

PERDA DE FÓSFORO POR LIXIVIAÇÃO EM SOLOS ADUBADOS COM ESTERCO BOVINO

Marianne Costa de Azevedo (1); Kalline de Almeida Alves Carneiro (2); Bruno de Oliveira Dias (3); Vânia da Silva Fraga (4); Ignácio Hernán Salcedo (5)

*Graduanda em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba – CCA mariagro13@gmail.com (1);
Doutoranda no Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo pela Universidade Federal da Paraíba –
PPGCS/UFPB/CCA kallinequimica2014@gmail.com (2); Professor Doutor no DSER/UFPB/CCA
b2dias@yahoo.com.br (3); Professora Doutora no DSER/UFPB/CCA yfraga@cca.ufpb.br (4); Professor
Doutor INSA/MCTI ignaciohsalcedo@gmail.com (5).*

RESUMO: O fósforo (P), é um macronutriente primário, mas relativamente imóvel no solo devido à forte interação com a fase sólida (adsorção). Essa adsorção ocorre principalmente em solos tropicais porque o P apresenta-se fortemente retido nas argilas e óxidos de Fe e Al presentes no solo. No entanto, em solos de textura arenosa, o P, nativo ou adicionado via esterco, pode ser lixiviado para camadas mais profundas, afetando a sustentabilidade dos agroecossistemas. O objetivo deste trabalho foi avaliar as perdas de fósforo por lixiviação em colunas preenchidas com amostras de solos arenosos adubados com esterco bovino. As amostras foram coletadas em quatro áreas de agricultura familiar nas profundidades de 0 a 50 cm com intervalos de 10 cm em cada amostra de solo. A determinação de P ext (Mehlich – 1) e Pw (Água) foram realizadas nas amostras da camada de 0 -10 cm de profundidade devido à alta concentração de Pw, previamente determinado. Para a extração do P por lixiviação foram instaladas colunas representadas em triplicatas para a profundidade de 0-10 cm de solo selecionada, utilizando-se para a lixiviação uma solução salina com KCl e CaCl₂ à 0,001M, aplicada a quantidades equivalente a 50 Vp por meio de uma bomba peristáltica com uma vazão de 2,90 cm³ min⁻¹, e em seguida o P lixiviado foi determinado por colorimetria. Uma das áreas apresentou o maior teor de Fe_{ox} 0,349 mg g⁻¹, menor teor de Al_{ox} 0,047 mg g⁻¹, o maior teor de Pw 20,199 ug g⁻¹ e a maior perda de P por lixiviação. Sugerindo que o teor de Fe_{ox}, presente no solo, não foi suficiente para adsorver o P.

Palavras-chave: Adsorção; Colunas de solo; óxidos de ferro e alumínio.

INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é um macronutriente primário, absorvido em menores quantidades quando comparado aos demais macronutrientes. Trata-se de um nutriente indispensável para o completo desenvolvimento do vegetal (Giracca; Nunes, 2017).

O P é o nutriente que mais tem limitado a produção agrícola com maior frequência (Janegitz et al., 2013), isso se deve ao fato de que os solos intemperizados funcionam como dreno, indisponibilizando o P para as plantas, isso ocorre em decorrência da intensa perda de sílica resultando em alto teor de óxidos de ferro e alumínio, e de elevado teor de argila no solo (UEHARA, 1988; ROLIM NETO et al., 2004). No entanto, tem-se observado o movimento do fósforo no perfil do solo, após aplicação contínua de esterco em solos arenosos com baixa capacidade de adsorção de P (Galvão e Salcedo, 2009), o P presente nas camadas superficiais do solo, pode ser lixiviado, atingindo camadas mais profundas do solo podendo inclusive contaminar lençóis freáticos, o que ocasiona prejuízos

(83) 3322.3222

contato@conidis.com.br

www.conidis.com.br

para o agricultor e para o meio ambiente (Toor et al., 2015).

