



Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária da suinocultura¹

**Franciele A. Caovilla², Silvio C. Sampaio³, Adriana Smanhotto⁴,
Lúcia H. P. Nóbrega³, Manoel M. F. de Queiroz³, & Benedito M. Gomes³**

RESUMO

Neste trabalho se avaliou a distribuição “in situ” de fósforo (P), matéria orgânica (MO), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), capacidade de troca catiônica (T), alumínio (Al), soma de bases (S), saturação por bases (V) e do pH, em um solo cultivado com soja irrigada com água residuária proveniente da suinocultura (ARS), com níveis de concentração de 0, 25, 50 e 75%. Constituiu-se um esquema fatorial a partir dos quatro níveis de concentração da ARS, das profundidades de 20, 40 e 60 cm com cinco repetições. Os resultados encontrados demonstraram diferenças significativas apenas para P, K e T no perfil do solo. Para todas as características na profundidade de 60 cm, os respectivos níveis de concentração estiveram bastante próximos aos níveis iniciais, ou seja, antes da aplicação dos tratamentos.

Palavras-chave: poluição, lixiviação, meio ambiente

Chemical characteristics of the soil cultivated with soybean and irrigated with swine wastewater

ABSTRACT

In this work the distribution was evaluated “in situ” of phosphorus (P), organic matter (MO), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), cation exchange capacity (CEC), aluminum (Al), sum of bases (S), base saturation (V) and pH of a soil cultivated with soybean and irrigated with swine wastewater in the 0, 25, 50 and 75% levels. The factorial scheme was constituted by the 20, 40 and 60 cm soil depths and four wastewater levels with five repetitions. The results showed that significant difference occurred only for P, K and CEC in the soil profile. However, in all parameters, the 60 cm soil depth showed that the concentrations levels are similar to before the application of treatments.

Key words: pollution, ions leaching, environmental

¹ Parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora, apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE

² UNIOESTE, Rua Nilo Peçanha 188, Renascença, CEP 85610-000, Cascavel, PR. Fone (46) 3524 1661. Fax: (46) 3523-0011. E-mail: francaoivilla@yahoo.com.br

³ UNIOESTE, Rua Universitária 2069, Jardim Universitário, CEP 85819-110, Cascavel, PR. Fone (45) 3220 3262. E-mail: ssampaio@unioeste.br; lhpn@unioeste.br; mfqueiroz@unioeste.br; bmgomes@unioeste.br

⁴ Doutoranda em Agronomia, área de Irrigação e Drenagem FCA/UNESP, Rua José Barbosa de Barros 1780, CEP 18610 307, Botucatu, SP. Fone: (45) 3220-3175. E-mail.: adrisman@fca.unesp.br

INTRODUÇÃO

A utilização de águas residuárias não é um conceito novo e há muito tem sido praticado em todo o mundo, ganhando, atualmente, importância com a redução da disponibilidade de recursos hídricos de boa qualidade. Segundo Medeiros et al. (2008) as maiores vantagens do aproveitamento da água residuária são conservação da água disponível, sua grande disponibilidade, possibilidade do aporte e reciclagem de nutrientes (reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos) além de concorrer para a preservação do meio ambiente.

Dentre as águas utilizadas para reuso se destaca a água residuária de suinocultura, que possui alguns dos seus componentes poluentes (carga orgânica elevada, nitrogênio, fósforo, cobre, sódio, etc.) em concentrações suficientemente altas para constituírem risco de desequilíbrio ecológico quando dispostos inadequadamente, porém, desde que bem monitorada, a utilização agrícola desse tipo de água residuária surge como alternativa para o seu descarte, com o benefício da reciclagem de nutrientes para as culturas (Cavallet et al., 2006). Trabalhos de Pelissari et al. (2009), Anami et al. (2008), Dal Bosco et al. (2008), Anami et al. (2007), Baumgartner et al. (2007), Frigo et al. (2006), Caovilla et al. (2005), Suszek et al. (2005) e Gomes et al. (2004) também avaliaram efeitos da água residuária da suinocultura no solo e planta.

Este resíduo, além de conter nutrientes e matéria orgânica, melhora as características químicas, físicas e biológicas do solo tendo potencial, ainda, para melhorar a produtividade das culturas (Cooke et al., 2001, Factor et al., 2008); no entanto, as perdas em profundidade dos nutrientes (Queiroz et al., 2004; Aguiar et al., 2006) liberados pelos resíduos, podem contaminar os mananciais subterrâneos ou serem carregados em superfície para rios e lagos, degradando a qualidade dos ecossistemas aquáticos.

