

LIXIVIAÇÃO DE NITRATO E FOSFATO PROVENIENTE DE ÁGUA RESIDUÁRIA DA SUINOCULTURA TRATADA EM SISTEMA DE LAGOAS

Marcelo Hidemassa Anami; Silvio César Sampaio; Elisandro Pires Frigo; Morgana Suszek

Setor de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (RHESA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, ssampaio@unioeste.br

1 RESUMO

A avaliação da lixiviação de íons de nitrato e fosfato em colunas de solo; obtenção dos coeficientes de dispersão hidrodinâmicos e o fator de retardamento; determinação da capacidade de movimentação dos íons e seu potencial de contaminação dos lençóis de água subterrâneos e o efeito das águas residuárias nas propriedades químicas e no ponto de carga zero do solo, foram realizadas neste trabalho. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, e os resultados demonstraram que o potencial de contaminação dos lençóis de água subterrâneos para o íon nitrato é elevado, ao contrário do que ocorre com o íon fosfato, que possui baixo potencial de contaminação. Considerando-se o efeito da água residuária nas propriedades físicas e químicas do solo, ocorreu a melhoria das propriedades químicas e redução do ponto de carga zero.

UNITERMOS: movimento de íons, reuso de águas, curvas de eluição.

ANAMI, M.H.; SAMPAIO, C.S.; SUSZEK, M. PHOSPATE AND NITRATE LEACHING OF SWINE WASTEWATER TREATED IN LAGOON SYSTEM

2 ABSTRACT

In this study the following was done: evaluation of phosphate and nitrate ion leaching in soil columns, obtainment of hydrodynamic dispersion coefficient and retardation factor, determination of ion movement capacity and their contamination potential of underground water, and the wastewater effect on the soil chemical properties. The statistical design was completely random. Results showed that contamination potential of underground water for the nitrate ion was high, which was the opposite for phosphate ion that presented low contamination potential. Considering the wastewater effect on the soil chemical and physical properties, an improvement of the chemical properties and reduction of zero load point occurred.

KEYWORDS: ion movement, water reuse, breakthrough levels.

3 INTRODUÇÃO

A suinocultura representa para o Brasil uma importante atividade, pois além de gerar empregos e renda, fatura mais de R\$ 12 bilhões por ano, sendo a região sul responsável por 45% do rebanho nacional, que representa cerca de 80% da produção nacional (IBGE, 2000).

Entretanto, a preocupação com a poluição do ambiente é uma das maiores ameaças à sobrevivência e expansão da suinocultura nos grandes centros produtores. Em uma granja de suínos, a quantidade diária de efluentes produzida depende, dentre outros fatores, do número e da idade dos animais, da quantidade de água desperdiçada na higienização das baias e bebedouros, resíduos de ração, pêlos, poeira e outros materiais decorrentes do processo criatório (Corrêa & Corrêa, 2003; Oliveira et al., 2000). Esses fatores, associados, definem a concentração de sólidos na água residuária, os custos com estruturas de tratamento ou de armazenamento e a necessidade de área para recebimento dessas águas, como forma de adubação orgânica, caso seja esta a maneira escolhida para disposição do resíduo (Oliveira et al., 2000). Juntamente com a excessiva produção de dejetos, há também a excreção de altas doses de fósforo e nitrogênio, em formas não assimiláveis pelas plantas e solo, que quando lançadas diretamente no meio ambiente tornam-se agentes poluidores. Estes altos níveis de nitrogênio e fósforo quando lançados em águas superficiais podem causar eutrofização, com queda na concentração de oxigênio devido ao rápido crescimento de algas e conseqüente mortalidade de peixes (Serafim & Lucas Júnior, 2003).

Nos sistemas de tratamento de efluentes em lagoas a ocorrência de fósforo está na forma de íons fosfato e apesar deste elemento ficar retido facilmente na superfície e sub-superfície do solo, devido a mudanças químicas e adsorção, ainda pode ser um poluente das águas subterrâneas ocasionado pelo processo de lixiviação do elemento que ficou livre na solução do solo (Canter et al., 1987).

