

# BALANÇO DE SAIS PROVENIENTES DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA EM QUATRO CICLOS DE CULTURA

Leocir José Carneiro\*

Jonathan Dieter\*\*

Silvio Cesar Sampaio\*\*\*

Nelson Schmidt Junior\*\*\*\*

Francielly T. Santos-Koelln\*\*\*\*\*

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi estudar a quantidade total de sais no lixiviado e no solo, durante quatro ciclos de culturas, consecutivamente, irrigados com água residuária da suinocultura (ARS). A ARS foi aplicada nas doses de 0, 100, 200 e 300 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, combinadas com dois níveis de adubação (AD), 50 e 75% da necessidade da cultura, em três repetições. As culturas utilizadas foram o milho, soja, aveia e soja, consecutivamente. De maneira geral, as aplicações de ARS até 300 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, combinadas com adubações de 50 e 75% da necessidade da cultura, não ocasionaram problemas de contaminação das águas subterrâneas e do solo, em termos de condutividade elétrica, para as culturas estudadas. Percebeu-se uma leve tendência de aumento da quantidade total de sais no solo, com aplicações sucessivas. Nas leguminosas, os sais lixiviados foram maiores, por essas culturas não necessitarem fornecimento extra de nitrogênio.

---

\* Engenheiro Agrícola; Mestrando em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. E-mail: leocir\_jcarneiro@yahoo.com.br

\*\* Mestre em Engenharia Agrícola; Docente na Universidade Federal do Paraná/Campus Palotina – UFPR. Doutorando em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual do Oeste do Paraná- UNIOESTE. E-mail: jdieter@ufpr.br

\*\*\* Doutor em Engenharia Agrícola; Docente na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. E-mail: ssampaio@unioeste.br

\*\*\*\* Discente do curso de Engenharia Agrícola na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. E-mail: juninho\_sch@hotmail.com

\*\*\*\*\* Tecnóloga em Alimentos; Mestranda em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. E-mail: franciellykoelln@yahoo.com.br;

**PALAVRAS-CHAVE:** Condutividade Elétrica; Lisímetro; Poluição Ambiental; Reuso de Água; Salinidade.

## **SALT EQUILIBRIUM FROM SWINE BREEDING WASTEWATER IN FOUR CROP CYCLES**

**ABSTRACT:** Total amount of salts in leachate and soil during four cycles of crops consecutively irrigated with swine culture wastewater (ARS) is evaluated. ARS was applied at rates 0, 100, 200 and 300 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> coupled to two fertilizer levels (AD), 50 and 75% of culture, in three replicates. The crops were consecutively corn, soybeans, oats and soybeans. As a rule, ARS applications up to 300 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> coupled to 50 and 75% fertilization levels of crop failed to cause any contamination in groundwater and soil with regard to electrical conductivity for the crops under analysis. A slight increase in total amount of salts in the soil was registered when successive applications were undertaken. Leached salts level was higher in legumes since these crops do not need any extra nitrogen supply.

**KEYWORDS:** Electrical Conductivity; Environmental Pollution; Lysimeter; Salinity; Water Reuse.

### **INTRODUÇÃO**

A suinocultura brasileira exhibe indicadores de produtividade de primeiro mundo, sendo considerado o país mais promissor no crescimento da produção

devido à sua grande extensão de terra, à disponibilidade de grandes recursos hídricos, à capacidade de produção de grãos e à alta qualidade genética dos animais. Neste sentido, a suinocultura é uma atividade agropecuária de grande importância para o Brasil, principalmente na região Sul, onde se concentra a maior parte dos animais (BERWANGER; CERETTA; SANTOS, 2008).

A enorme produção implica em grandes quantidades de resíduos gerados nas propriedades suinícolas. A utilização da Água Residuária de Suinocultura (ARS) como fertilizante é uma maneira viável de ciclar nutrientes e diminuir impactos ambientais (DAL BOSCO et al., 2008). No entanto, é necessário saber a dosagem ideal para cada cultura, tipo de solo e clima, para garantir produtividade sem riscos de problemas ambientais, como a contaminação do lençol freático e salinização do solo. A disposição contínua de águas residuárias de suinocultura ao longo dos anos, nas mesmas áreas, aplicada acima da capacidade suporte do solo, pode provocar contaminação do solo e das águas subterrâneas através da lixiviação de nutrientes (CERETTA et al., 2005; BASSO et al., 2005; PELISSARI et al., 2009; ANAMI et al., 2008; DAL BOSCO et al., 2008; ANAMI et al., 2007; BAUMGARNTER et al., 2007; SAMPAIO et al., 2007; FRIGO et al., 2006; CAOVIALLA et al., 2005; SUSZEK et al., 2005; SAMPAIO et al., 2010). Donagemma e colaboradores (2010) relatam os mesmos problemas para a fertiçação química.