Conforme Marciano et al. (2001) a contaminação do solo e das águas subterrâneas e superficiais em áreas com reuso de água, está intimamente ligada às características da água residuária e às propriedades de retenção e transmissão de água e solutos do solo, que podem limitar sua aplicação. Outro fator importante, de acordo com Freitas et al. (2005), está relacionado à textura do solo, pois a retenção física, em função do tamanho de partícula, exerce forte influência sobre a capacidade suporte do solo.

Embora existam trabalhos que visam conhecer a capacidade de suporte de solos que receberam água residuária, nem todos utilizaram cobertura vegetal na área avaliada. Considerando-se que a planta tem participação fundamental na viabilidade técnica e sustentabilidade do sistema de tratamento objetivou-se, neste trabalho, avaliar a distribuição in situ das seguintes características químicas ao longo do perfil do solo: fósforo (P), matéria orgânica (MO), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), capacidade de troca catiônica (T), alumínio (Al), soma de bases (S), saturação por bases (V) e pH.

MATERIAL E MÉTODOS

A cultura semeada em 03 de novembro de 2004, foi a soja (*Glycine max* L. Merrill), cultivar CD 216 da COODETEC (Co-

operativa de Desenvolvimento Tecnológico), com ciclo vegetativo de 50 dias e ciclo total de 105 a 110 dias, tratada antes da semeadura com fungicida (Derozal) e semeada em espaçamento de 0,30 cm entre linhas e 5 cm entre plantas, com profundidade média de 3 a 4 cm e cerca de 16 a 20 sementes por metro linear, no total de 5100 plantas em uma área de ambiente protegido de 96m².

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, devido à sua eficiência e precisão, com gotejadores distribuídos ao longo das linhas da cultura, composto por painéis de controle, quatro reservatórios de água com capacidade de 1000 L, quatro motobombas (Schnneider) de 0,5 cv e quatro filtros de tela. A irrigação ocorria quando a umidade atingia 80% da capacidade total de armazenamento de água no solo, controlada pelo método do tensiômetro, seguindo o calendário da Tabela 1.

Tabela 1. Calendário de irrigação e respectivas lâminas aplicadas

Data	Lâmina aplicada (mm)
03/11/2004	20
09/11/2004	22
15/11/2004	21
22/11/2004	28
27/11/2004	30
04/12/2004	26
10/12/2004	20
16/12/2004	24
21/12/2004	27
28/12/2004	21
04/01/2005	18
Total	257

O experimento foi constituído de quatro tratamentos: T1, T2, T3 e T4, respectivos às concentrações de água residuária da suinocultura (ARS) de 0, 25, 50, 75% com características físico-químicas apresentadas na Tabela 2. Utilizaram-se cinco repetições para cada tratamento, totalizando 20 parcelas de 1,20 m por 3,00 m com 0,30 m entre as parcelas.

O solo da área experimental é Latossolo Vermelho Distroférico típico, composto de 68 g kg⁻¹ argila, 13 g kg⁻¹ de silte e 19 g kg⁻¹ de areia e características químicas, apresentadas na Tabela 3.

Tabela 2. Análises físico-químicas da água (T1) e da água residuária de suinocultura (ARS) usadas nos tratamentos T2, T3 e T4

Características	Tratamentos				Unidade
	T1	T2	T3	T4	
pH	7,69	6,78	6,96	6,81	-
Alcalinidade	0,09	1,38	2,20	3,28	g L ⁻¹ CaCO ₃
Turbidez	0,86	500,00	670,00	1135,00	NTU
Sólidos totais	-	1,96	4,26	5,14	g L ⁻¹
Sólidos voláteis	-	1,76	2,04	3,40	g L ⁻¹
Teor de fósforo (P)	81,07	431,06	944,54	1009,40	mg L ⁻¹
Nitrogênio amoniacal	-	520,00	710,00	900,00	mg L ⁻¹
Nitrato	-	28,00	42,00	70,00	mg L ⁻¹
Nitrogênio total	-	560,00	790,00	1150,00	mg L ⁻¹
Potássio (K)	-	143,00	190,00	220,00	mg L ⁻¹