Ryden & Pratt (1980) citados por Feigin et al. (1990) concluíram que as maiores dificuldades para determinar um modelo de remoção de fósforo no solo estão relacionadas a quatro aspectos: a grande variabilidade espacial e temporal da condutividade hidráulica do solo no campo; a variabilidade da adsorção do fósforo no solo; a falta de informações sobre o efeito da água residuária devido aos conteúdos de alumínio, ferro e cálcio (que formam complexos com o fósforo) e a falta de dados dos níveis de acidez e/ou alcalinidade no solo. Para isto é importante ter conhecimento do ponto de carga zero, que é definido como o pH onde existe máxima agregação das partículas, possibilitando a formação da estrutura do solo. Este fator é importante em solos argilosos de carga variável, pois o conhecimento da estrutura do solo é fundamental para entender uma das propriedades do solo que é a permeabilidade, que interfere no fluxo de líquido através de um meio poroso (Cardoso et al., 2001).

A avaliação do transporte de solutos pode ser feita por modelos numéricos e físicos. Os modelos físicos a destacar são: colunas de solo (modelo unidimensional); aparato de *Hele-Shaw* (bidimensional); e tanque de areia (tridimensional). Estes modelos são submetidos à remoção ou injeção de água ou uma carga contaminada, e a resposta aos modelos é obtida através de medições diretas, da concentração do soluto no início e durante o deslocamento do fluido através da coluna (Canter et al. 1987).

Este trabalho teve por objetivo avaliar a lixiviação de nitrato e fosfato em colunas de solo visando determinar os parâmetros do modelo dispersivo-convectivo, e também avaliar os efeitos do uso de águas residuárias da suinocultura tratada em sistemas de lagoas (ARS) no solo, a partir da alteração das propriedades químicas e determinação do Ponto de Carga Zero.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em duas etapas. A primeira realizada com a aplicação de efluente proveniente de lagoa de estabilização de sistema de tratamento convencional de água residuária da suinocultura em seis colunas de solo, avaliando-se a lixiviação de nitrato e

fosfato. Na segunda etapa, de posse dos dados obtidos experimentalmente, foram calculados os coeficientes hidrodinâmicos de dispersão e fatores de retardamento e realizou-se o ajuste das curvas de concentração relativa, com a utilização do software CXTFIT (Toride et al., 1999). Em paralelo foram realizadas as determinações físicas, químicas e ponto de carga zero do solo.

As colunas de PVC utilizadas no experimento possuíam 7,5 cm de diâmetro e 70 cm de comprimento, com 50 cm de altura de solo (conforme Figura 1). A altura da água residuária acima do solo permaneceu constante com o auxílio de um frasco de Mariotte.

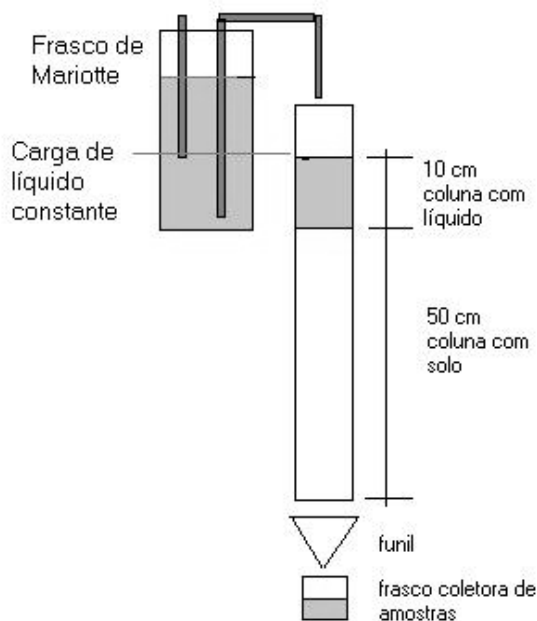


Figura 1. Esquema da coluna de solo.