O termo salinidade se refere à presença, no solo, de sais solúveis. Quando a concentração de sais se eleva ao ponto de prejudicar o rendimento econômico das culturas, diz-se que tal solo está salinizado. Segundo Mantovani, Bernardo e Palaretti (2006), uma classificação para definir o grau de salinidade de um solo foi proposto pelo Laboratório de Salinidade dos Estados Unidos, segundo o qual um solo, para ser considerado salino, deve apresentar condutividade elétrica (CE) maior que  $4 \text{ dS.m}^{-1}$  ( $25^{\circ}\text{C}$ ), uma percentagem de sódio trocável menor que 15% e pH inferior a 8,5.

Aryers e Westcot (1991) relatam que a salinidade da água pode ser avaliada pela CE, sendo classificada em três graus de restrições para o uso: Nenhuma ( $\text{CE} < 0,7 \text{ dS.m}^{-1}$ ), Ligeira e Moderada ( $0,7 \leq \text{CE} < 3 \text{ dS.m}^{-1}$ ) e Severa ( $\text{CE} > 3$

dS.m<sup>-1</sup>).

As águas são divididas em quatro classes, segundo a CE, ou seja, em função da sua concentração total de sais solúveis. As classes seriam C1, C2, C3 e C4, onde C1 teria CE igual ou menor que 0,250 dS.m<sup>-1</sup>, C2 entre 0,250 e 0,750 dS.m<sup>-1</sup>, C3 entre 0,750 e 2,250 dS.m<sup>-1</sup> e, por último, a classe C4 com CE maior que 2,25 dS.m<sup>-1</sup>, frisando que todos os valores das CE são a temperatura de 25 °C (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2006).

A lixiviação de nutrientes nos solos é a maior causa de perda de fertilidade dos mesmos. Os solos têm o poder de ciclagem de nutrientes, porém, ao contrário do que acontece nas florestas, a vida microbiológica nos solos cultivados pelo homem está reduzida, a ciclagem de nutrientes se torna demorada, exigindo cada vez mais o uso de fertilizantes químicos, visando a manter a produtividade necessária para obtenção de lucro ao produtor (CARNEIRO et al., 2010).

Neste sentido, o trabalho analisou quatro experimentos com uso de ARS, sendo as culturas utilizadas milho, soja, aveia e soja, consecutivamente. No primeiro, segundo e quarto ciclos, foram utilizados oito tratamentos, quatro doses de ARS combinados com adubações de 50% e 75% da necessidade das culturas. Para o terceiro ciclo de cultura, a aveia, foram utilizados apenas quatro tratamentos, quatro diferentes dosagens de ARS, 0, 100, 200 e 300 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Analisou-se o comportamento da CE da água percolada nos lisímetros, transformando a CE em quantidade total de sais lixiviados, procurando indícios de contaminação do lençol freático; analisou-se, também, a quantidade total de sais solúveis no solo, refletindo sobre os problemas de salinidade devido a aplicação de ARS.

O objetivo principal deste trabalho foi verificar problemas de salinidade do solo e lixiviação de íons para camadas profundas, avaliando a possibilidade de contaminação das águas subterrâneas, durante dois anos, nas culturas do milho, soja e aveia em Latossolo vermelho Distroférrico, na região Oeste do Paraná.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi instalado no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola

– NEEA da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, no município de Cascavel, Paraná. O local está situado na latitude 24°53'S, longitude 53°23'W e altitude de 682 metros.

O experimento foi alocado em uma área de 6,0 m x 15 m, em condições normais de campo, em 24 lisímetros, caixas de fibra com capacidade de 1 m<sup>3</sup>, espaçados 0,4 x 0,5 m, com 1,2 m de profundidade.