Tabela 3. Características químicas do Latossolo Vermelho Distroférico típico da área experimental antes da aplicação dos tratamentos e sua classificação, segundo COSTA & OLIVEIRA (2001)

Fósforo (mg dm ⁻³)	Potássio (cmolc dm ⁻³)	Cálcio (cmolc dm ⁻³)	Magnésio (cmolc dm ⁻³)	pH	Matéria orgânica (g dm ⁻³)
9,50	0,22	5,02	2,61	5,20	19,01
(alto)	(médio)	(alto)	(alto)	(médio)	(alto)

Fonte: Laboratório da COODETEC

Coletaram-se, após o término do ciclo da cultura, amostras de solo simples em todas as parcelas experimentais nas profundidades de 20, 40 e 60cm com o intuito de se verificar a influência dos tratamentos e da profundidade do solo na distribuição de íons no perfil. Considerando-se as características físicas e químicas iniciais da área experimental, utilizou-se o delineamento inteiramente ao acaso, com cinco repetições. As variáveis avaliadas foram: fósforo (P), matéria orgânica (MO), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), capacidade de troca catiônica (T), alumínio (Al), soma de bases (S), saturação por bases (V) e pH.

As análises laboratoriais se basearam nas metodologias encontradas em Tedesco et al. (1995) e em APHA, AWWA & WEF (1998), ressaltando que os ácidos utilizados na extração foram: ácido sulfúrico, ácido nítrico e ácido perclórico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma avaliação realizada na análise de variância dos parâmetros estudados, apresentada na Tabela 4, demonstrou que a interação entre os tratamentos e a profundidade não foi significativa, em todas as variáveis estudadas, tal como, não foi significativo, também, o efeito dos tratamentos, ou seja, as concentrações de água residuária de suinocultura (ARS) utilizadas nos tratamentos não alteraram as características químicas do solo avaliadas. Entretanto, notam-se diferenças significativas em função da profundidade para potássio, fósforo e capacidade de troca catiônica, demonstrando a possibilidade de lixiviação. A partir da análise dos dados do fósforo e potássio, observa-se pequena mobilidade desses íons ao longo do perfil do solo e, conseqüentemente, da capacidade de troca catiônica, pois esta se caracteriza como variável altamente dependente do potássio (Meurer, 2004).

Apresenta-se, a seguir, o comportamento dos teores fósforo, potássio e capacidade de troca catiônica, no perfil do

solo, visto que essas características apresentaram efeitos significativos nas respectivas profundidades avaliadas. Apresentam-se, também, gráficos que indicam as médias de outras características químicas que não foram significativas porém importantes para realizar a discussão das características químicas significativas, como: matéria orgânica, cálcio, magnésio e pH.

A distribuição da concentração de fósforo, matéria orgânica e potássio no perfil do solo é representada na Figura 1, para os respectivos tratamentos.

Percebe-se a ocorrência de uma concentração do elemento na superfície, demonstrando ser baixa a mobilidade do fósforo no perfil mesmo após completado o ciclo da cultura, confirmando os resultados de Araújo et al. (2003) e Heathwaite et al. (2000) que consideram insignificantes as perdas do elemento por lixiviação, porém contraria a afirmação de Vitti et al. (1994) de que a irrigação por gotejamento, método aplicado neste experimento, pode aumentar o movimento de fósforo no solo de cinco a dez vezes, quando a fonte de fósforo é um fertilizante líquido químico.

As diferenças nas concentrações de fósforo ocorridas na superfície do solo, foram proporcionais aos tratamentos T1, T2, T3 e T4; o tratamento com maior concentração de água residuária (T4) (Tabela 2) resultou no maior nível de concentração de fósforo na superfície do solo, concordando, portanto, com os resultados encontrados por Berwanger (2006), que verificou aumento nos índices de fósforo no solo, em função do aumento de aplicação de doses de ARS.