Após a saturação das colunas com água destilada foram aplicadas as águas residuárias. O solo utilizado nas colunas foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico Típico (EMBRAPA, 1999). O solo foi colocado nas colunas de forma a se obter uma densidade constante para todas as colunas conforme Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros físicos das colunas utilizadas no experimento

Parâmetros físicos	Valores
Massa Total de solo (kg)	1,970
Volume de Poros (m ³)	0,001503
Volume de solo na coluna (m ³)	0,002209
Porosidade (%)	68,03
Densidade do solo (g cm ⁻³)	0,892
Velocidade real (m dia ⁻¹)	10,0056
Densidade de Fluxo q (m ³ m ⁻² dia ⁻¹)	8,23104
Condutividade hidráulica (m dia ⁻¹)	6,8592
Densidade do solo (g cm ⁻³)	0,892
Umidade residual (cm ³)	0,196
Umidade saturada (cm ³)	0,6803

Os parâmetros da água residuária da suinocultura tratada em sistema de lagoas utilizada encontra-se na Tabela 2. A quantidade de ARS usada no processo de lixiviação em cada coluna correspondeu a quatro vezes o volume de poros para o nitrato e fosfato, segundo recomendações de Ferreira & Martinez (1997) e Zhao et al. (2000), respectivamente. Foram coletados todas as frações do percolado das colunas correspondente ao respectivo volume de poros. As análises de nitrato e fosfato seguiram metodologia descrita por Eaton & Clesceri (1995).

Tabela 2. Parâmetros da água residuária tratada em sistema de lagoas utilizada no experimento

Parâmetros	Valor
pH	8,05
Nitrato	27,82 mg L ⁻¹
Fosfato	18,82 mg L ⁻¹
Nitrogênio total	1942,05 mg L ⁻¹
Fósforo total	22,5 mg L ⁻¹
Sódio	170 mg L ⁻¹
Potássio	565 mg L ⁻¹
DQO	3208 mg L ⁻¹
DBO	987 mg L ⁻¹
Condutividade elétrica	13,56 mS cm ⁻¹

A dinâmica da lixiviação de sais, do nitrato e do fosfato, foi avaliada utilizando-se curvas de eluição. Para a determinação da condutividade elétrica, fosfato e nitrato foram usados dados das seis colunas, para efeitos de repetição.

Após os testes de lixiviação realizou-se análise químicas para se verificar os possíveis efeitos decorrentes da aplicação da água residuária tratada sobre as propriedades físico-químicas do solo das colunas, avaliando-se os seguintes parâmetros: pH (CaCl₂), P, C, K, Ca, Mg, H + Al, Al, Cu, Zn, Fe, Mn, Argila, Silte, Areia, Soma de Bases, CTC e V, de acordo com EMBRAPA (1997) e Pavan et al. (1984). Aos resultados obtidos aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A obtenção dos valores de umidade para elaboração da curva de retenção de umidade do solo foi feita com aplicação das tensões, utilizando-se centrífuga comum, conforme descrito por Freitas Jr. et al. (1984) e Medeiros (1987), com adaptações. O ajuste dos pontos experimentais foi realizado através do programa SWRC (Dourado-Neto et al., 2000). As determinações da condutividade hidráulica foram realizadas utilizando-se as próprias colunas de solo, onde aplicou-se a equação de Darcy quando os valores atingiram a estabilidade de fluxo conforme recomendação da EMBRAPA (1997).

O ponto de carga zero, também conhecido por pH₀, foi determinado pelo método sugerido por Uehara & Gillman (1981) citado por Cardoso et al. (2001).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento da lixiviação de sais totais pode ser observado na Figura 2. Observa-se uma tendência de aumento da condutividade elétrica com o aumento do volume de fluido lixiviado. Isto demonstra que a grande maioria dos sais que compõem a ARS não reage quimicamente com o solo. Esta tendência de aumento também foi verificada para o nitrato e

fosfato, conforme as Figuras 3 e 4, confirmando a relação existente entre a condutividade elétrica e os teores dos elementos analisados.