A produção na região Agreste paraibana se torna limitada sem a adição de adubos, isto se deve ao fato que solos desta região são pobres em N e P. Nessa região predomina a agricultura familiar, em geral estes produtores utilizam como fonte de nutrientes o esterco bovino. O esterco bovino é adicionado ao solo sem nenhuma medida, ou seja, a quantidade aplicada varia de acordo com a disponibilidade do insumo na propriedade (Oliveira et al., 2011; Menezes & Salcedo, 2007).

O Neossolo Regolítico é uma classe de solo que se destaca por apresentar textura arenosa com pequena variação ao longo do perfil. Com baixa capacidade de adsorção de nutrientes, quando comparado com solos argilosos (Tito et al., 1997). Essa baixa capacidade de adsorção de nutrientes facilita o processo de lixiviação, principalmente durante a época chuvosa.

Os Oxihidróxidos de Fe e Al são os principais responsáveis pela adsorção de P no solo, isto porque esses óxidos possuem uma elevada superfície específica e capacidade máxima de adsorção de P. Os óxidos de Fe e Al estão presentes em grandes quantidades em solos argilosos e muito intemperizados isso devido à perda de sílica. Porém, solos arenosos podem conter em sua fração argila quantidades de Fe e Al que são suficientes para reduzir a movimentação do fósforo (Sins, 1998; Tarkalson, 2009).

O objetivo deste trabalho foi avaliar as perdas de fósforo por lixiviação em colunas preenchidas com amostras de solo classificado como Neossolo Regolítico adubado com esterco bovino.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no Laboratório de Matéria Orgânica, situado no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Areia-PB.

As amostras de solo foram coletadas nos municípios de Esperança no estado da Paraíba, no Agreste paraibano, nas profundidades de 0-10; 10-20; 20-30; 30-40; 40-50 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: Pext (P mehlich),

Pw (P em água), Ca^{2+} (Cálcio trocável), (K^+) Potássio, Mg^{2+} (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 Mehlich-1, sendo quantificados por colorimetria e fotometria de chama respectivamente; Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis foram extraídos com KCl 1 mol L^{-1} e quantificados por complexometria com EDTA $0,0125\text{M}$ (EMBRAPA, 1997); os teores de Fe e Al foram quantificados com oxalato de amônio a $0,2 \text{ M}$, 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.

Para a realização do ensaio de adsorção e dessorção de P, foram selecionadas todas as áreas nas profundidades de 10 a 50 cm, realizando a determinação de Pext (Fósforo Mehlich) e Pw (Fósforo em água), porém apenas as amostras da profundidade de 0-10 cm continham teores significativos de Pw, quando comparado às demais profundidades.

O conjunto de transporte de íons é composto por colunas de acrílico com volume $50,50 \text{ cm}^3$, com bases de PVC constituídas internamente com anel de borracha para garantir perfeita vedação do sistema. Na parte superior e inferior da coluna, foi colocada uma chapa 2+ de latão de 3 mm de espessura perfurada (orifícios com diâmetro de 2 mm) e, em seguida, um filtro de nylon para impedir a perda do solo durante a realização do ensaio.

O conjunto de coluna e base foi pesado antes e depois do preenchimento com solo para a determinação da densidade do solo no interior de cada coluna. As colunas foram preenchidas com solo em camadas de aproximadamente 2 cm, levemente compactada com um bastão de vidro.

As colunas foram preparadas em triplicatas para a camada de 0-10 cm. Após o acondicionamento do solo nas colunas, se iniciava o processo de saturação ascendente lento que durava em torno de 24 horas, utilizando uma solução salina constituída de cloreto de cálcio (CaCl_2) $0,001 \text{ M}$ e cloreto de potássio (KCl) $0,001 \text{ M}$.

Após a saturação deu-se início ao processo de deslocamento miscível, utilizou-se uma bomba peristáltica IPC Ismatec, conectada por capilares utilizando a mesma solução salina utilizada na saturação, a vazão média utilizada foi de $2,90 \text{ cm}^3 \text{ min}^{-1}$.