Na profundidade de 40 cm todos os tratamentos apresentaram nível de concentração semelhante ao nível no início do experimento (Tabela 3); na profundidade de 60 cm os tratamentos indicaram níveis de fósforo bem próximos, mas, menores em relação às concentrações encontradas na superfície, corroborando com Lopes (1989), quando cita que a maior concentração de fósforo ocorre na área superficial do solo, tendendo a ser média à medida em que a profundidade vai aumentando, até ser baixo ou não ter efeito em maiores profundidades. Berwanger (2006) relatou que a concentração de fósforo é maior na superfície do solo em função da capacidade deste elemento em interagir, especialmente com a fração mineral, justificando a diminuição do elemento com a profundidade; desta forma e pela Figura 1, verifica-se maior teor de matéria orgânica na profundidade de 20 cm o que pode estar associado ao maior teor de fósforo na mesma profundidade. Pela Tabela 4, se observa que não houve diferença significativa entre os tratamentos, fato que pode estar associado ao

Tabela 4. Resumo da análise de variância para os resultados dos teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), alumínio (Al), soma de bases (S), capacidade de troca catiônica (T), matéria orgânica (MO), saturação de bases (V), fósforo (P) e pH encontrados no solo sob tratamento com água residuária de suinocultura (ARS) durante o desenvolvimento da cultura da soja

Fonte de variação	GL	Valores calculados de F Snedecor									
		Ca	Mg	K	Al	S	T	MO	V (%)	P	pH
Tratamentos (A)	3	1,07 ^{ns}	1,53 ^{ns}	1,84 ^{ns}	2,59 ^{ns}	1,26 ^{ns}	2,63 ^{ns}	1,81 ^{ns}	1,22 ^{ns}	1,24 ^{ns}	1,14 ^{ns}
Profundidades (B)	2	2,64 ^{ns}	0,93 ^{ns}	20,04*	0,72 ^{ns}	2,43 ^{ns}	12,78*	3,35 ^{ns}	1,40 ^{ns}	9,15*	0,35 ^{ns}
AxB	6	0,24 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,81 ^{ns}	1,31 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,24 ^{ns}
CV (%)		56,34	69,52	61,13	115,39	56,80	16,25	27,35	41,30	115,81	14,40

* - significativo a nível de 1%; ns- não significativo; GL – graus de liberdade; CV – coeficiente de variação

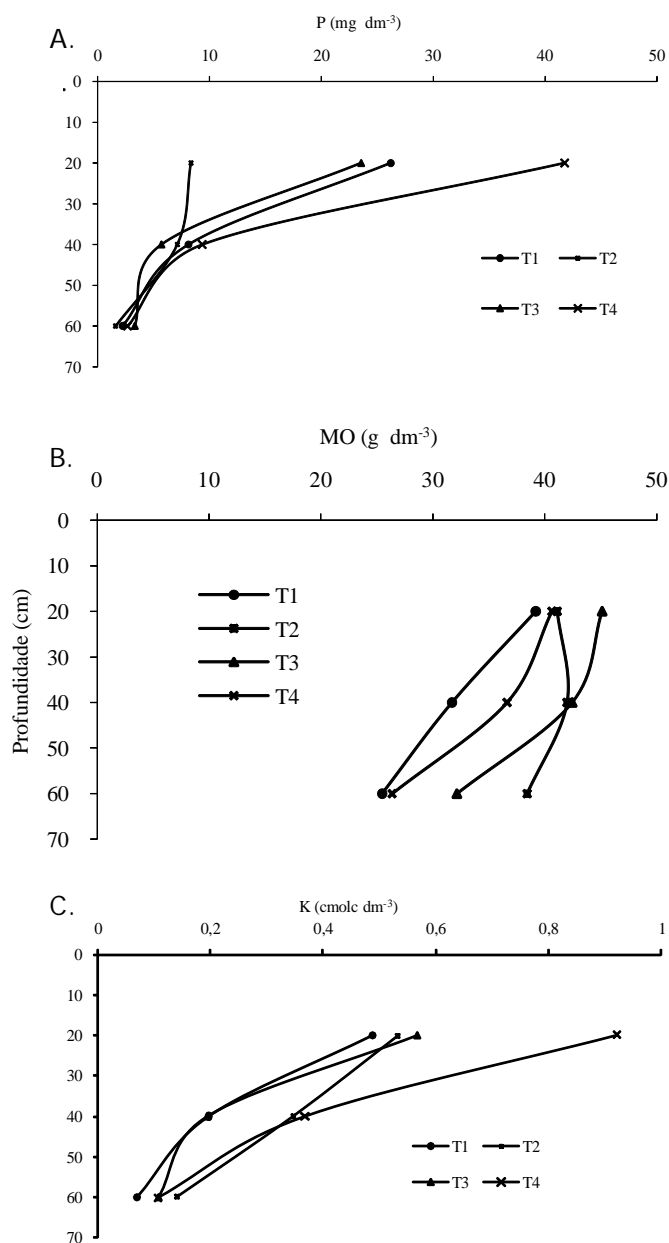


Figura 1. Distribuição dos teores de fósforo, matéria orgânica e potássio, após aplicação de ARS no perfil de Latossolo Vermelho Distroférico típico, cultivado com soja

curto período do estudo uma vez que estudos realizados durante períodos maiores, como o de Ceretta et al. (2003) demonstraram diferenças entre tratamentos e indícios de lixiviação do fósforo no perfil do solo.