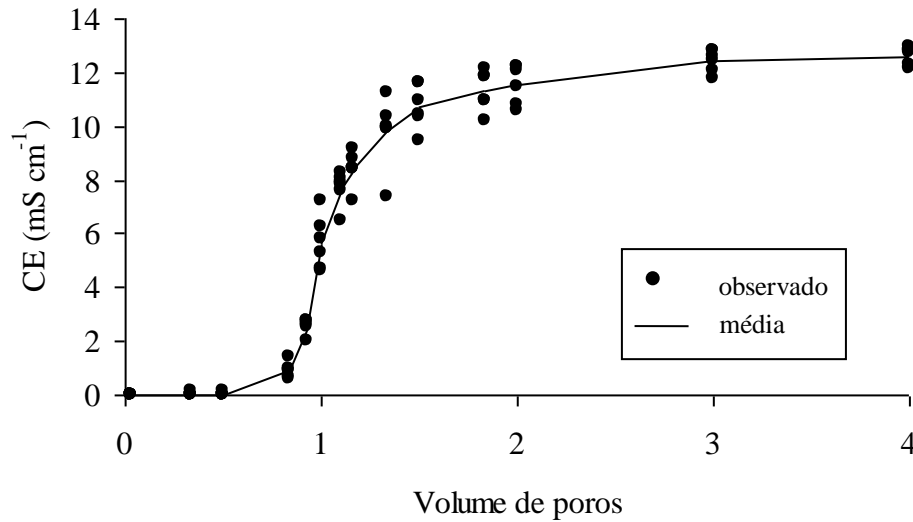


Figura 2. Dinâmica de lixiviação de sais da ARS.

A Figura 3 mostra graficamente o ajuste da curva e os valores observados para o nitrato.

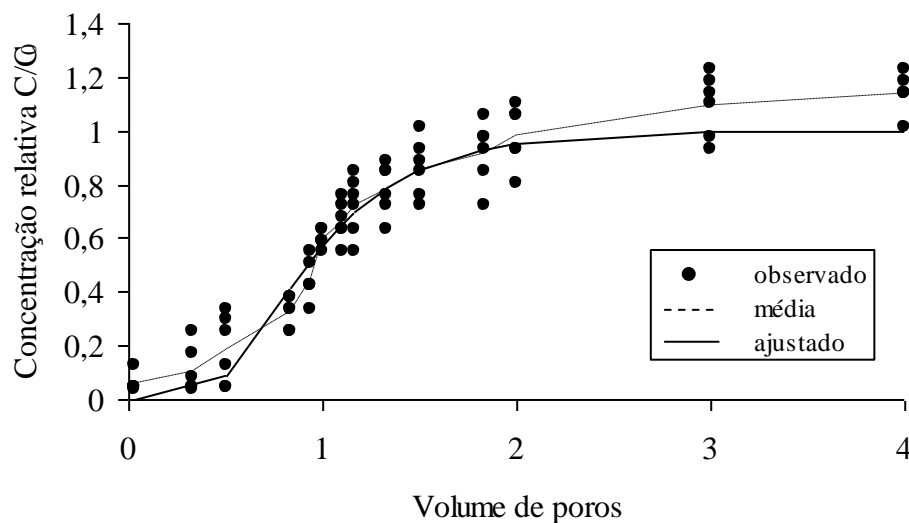


Figura 3. Curvas de eluição do nitrato.

O ajuste da curva (Figura 3) mostra que, a partir de 2 volumes de poros, ocorre a estabilização da concentração relativa, demonstrando que o elemento nitrato tem comportamento não reativo, conforme foi observado por Bohn (1985), citado por Feigin (1990).

A Figura 4 mostra graficamente os valores observados e o ajuste da curva para o fosfato até apenas dois volumes de poros, pois os valores dos coeficientes de dispersão e fator de retardamento (quando considerados os 4 volumes de poros) ficaram em, 625 e 231 respectivamente. Este fato pode estar relacionado à alta reatividade do íon fosfato. Nuñez-

Delgado et al. (2002) encontraram fatores de retardamento para o íon fosfato maiores que 5, para todos os tipos de solo após a passagem de 5 volume de poros.