O efluente foi coletado em tubos de ensaio com tempo pré-fixado, foi utilizado um coletor de fração automático Gilson FC206. O fósforo

coletado foi quantificado por colorimetria segundo Murphy e Riley (1962). Em todas as colunas foram determinadas as seguintes propriedades: densidades do solo (D_s), densidade de partícula (D_p), volume de poros (V_p), porosidade (ε), vazão (Q), fluxo (q), e velocidade média da solução nos poros (v). O volume de poros (V_p) foi determinado a partir da seguinte equação.

$$V_p = V_c * \varepsilon = \pi r^2 h \left(1 - \frac{D_s}{D_p}\right)$$

(1)

sendo:

V_p = volume de poros do solo na coluna (cm^3)

V_c = volume da coluna (cm^3)

ε = porosidade total ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$)

r = raio interno da coluna (cm)

h = altura de solo na coluna (cm)

D_s = densidade do solo (g cm^{-3})

D_p = densidade das partículas (g cm^{-3})

A vazão (Q) foi calculada por meio da relação:

$$Q = \frac{V}{t} \tag{2}$$

Onde:

Q = vazão ($\text{cm}^3 \text{ h}^{-1}$)

V = volume da solução (cm^3)

t = tempo (h)

O fluxo, q (cm h^{-1}) foi calculado por meio da relação:

$$q = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

Sendo:

A - Seção transversal da coluna, cujo valor será de 5,14 cm².

A velocidade média da água nos poros, v (cm h⁻¹), foi determinada por meio da relação:

$$v = \left(\frac{V}{A}\right) / t \quad (4)$$

Sendo:

v = soma do volume de poros.

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, tratasse de solos ligeiramente alcalinos, segundo Mitchell e Tu (2006) a aplicação contínua de esterco bovino pode aumentar significadamente 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.

Área	Prof.	Fe _{ox} (mg kg ⁻¹)	Al _{ox} (mg kg ⁻¹)	pH (1:2,5)	P ext (mg kg ⁻¹)	Pw (ug g ⁻¹)	K (mg Kg ⁻¹)	Mg (Cmolc kg ⁻¹)	Ca (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.

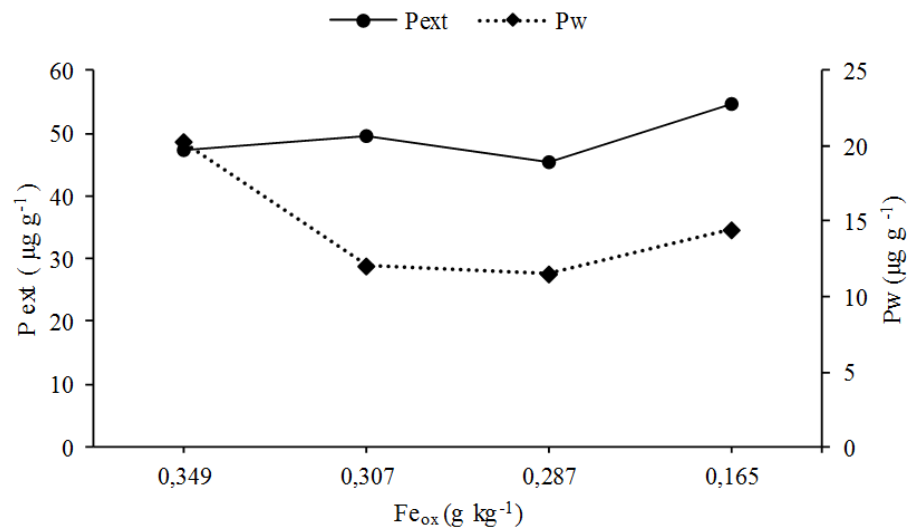


Figura 1. Teores de P extraído em Mehlich e P em água em função das variações dos teores de Ferro para as áreas 1; 2; 4; 3 respectivamente.

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 Fe_{ox} (0,287 g kg⁻¹) e Al_{ox} (0,316 g kg⁻¹).