Observa-se, na Figura 1, que há tendência da concentração de matéria orgânica diminuir com a profundidade e aumentar com a concentração de ARS, ou seja, de T1 para T4 o que, para Tomé Jr. (1997) e Malavolta et al. (2002), o comportamento é muito comum.

Os maiores valores de fósforo e da matéria orgânica observados próximo à superfície, podem ser justificados a partir do eficiente controle da lâmina aplicada, provocado pelo método de irrigação, que promoveu uma lâmina frequente e superficial, e pela utilização da estufa, que evitou incidências de lâminas decorrentes de precipitações. De acordo com Tomé

Jr. (1997) os teores de matéria orgânica apresentados nas três profundidades são classificados altos, uma vez que foram superiores a 25 g dm⁻³, o autor afirmou, ainda, que a partir desta classificação se pode inferir que este solo apresenta elevada capacidade de retenção de cátions total, o que significa maior capacidade de retenção de cátions no solo.

Observa-se, na Figura 1, que a distribuição do potássio no perfil do solo apresentou comportamento semelhante à do fósforo; entretanto, com menores inclinações das curvas de distribuição, demonstrando que o potássio teve mobilidade maior que a do fósforo, ratificando o trabalho de Alcarde et al. (2000). Ressalta-se, também que em decorrência da sua baixa reatividade com o solo e por estar praticamente livre no dejetto, o potássio tem maior mobilidade. Doblinski et al. (2010) trabalhando com lixiviação de nitrogênio, fósforo e potássio na cultura do feijão irrigado com ARS, verificaram que a mobilidade no perfil do solo é maior para o potássio, seguido do nitrogênio e do fósforo.

Provavelmente, outro fator que não permitiu maior mobilidade do potássio é apontado por Raij (1981), quando destaca alguns pontos importantes para o ajuste da baixa relação de cátions dos solos brasileiros, dentre os quais, o autor cita que se deve não apenas evitar que o teor de potássio ultrapasse o de magnésio como, também, manter elevado o teor de cálcio, de modo a diminuir as perdas de potássio por lixiviação; este fato foi observado no experimento e comprovado nas Figuras 1 e 2, pois os níveis de potássio, cálcio e magnésio se situam na faixa citada pelo autor, tal como os níveis iniciais desses íons, apresentados na Tabela 3.

Ressalta-se que os gráficos de cálcio e magnésio na Figura 2 são apresentados em formato diferente em virtude destes elementos não apresentarem mobilidade significativa estatisticamente, no perfil do solo (Tabela 4). Os níveis médios de cálcio e magnésio foram pouco afetados com a aplicação das águas residuárias confirmando, assim os resultados encontrados por Freitas et al. (2005). Melo et al. (2006) observaram que a textura do solo influenciou a retenção dos cátions potássio, sódio, cálcio e magnésio em solo argiloso, em relação ao solo arenoso e franco-arenoso.

A capacidade de troca catiônica, que representa a capacidade do solo em reter certa quantidade de cátions e permite, conseqüentemente, avaliar o potencial de lixiviação de cátions, pode ser observada na Figura 2. O valor absoluto da capacidade de troca catiônica é praticamente inalterado em curto prazo e possui relação direta com a matéria orgânica, de acordo com Meurer (2004). Lopes (1989) observou, em solo classificado como argiloso, valores semelhantes aos apresentados na Figura 2.

Deste modo, além do tipo de irrigação usada e da condução do experimento em estufa, a capacidade de troca catiônica observada no experimento também contribui para o baixo potencial de lixiviação do solo avaliado.

