os teores de P era abaixo de 6 ug g^{-1} . A maior perda de P foi observada na área 1 chegando a $100,305 \text{ ug g}^{-1}$ seguida pela área 4 que apresentou uma perda máxima de $89,340 \text{ ug g}^{-1}$. As áreas 2 e 3 tiveram um comportamento bastante semelhante com perdas máximas de $67,667 \text{ ug g}^{-1}$ e $66,706 \text{ ug g}^{-1}$ respectivamente.

Após o termino da lixiviação, analisou a cinética de dessorção de P em solo arenoso adubado com esterco bovino (Figura 3).

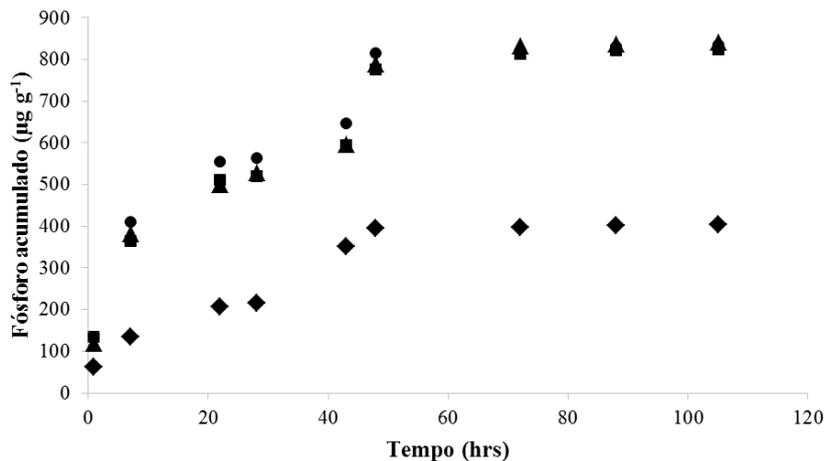


Figura 3: Cinética de dessorção de P em solo arenoso adubado com esterco bovino, utilizando fitas-Fe. Área 1 ▲; Área 2 ■; Área 3 ●; Área 4 ◆.

Durante a remoção de fósforo por meio das fitas de Fe, ocorreu uma remoção gradual e contínua do P na solução, com a dessorção do P presente na fase sólida para manter o equilíbrio entre solo/solução (MENON et al., 1989). Em virtude do processo de dessorção se referir a transferência do P lábil para a solução do solo, quanto maior o tempo em que o P lábil demora alcançar equilíbrio com a solução do solo maior será os danos aos vegetais, que sofreram distúrbios fisiológicos com a deficiência desse mineral.

O ensaio com as fitas impregnadas de ferro com variações de tempo, 1 hr até 105 hrs após a lixiviação, relata que uma única extração não é totalmente suficiente para estimar o fósforo potencialmente disponível as plantas, uma vez

que o P é acumulado em diversas formas no solo, cujas cinéticas de dessorção dependem de sua interação com os demais constituintes do solo (RHEINHEIMER et al., 2003).

Observa-se na Fig. 3 que as diferentes amostras embora tenham variações nos teores óxidos de Fe e Al apresentaram o mesmo comportamento na extração e acumulação de P. De forma geral todas as amostras seguiram a mesma tendência de comportamento, visto que todas as amostras apresentaram uma cinética de rápida dessorção na fase inicial até aproximadamente 30 horas, e a quantidade de P extraída se estabilizou depois de 40 horas.

A única amostra que obteve um menor teor de acumulação de P foi a amostra da área 4, esta amostra apresenta teores medianos de óxidos de Fe e Al ($0,287 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Fe}_{\text{ox}}$ e $0,316 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Al}_{\text{ox}}$) e possui o menor teor de Pw ($11,518 \text{ ug g}^{-1}$) e o menor teor de Pext ($45,262 \text{ mg kg}^{-1}$). É esperado que amostras com baixos teores de Pw também tenham baixos teores de P dessorvido.