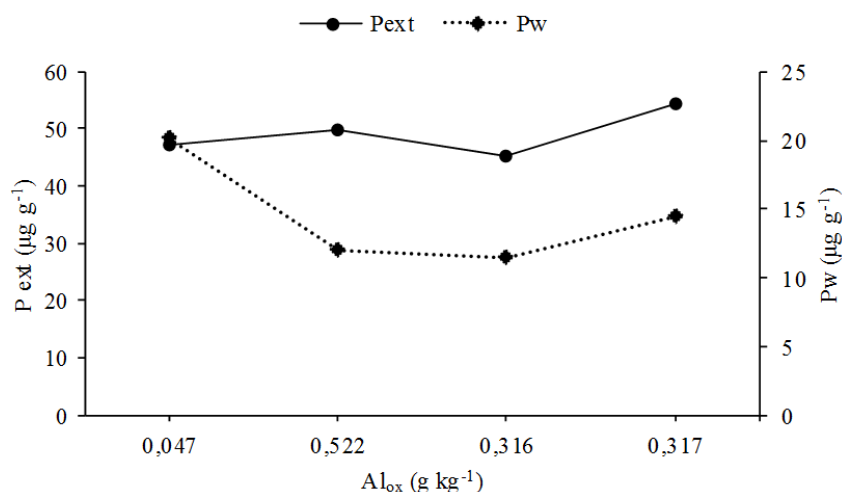


Figura 2. Teores de P extraído em Mehlich e P em água em função das variações dos teores de Alumínio para as áreas 1; 2; 4; 3 respectivamente.

Observando a Fig. 3 é possível notar que a maior perda de fósforo foi na área 1, esta amostra foi a que apresentou o maior teor de Pw (20,199 $\mu\text{g g}^{-1}$), de maneira que a medida que aumentava o NVP essa perda de fósforo reduzia. A maior perda de P foi observado até 20 NVP Acumulado. É comum que quanto maior o teor de Pw maior será a sua perda por lixiviação.

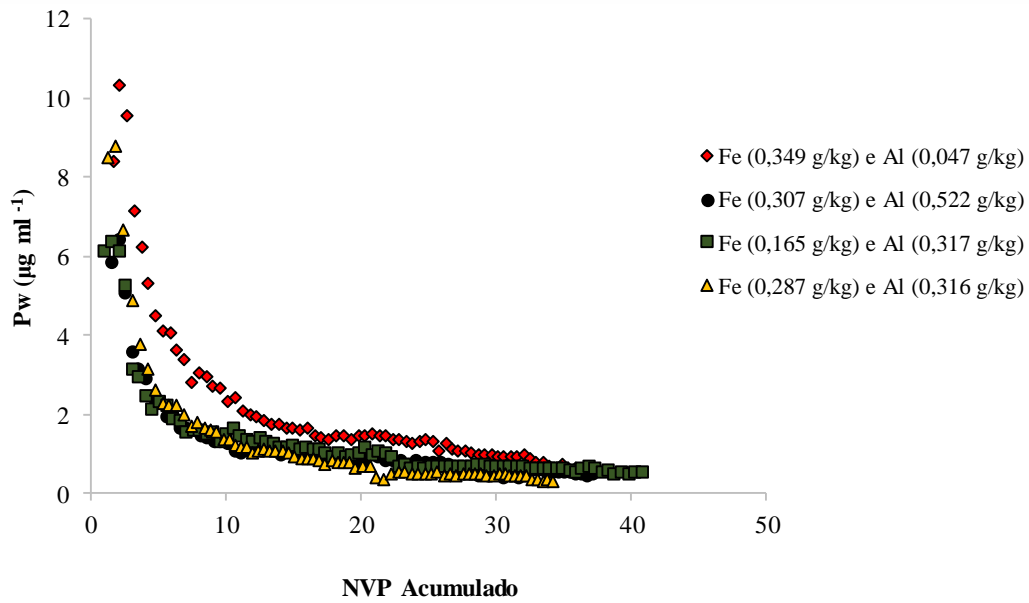


Figura 3. Perdas de fósforo (P) em colunas de solo em função do NVP acumulado (Número de volume de poros acumulados). Área 1 ◆; Área 2 ●; Área 3 ■; Área 4 ▲.