Observa-se, na Figura 3, que não houve diferenças significativas entre os valores de pH, que variaram de 4,6 a 5,4 propiciando, em todos os tratamentos, alta acidez, (Tomé Jr., 1997) caracterizando fator importante para a absorção de nutrientes pela cultura. Ceretta et al. (2003) afirmaram que a possibilidade de alterações no pH do solo com a aplicação

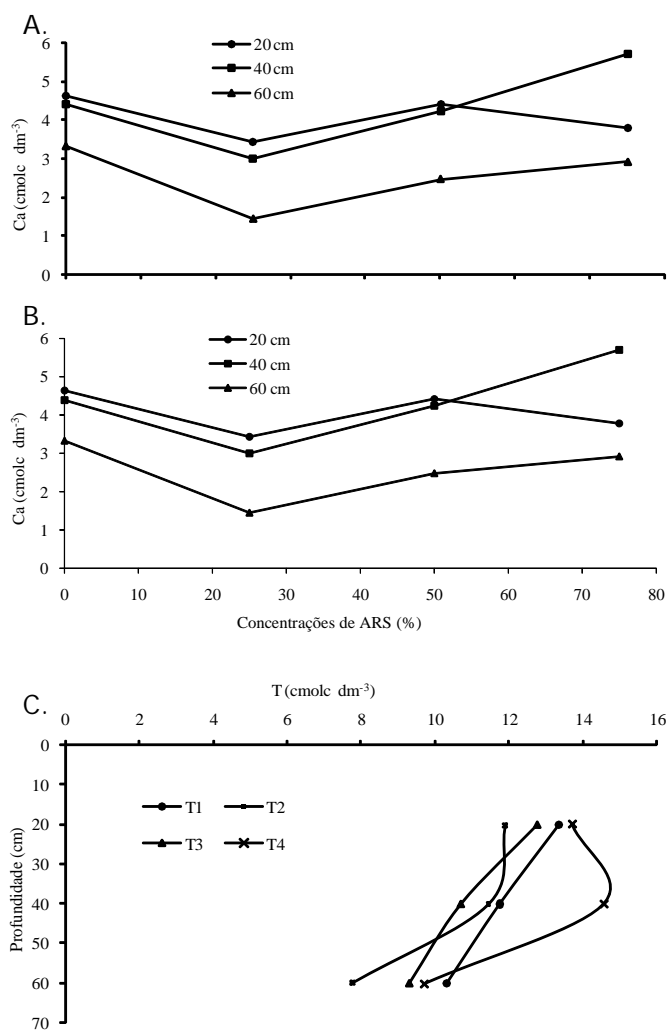


Figura 2. Distribuição dos teores de cálcio e magnésio nas profundidades de 20, 40 e 60 cm frente aos tratamentos e da capacidade de troca catiônica após aplicação de ARS no perfil de Latossolo Vermelho Distroférico típico, cultivado com soja

de ARS é mínima e que o pH praticamente não sofreu alteração quando da aplicação de ARS em solo de pastagem. Observando-se a Figura 3 e Tabela 4, tem-se que o pH não variou quanto aos tratamentos e às profundidades, contrariando Lopes (1989) que explicou que, em geral, a acidez aumenta com a profundidade do solo.

De acordo com Medalie et al. (1994), e se considerando que quanto maior a quantidade de adubo nitrogenado maior também a acidez do solo em função da liberação do íon H⁺ e que os valores de pH encontrados não diferem entre si significativamente, é possível inferir que também não ocorreu lixiviação desse íon. Novamente, a inexistência de lixiviação advém dos fatores já mencionados antes, responsáveis pelo maior controle da lâmina aplicada, já que o excesso de água induz à lixiviação de nutrientes básicos, como o cálcio e o magnésio, sendo substituídos, no complexo de troca, por elementos acidificantes, como os hidrogênio, manganês e alumínio, promovendo grau elevado de acidez, segundo Lopes (1989) e Guerra et al. (1999).

Destaca-se que, em todos os tratamentos foram registrados na profundidade de 60 cm os menores níveis de concentração e bem próximos ou pouco menores que os iniciais (Ta-

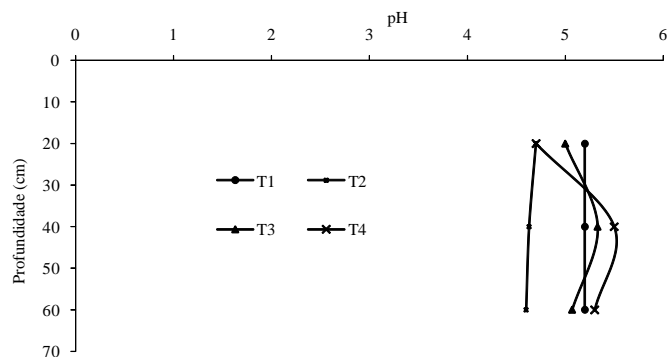


Figura 3. Distribuição do pH após aplicação de ARS no perfil de Latossolo Vermelho Distroférico típico, cultivado com soja

bela 3), em todos os parâmetros avaliados demonstrando, desta forma, que não ocorreu processo de lixiviação, ao final do ciclo da cultura.