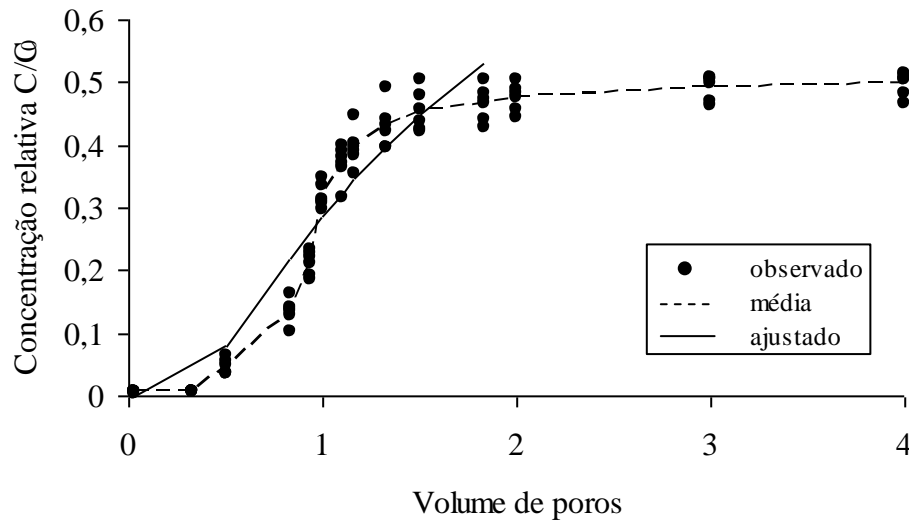


Figura 4. Curvas de eluição do fosfato.

A Figura 4 mostra uma tendência de elevação ainda em 2 volumes de poros chegando a concentração relativa C/C_0 até 0,55. Uma mesma observação foi feita por Bohn (1985), citado por Feigin (1990) com a diferença de que o aumento da concentração relativa começou a partir de 8 volumes de poros chegando aos valores de 0,5 a partir de 14 volumes de poros.

A redução dos teores de fosfato estão associados a capacidade de adsorção específica por unidade de área superficial específica para um grupo selecionado de amostras de solo, com uma mineralogia variada na composição em termos de óxidos de ferro e que a adsorção de fosfato e a superfície específica de óxidos de ferro mostram uma boa correlação (Fontes & Wedd, 1996), este fato pode explicar os resultados que Nuñez-Delgado, et al. (2002) estudando o comportamento de diversos nutrientes em coluna de solo, observaram que não ocorreu lixiviação de ortho-fosfato com 6 volumes de poros indicando que todo fosfato adicionado foi retido no solo.

Os resultados obtidos pelo Programa CXTFIT para o nitrato mostraram uma alta correlação entre os valores observados experimentalmente e os valores ajustados (Tabela 3). Os resultados de fator de retardamento próximos a 1 (um) indicam uma baixa interação solo-soluto, conforme observado por Correa (1999). Para o elemento fosfato, os resultados obtidos mostraram uma alta correlação entre os valores observados experimentalmente em relação aos valores ajustados, sendo que os resultados de fator de retardamento acima de 2 ou 3 indicam uma alta interação solo-soluto, demonstrando que o íon fosfato é altamente reativo (Jury et al., 1991).

Tabela 3. Coeficiente de dispersão e fator de retardamento para nitrato e fosfato e coeficiente de correlação entre os valores observados e ajustados pelo programa CXTFIT

Parâmetro	Coeficiente de dispersão	Fator de retardamento	R^2
Nitrato	0,58155	0,85047	0,9695
Fosfato	3,15207	2,26384	0,9252

Os valores da Tabela 3 nos mostram um coeficiente de dispersão para o nitrato tendendo mais para 1 (um) que para zero, caracterizando um deslocamento do tipo laminar. Gomes (2002), estudando a lixiviação de nitrato em colunas de solo argilosos e arenosos, com e sem presença de calcário, utilizando como fluido deslocador água residuária proveniente de frigorífico, observou que a aplicação de calcário pode aumentar o deslocamento de nitrato tanto para solo argiloso como para solo arenoso. O ajuste das curvas utilizando o programa CXTFIT, entre os valores observados para o ensaio produziram coeficientes de correlação acima de 80%.

Os resultados da análise de solo antes e depois da aplicação da água residuária são apresentados na Tabela 4. Observou-se uma melhora significativa nas propriedades químicas do solo (melhorando a fertilidade do solo). Houve diferença significativa para todos os elementos avaliados antes do tratamento.