A amostra que apresentou a menor perda de P foi a amostra da área 2 que contém um médio teor de Pw (12,02 $\mu\text{g g}^{-1}$) e apresenta o maior teor de Al_{ox} (0,522 mg kg^{-1}) e um alto teor de Fe_{ox} (0,307 mg kg^{-1}). A baixa perda de P da amostra 2 é resultado dos altos teores de óxidos de Fe e Al que tendem a adsorver o P indisponibilizando temporariamente o nutriente para a solução do solo. É possível observar ainda que o comportamento das amostras das áreas 2; 3 e 4 são semelhantes, provavelmente isto ocorreu devido a semelhança entre os teores de Pw das amostras, nota-se que a maior perda de P das amostras 2; 3 e 4 ocorreu próximo a 10 NVP acumulado.

De acordo com Rheinheimer (2003) a baixa capacidade de adsorção de P em solos arenosos contribuem para o deslocamento vertical do mesmo.

Conforme Galvão (2008) a maior parte do P encontrado no esterco bovino está na forma inorgânica, e tanto as formas orgânicas quanto as inorgânicas de P podem sofrer deslocamento vertical. Bertol (2010) observou em

seus estudos que solos adubados com fontes de fósforo inorgânico apresentam uma lixiviação mais rápida, isso se deve ao fato que em fertilizantes químicos, o P está na forma inorgânica que é mais solúvel, facilitando a lixiviação, já em solos adubados com fontes orgânicas como esterco, a lixiviação do P ocorre de forma mais lenta.

CONCLUSÕES

A amostra da área 1 que tinha teores de Fe_{ox} 0,349 mg kg¹ e Al_{ox} 0,047 mg kg⁻¹, foi a que apresentou maior teor de Pw (20,19 ug g⁻¹), essa mesma amostra demonstrou a maior perda de P no processo de lixiviação com solução salina. Sugerindo que o teor de Fe_{ox} , presente no solo, não foi suficiente para adsorver o P.

REFERÊNCIAS

BERTOL, O. J.; FEY, E.; RAVARETTO, N.; LAVORANTI, O. J.; RIZZI, N. E. Mobilidade de P, Cu e Zn em colunas de solo sob sistema de semeadura direta submetido às adubações mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.34, p.1841-1850, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. V. 1. Recife: Sudene, 1973, 359p. (Boletim Técnico, 26).

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

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

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.

JANEGITZ, M. C.; INOUE, B. S.; ROSOLEM, C. A. Formas de fósforo no solo após o

cultivo de braquiária e tremoço branco. *Ciência Rural*, v. 43, n. 2, p. 381-1386, 2013

MENEZES, R. S. C; SALCEDO, I. H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.4, p.361-367, 2007.

MITCHELL, C.C.; TU, S. Nutrient accumulation and movement from poultry litter. **Soil Science Society of America Journal**, v.70, p.2146-2153, 2006.

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.

OLIVEIRA, F. F.; SALCEDO, I. H.; Sandra R. S. GALVÃO, S. R. S.. Adubação Orgânica e Inorgânica de Batatinha em Solos Arenosos: Produtividade, nutrientes na planta e lixiviação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.15, n.12, p.1228–1234, 2011.

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.

SILVA, S. M. S. e et al. Características físicas e químicas de um Neossolo Regolítico Eutrófico do Agreste pernambucano. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, XXXIV., 2013, Florianópolis - SC. **Características físicas e químicas de um Neossolo Regolítico Eutrófico do Agreste pernambucano...** [S.l.: s.n.], 2013. p. 1-4. Disponível em:<<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/965331/1/caracteristicaquimicaefisica.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2017.

SIMS, J.T.; SIMARD, R.R.; JOERN, C.B. Phosphorus losses in agricultural drainage: Historical perspective and current research. **Journal Environmental Quality**. v.27, p.277-293, 1998.

TARKALSON, D. D.; LEYTEM, A. B. Phosphorus mobility in soil columns treated with dairy manures and commercial fertilizer. **Soil Science**, v.174, p.73-80, 2009.

TITO, G. A.; Chaves, L. E. G.; Carvalho, H. O.; Azevedo, N. C. Aplicação de bentonita em um regossolo eutrófico. II. Efeitos sobre as propriedades químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.1, n.1, p.25-27, 1997.

UEHARA, G. **Acric 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.