CONCLUSÕES

1. A aplicação de água residuária da suinocultura nas concentrações de 25, 50 e 75 % não apresentou alterações significativas nos teores de cálcio, magnésio, potássio, alumínio, soma de bases, capacidade de troca catiônica, saturação por bases, fósforo e pH do Latossolo Vermelho Distroférico típico, cultivado com soja.
2. Verificou-se que não ocorreu lixiviação do cálcio, magnésio, potássio, alumínio e fósforo em Latossolo Vermelho Distroférico típico, cultivado com soja e irrigado com água residuária da suinocultura.
3. A irrigação por gotejamento propiciou tendência significativa do fósforo e potássio de se acumularem na superfície do Latossolo Vermelho Distroférico típico, cultivado com soja quando irrigado com água residuária da suinocultura.

LITERATURA CITADA

- Aguiar, M.I. de; Lourenço, I.P.; Oliveira, T.S. de; Lacerda, N.B. de. Perda de nutrientes por lixiviação em um Argissolo Acinzentado cultivado com meloeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.4, p.811-819, 2006.
- Alcarde, J.C.; Gomes, P.F.; Malavolta, E. Adubos e adubações. São Paulo: Nobel, 2000. 596p.
- Anami, M.H.; Sampaio, S.C.; Suszek, M.; Damasceno, S.; Queiroz, M.M.F. Deslocamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura em colunas de solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.1, p.75-80, 2008.
- Anami, M.H.; Sampaio, S.C.; Suszek, M.; Frigo, E.P. Lixiviação de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura tratada em sistema de lagoas. *Irriga*, v.12, n.2, p.192-201, 2007.
- APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 ed. Washington: American Public Health Association, 1998. 1193p.