Segundo Santos (2015) os valores de acúmulo de P são maiores para os solos com maiores teores de argila e óxidos de Fe e Al, porém isto não foi observado neste ensaio uma vez que a área 4 foi a única que apresentou um baixo teor de acúmulo de P em comparação com as demais áreas. Tal fato pode ser explicado devido a quantidade de esterco utilizado na área uma vez que os agricultores não medem a quantidade de esterco adicionada ao solo, eles adicionam de acordo com a disponibilidade do material na propriedade.

CONCLUSÕES

As fitas de ferro são eficientes na quantificação do fósforo adsorvido nos coloides do solo.

A dessorção máxima de P ocorreu após 40 horas de contato das fitas de ferro com o solo, extraindo assim todo fosforo que estava adsorvido nos coloides do solo.

As amostras das áreas 1, 2, e 3 apresentaram o mesmo teor de P acumulado, apesar de serem áreas com diferentes teores de óxidos de Fe e Al.

REFERÊNCIAS

COSTA, V. L. **Formas de fósforo e seu transporte pela enxurrada num Latossolo que recebeu lodo de esgoto.** 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado – Agricultura tropical). Campinas. 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (RJ). **Manual de métodos de análise de solo.** 2ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 212p.

GALVÃO, S. R. S.; SALCEDO, I. H. & OLIVEIRA, F. F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.12, p.99-105. 2008.

GIRACCA, E. M. N.; NUNES, J. L. da S. **Fertilizantes : Fósforo (P).** Disponível em:<http://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutrientes_fosforo.aspx>. Acesso em: 27 jan. 2017.

MENON, R.G., CHIEN, S.H., HAMMOND, L.L. **The Pi soil phosphorus test: a new approach to testing for soil phosphorus.** Muscle Shoos, Alabama : International Fertilizer Development Centre, 1989a. 1Op.

MURPHY, J. & RILEY, J.P. A Modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chem. Acta**, Oxford, v.27, n.1, p.31-36, 1962.

PINTO, Flávio Araújo. **SORÇÃO E DESSORÇÃO DE FÓSFORO EM SOLOS DE CERRADO.** 2012. 47 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Jataí - Go, 2012.

RHEINHEIMER, D.S. et al. Sorção de fósforo em função do teor inicial e de sistemas de manejo de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.1, p.41-49, 2003a.

RHEINHEIMER, Danilo dos Santos et al. Dessorção de fósforo avaliada por extrações sucessivas em amostras de solo provenientes dos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, Santa Maria - Rs, v. 33, n. 6, p.1053-1059, Dezembro de 2003.

ROLIM NETO, F. C. et al. **Adsorção De Fósforo, Superfície Específica E Atributos Mineralógicos Em Solos Desenvolvidos De Rochas**

Vulcânicas Do Alto Paranaíba (Mg): Seção Ii - Química E Mineralogia Do Solo. 28. ed. [S.l.]:Revista Brasileira de Ciência do Solo, 953-964 p. 2004.

SANTOS, D. R. dos ; GATIBONI, L. C. ; KAMINSKII, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. 2. ed. Santa Maria - RS: **Ciencia Rural**, 576-586 p. v. 38. 2008.

SANTOS, Juliana Zomazete dos. **TRANSPORTE DE FÓSFORO EM SOLO ARENOSO ADUBADO COM ESTERCO.** 2015. 116 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência do Solo, Universidade Federal da Paraíba, Areia - Pb, 2015.

TOOR, G. S.; SIMS, J. T..Managing Phosphorus Leaching in Mid-Atlantic Soils: Importance of Legacy Sources. *Advancing Critical Zone Science*. P. 1-12, 2015.

UEHARA, G. **Agric properties and their significance to soil classification.** In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 8., Rio de Janeiro, 1986. *Proceedings*. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS, 1988. p.19-22.