Tabela 4. Resultados das análises de solo, antes e depois da aplicação da água residuária

Parâmetro	Unidade	Resultado (antes da aplicação)	Resultado (após a aplicação)
pH (CaCl ₂)		4,21 a	7,10 b
P	mg dm ⁻³	1,22 a	227,53 b
C	g dm ⁻³	0,58 a	2,20 c
K	cmol dm ⁻³	0,03 a	0,86 b
Ca	cmol dm ⁻³	1,49 a	4,40 b
Mg	cmol dm ⁻³	0,23 a	0,32 c
H + Al	cmol dm ⁻³	6,14 a	2,22 b
Al	cmol dm ⁻³	0,68 a	0,00 b
Cu	mg dm ⁻³	5,19 a	6,23 c
Zn	mg dm ⁻³	0,34 a	2,98 c
Fe	mg dm ⁻³	116,75 a	69,17 b
Mn	mg dm ⁻³	65,08 a	114,33 b
Argila	%	79,00 a	79,00 a
Silte	%	10,00 a	10,00 a
Areia	%	11,00 a	11,00 a
Soma de Bases	cmol dm ⁻³	1,75 a	5,58 b
CTC	cmol dm ⁻³	7,89 a	7,80 a
V	%	22,19 a	71,54 b

*Letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os valores apresentados pela análise química do solo (Tabela 4) mostraram-se altamente favoráveis, confirmando o que constatou Choudhary et al. (1996) onde a aplicação de dejetos suínos é um eficiente método de reciclagem de nutrientes, porém, observaram que as perdas maiores são ocasionadas nas aplicações em clima frio e que em áreas de alta precipitação a perda de nitrato é altamente significativa. As reduções dos teores de Ferro e Alumínio além de estar relacionadas à interação com a Matéria Orgânica (que teve aumento significativo, de 1% para 4%), pode estar relacionado ao complexo que o fósforo forma com estes metais, tornando-os insolúveis (Hodson et al., 2001).

Houve redução do ponto de carga zero após a aplicação da água residuária e também o aumento do pH do solo (Tabela 5), isto pode ser devido a dois fatores: ao fato de que o fosfato

é um ânion orgânico grande e confere carga negativa da mistura, reduzindo o ponto de carga zero; outro fator está relacionado ao aumento do teor de matéria orgânica, que mesmo em baixas concentrações, altera o ponto de carga zero em função de os radicais da matéria orgânica do grupo funcional carboxílico (dissociado) promove consumo de H^+ elevando o pH e aumentando as cargas negativas e conseqüentemente reduzindo o ponto de carga zero.

Tabela 5. Valores de ponto de carga zero (PCZ) e pH do solo de acordo com a profundidade

Profundidade	PCZ	pH do solo
única	3,94	4,20
0-15	3,30	6,98
15-30	4,00	6,98
30-50	3,00	6,98
0-15	3,30	7,10
15-30	4,00	7,10
30-50	4,00	7,10

Stoop (1980) atribui a redução do PCZ ao fosfato que é adsorvido, aumentando a adsorção de cátions, sendo que o cálcio adsorvido interfere na determinação da PCZ, a menos que o cálcio seja percolado para fora na forma de cloreto de cálcio. Pardo et al. (1992) também chegou a uma conclusão semelhante.

6 CONCLUSÕES

- O coeficiente de dispersão hidrodinâmico e fator de retardamento para o íon nitrato demonstraram elevado potencial de contaminação e poluição do solo e águas subterrâneas;
- Para o íon fosfato o coeficiente de dispersão e fator de retardamento indica a possibilidade de poluição do solo e águas subterrâneas, entretanto quando comparado ao íon nitrato;
- A aplicação da água residuária promoveu melhorias nos aspectos químico e físico, avaliados através das análises de solo e do Ponto de Carga Zero.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANTER, L. W.; KNOX, R. C.; FAIRCHILD, D. M. **Ground water quality protection** . Lewis Publishers, 1987. 256p.

CARDOSO, D. L.; GENTELINI, D. P.; LARIOS, M. R. B. Uma metodologia para a estimativa do ponto de carga zero em solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, 2001, Foz do Iguaçu, **Anais...**: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001.

CHOUDHARY, M.; BAILEY, L. D.; GRANT, C. A. Review of the use of swine manure in crop production: effects on yield and composition and on soil and water quality. **Waste Management and Reserch**. v. 14, p. 581-595, 1996.