- Araújo, C.; Ruiz, H.; Silva, D.; Ferreira, P.; Alvarez, V.; Bahia, A. Elução de fósforo em relação ao tempo de difusão em colunas com agregados de um latossolo vermelho distrófico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.1, 2003.
- Baumgartner, D.; Sampaio, S.C.; Silva, T.R.; Vilas Boas, M.A. Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. *Engenharia Agrícola*, v.27, n.1, p.152-163, 2007.
- Berwanger, A.L. Alterações e transferência de fósforo no solo para o meio aquático com o uso de dejetos líquidos de suínos. Santa Maria: UFSM, 2006. 98p. Dissertação Mestrado.
- Caovilla, F.A.; Sampaio S.C.; Pereira J.O.; Vilas Boas M.A.; Gomes B.M. E Figueiredo, A. de C. Lixiviação de nutrientes provenientes de águas residuárias em colunas de solo cultivados com soja. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, suplemento, p.283-287, 2005.
- Cavallet, L.E.; Lucchesi, L.A.C.; Moraes, A. de; Schimidt, E.; Perondi, M.A.; Fonseca, R.A. da. Melhoria da fertilidade do solo decorrentes da adição de água residuária da indústria de enzimas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.3, p.724-729, 2006
- Ceretta, C.A.; Durigon, R; Basso, C.J.; Barcellos, L.A.R; Vieira, F.C.B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.38, n.6, p.729-735, 2003.
- Cooke, C.M.; Gove, L.; Nicholson, F.A.; Cook, H.F.; Beck, A.J. Effect of drying and composting biosolids on movement of nitrate and phosphate through repacked soil columns under steady-state hydrological conditions. *Chemosphere*, v.44, p.757-804, 2001.
- Costa, J.M.; Oliveira, E.F. Fertilidade do solo e nutrição de plantas. Cascavel: COAMO/COODETEC, 2001. 93p.
- Dal Bosco, T.C.; Sampaio, S.C.; Opazo, M.A.U.; Gomes S.D.; Nóbrega, L.H.P. Aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja: cobre e zinco no material escoado e no solo. *Engenharia Agrícola*, v.28, n.4, p.699-709, 2008.
- Doblinski, A.F.; Sampaio, S.C.; Silva, V.R.da; Nóbrega, L.H.P.; Gomes, S.D.; Dal Bosco, T.C. Nonpoint source pollution by swine farming wastewater in bean crop. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.1, p.87-93, 2010.
- Factor, T.L.; Araújo, J.A.C. de; Vilella Junior, L.V.E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.2, p.143-149, 2008.
- Freitas, W.da S.; Oliveira, R.A.; Cecon, P.R.; Pinto, F.A.; Galvão, J.C.C. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura em solo cultivado com milho. *Engenharia na Agricultura*, v.13, n.2, p.95-102, 2005.
- Frigo, E.P.; Sampaio, S.C.; Freitas, P.S.L.; Queiroz, M.M.F.; Nóbrega, L.H.P.; Mallmann, L.S. Desempenho do sistema de gotejamento e de filtros utilizando água residuária da suinocultura. *Irriga*, v.11, n.3, p.305-318, 2006.
- Gomes, E.R.S.; Sampaio, S.C.; Corrêa, M.M.; Vilas Boas, M.A.; Alves, L.F.A.; Alves Sobrinho, T. Movimento de nitrato proveniente de água residuária em colunas de solo. *Engenharia Agrícola*, v.24, n.3, p.557-568, 2004.
- Guerra, A.J.T.; Silva, A.S.; Botelho, R.G.M. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 154p.
- Heathwaite, L.; Sharpley, A.; Gburek, W.A. A conceptual approach for integrating phosphorus and nitrogen management at watershed scales. *Journal of Environmental Quality*, v.23, n.2, p.337-343, 2000.
- Lopes, A.S. Manual de fertilidade do solo. São Paulo: Anda/Potafos, 1989. 155p.
- Malavolta, E.; Pimentel G. F.; Alcarde, J.C. Adubos e adubações. São Paulo: Nobel, 2002. 199p.
- Marciano, C. R.; Moraes, S.O.; Oliveira, F.C.; Mattiazzo, M.E. Efeito do lodo de esgoto e do composto de lixo urbano sobre a condutividade hidráulica de um Latossolo Amarelo saturado e não saturado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, n.1, p. 1-9, 2001.
- Medalie, L.; Bowden, W.B.; Smith, C.T. Nutrient leaching following of aerobically digested municipal sewage sludge in a Northern Hardwood Forest. *Journal of Environmental Quality*, v.23, p.130-138, 1994.
- Medeiros, S.S.de; Soares, A.A.; Ferreira, P.A.; Neves, J.C.L.; Souza, J.A.de. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.2, p.109-115, 2008.
- Melo, R.F.de.; Ferreira, P.A.; Matos, A.T.; Ruiz, H.A.; Oliveira L.B.de. Deslocamento miscível de cátions básicos provenientes da água residuária de mandioca em colunas de solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.2, p.456-465, 2006.
- Meurer, E.J. Fundamentos de química do solo. 2 ed. Porto Alegre: Gênese, 2004. 245p.
- Pelissari, R.; Sampaio, S.C.; Gomes, S.D.; Crepalli, M.S. Lodo têxtil e água residuária da suinocultura na produção de mudas de eucalyptus grandis (W, Hill ex Maiden). *Engenharia Agrícola*, v.29, n.2, p.288-300, 2009.
- Queiroz, F.M. de; Matos, A.T.de; Pereira O.G.; Oliveira, R.A.de. Perda de nutrientes por lixiviação em um Argissolo Acinzentado cultivado com meloeiro. *Ciência Rural*, v.34, n.5, p.1487-1492, 2004.
- Raij, B. Van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: Instituto Internacional da Potassa, 1981. 343p.
- Suszek, M; Sampaio, S.C.; Santos, R.F.; Nunes, O.L.G.S.; Damasceno, S.; Mallmann, L.S. Uso de água residuária da suinocultura na bioestabilização de resíduos verdes urbanos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.4, p.176-180, 2005.
- Tedesco, M.J.; Volkweis, S.J.; Bohnem, H. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p.
- Tomé Jr. J.B. Manual para interpretação de análises de solo. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.
- Vitti, G.C.; Boaretto, A.E.; Pentead, S.R. Fertilizantes e fertirrigação. In: *Fertilizantes fluídos*. Piracicaba: Potafos, 1994. 343p.