- CORRÊA, L. B.; CORRÊA, E. K. Estudo das fontes poluidoras em uma granja produtora de suínos: uma perspectiva de educação ambiental – estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALIZADOS EM SUÍNOS, 11; 2003, Goiânia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2003. p. 447-448.
- CORREA, M. M.; LIMA, L. A.; MARTINEZ, M. A.; RIGINATO, R. L. O.; SAMPAIO, S. C. Deslocamento miscível de sulfona de aldicarbe em colunas de solo. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n. 2, p. 217-221, 1999.
- DOURADO-NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S. Software to model soil water retention curve (SWRC, version 2,00). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.1, 2000.
- EATON, A.D.; CLESCERI, L.S.; 1995, **Standard Methods for the examination of water and wastewater**. 19 th ed. Washington DC, AWWA/APHA, 1995.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.212 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999, 412 p.
- FEIGIN, A., RAVINA, I., SHALHEVET, J. **Irrigation whit treated sewage effluent, Management for environmental protection: Advanced Series in Agricultural Sciences**. Springer-Verlang: Berlin, 1990.
- FERREIRA, P. A.; MARTINEZ, M. A. Movimento e modelagem de sais no solo, In: GHEYI, H. R. et al. **Manejo e controle de salinidade na agricultura irrigada**. UFPB/SBEA, 1997, 383p.
- FONTES, M. P. F.; WEED, S. B. Phosphate adsorption by clays from Brazilian oxisols relationships with specific surface area and mineralogy. **Geoderma**, v. 72, p.37-51, 1996.
- FREITAS JUNIOR, E.; SILVA, E. M. Uso de centrífuga para determinação da curva de retenção de água no solo, em uma única operação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.19, n.11, p.1423-1428, 1984.
- GOMES, E. R. S. **Movimento de nitrato proveniente de águas residuárias em colunas de solo**. 2002. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2002.
- HODSON, M. E.; VALSAMI-JONES, E.; COTTER-HOWELLS, J. D.; DUBBIN, W. E.; KEMP, A. J.; THORNTON, I.; WARREN, A. effect OF bone meal (Calcium phosphate) amendments on metal release from contaminated soils – A leaching column study. **Environmental Pollution**, v. 12, p. 233-243, 2001.

IBGE. Levantamento Sistemático da produção Agrícola. Rio de Janeiro, 12(12), p.1-76, dez/2000.

JURY, W.; GARDENER, W. R.; GARDNER, W. H. **Soil Physics**. New York, John Wiley. 1991.

MEDEIROS, S. D. **Determinação da curva de retenção de água no solo através do fatiamento de amostras centrifugadas**. 1987. 140 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, USP. 1987.

NÚÑEZ-DELGADO, A.; LÓPEZ-PERIAGO, E.; DIAZ-FIERROS, F. Pollution attenuation by soil receiving cattle slurry after passage of slurry-like feed solution: column experiments. **Bioresource Technology**. v. 84, p. 229-236, 2002.

OLIVEIRA, R. A.; CAMPELO, P. L. G.; MATOS, A. T.; MARTINEZ, M. A.; CECON, P. R. Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura na capacidade de infiltração de um solo podzólico vermelho-amarelo. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 263-267, 2000.

PARDO, M. T.; GUADALIX, M. E.; GARCIA-GONZALEZ, M. T. **Geoderma**, v. 54, p.275-284, 1982.

PAVAN, M.A.; BLOCK, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Londrina, IAPAR, 1982.40p.

SERAFIM, R. S.; LUCAS JUNIOR, J. Fósforo e nitrogênio nos dejetos de suínos produzidos sob diferentes sistemas de higienização das baias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALIZADOS EM SUÍNOS, 11. 2003, Goiânia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2003. p. 449-450.

STOOP, W. A. Íon adsorption mechanisms in oxidic soil, implications for point of zero charge determinations, **Geoderma**, v. 23, p.303-314, 1980.

TORIDE, N.; LEIJ, F. J.; VAN GENUCHTEN M. Th. **The CXTFIT code for Estimating transport parameters from laboratory or field tracer experiments, versão 2.1**, US salinity laboratory. Agricultural Research Service, USDA, Riverside, California. 1999, 148p.

ZHAO, J. Q. LI, Y. C.; NORLAND, M. R. Leading potencial of nitrogen and phosphorus in substrates of soil disposal mounds in Florida's everglades. **Journal of Soil Contamination**, v.9, n.2, p.119-132, 2000.