Cada lisímetro possuía uma tela de proteção contra entupimento na saída, posterior camada de 10 cm de pedra brita, para facilitar a infiltração da água e manta de poliéster, com objetivo de filtrar o material percolado, diminuindo a passagem de solo para a camada de pedra brita.

Por fim, o solo foi colocado sobre a manta de poliéster, obedecendo à ordem em que foi retirado em camadas de 10 cm e saturado, para manter as características do perfil do solo.

A condução da água percolada, pelos lisímetros, realizou-se por gravidade através de canos de PVC enterrados, que levaram o material percolado, da saída de cada lisímetro, para um ponto de coleta, logo abaixo do experimento.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006), composto de 68% de argila, 13% de silte e 19% de areia.

As culturas estudadas e as respectivas datas de semeadura foram: milho, 19 de março de 2006; soja, 02 de dezembro de 2006; aveia, 19 de julho de 2007 e soja 10 de novembro de 2007.

Foram realizadas 7, 6, 2 e 4 coletas de material percolado, para as culturas do milho, soja, aveia e soja, respectivamente, sempre que ocorreu lixiviação. Posteriormente, as amostras foram refrigeradas e levadas para o Laboratório de Saneamento Ambiental da UNIOESTE - Campus Cascavel, onde foi determinada a CE segundo a metodologia descrita em APHA, AWWA & WEF (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1998).

A perda total por lixiviação de sais ou nutrientes foi quantificada através da CE do percolado, com a fórmula  $M = CE \times 0,64 \times V$  (HOLANDA; AMORIM, 1997), em que:

M = Massa de sais (em g).

CE = Condutividade elétrica do percolado em (dS.m<sup>-1</sup>).

V = Volume percolado (em L).

As quantidades de sais, de cada coleta, foram somadas para se trabalhar com o total lixiviado no ciclo.

As coletas de solo, para caracterização, foram realizadas antes do primeiro ciclo. O solo apresentou pH:5; MO: 14,3 g.dm<sup>-3</sup>; V(%): 57,4; P, B, Cu, Fe, Mn e Zn de 0,7; 0,1; 8,6; 69; 39 e 0,8 mg.dm<sup>-3</sup>, respectivamente; H+Al, K, Ca, Mg, Soma de Bases, CTC e S de 3,89; 0,2; 3,4; 2,1; 5,7; 9,6 e 5,7 Cmolc.dm<sup>-3</sup>, respectivamente. No decorrer do experimento, em cada ciclo de cultura foram coletadas amostras de solo para determinação da CE nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, porém, neste trabalho foi considerada a média das 3 camadas, para determinação da quantidade total de sais solúveis no solo e as determinações seguiram a metodologia descrita em Raij e colaboradores (2001).

Para correção do pH para 6,5 foi aplicado 2,43 t/ha, segundo cálculos de Gianello e colaboradores (1995). A adubação foi aplicada segundo recomendação de Fancelli e Dourado Neto (2000), levando em conta os tratamentos que usaram 50 e 75% da necessidade das culturas, sendo aplicada apenas na semeadura, sem aplicação de superfície.

O delineamento experimental foi em Blocos Casualizado (DBC), com oito tratamentos e três repetições para as culturas de soja e milho (Tabela 1). Para a cultura da aveia utilizou-se apenas quatro tratamentos, sendo as dosagens de ARS de 0, 100, 200 e 300 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, com 6 repetições.

**Tabela 1** Descrição dos tratamentos.

| TRATAMENTOS | DESCRIÇÃO  |
|-------------|--|
| T1AD1       | 0 m <sup>3</sup> .ha-1 de ARS – 50% adubação mineral   |
| T1AD2       | 0 m <sup>3</sup> .ha-1 de ARS – 75% adubação mineral   |
| T2AD1       | 100 m <sup>3</sup> .ha-1 de ARS – 50% adubação mineral |
| T2AD2       | 100 m <sup>3</sup> .ha-1 de ARS – 75% adubação mineral |
| T3AD1       | 200 m <sup>3</sup> .ha-1 de ARS – 50% adubação mineral |
| T3AD2       | 200 m <sup>3</sup> .ha-1 de ARS – 75% adubação mineral |
| T4AD1       | 300 m <sup>3</sup> .ha-1 de ARS – 50% adubação mineral |
| T4AD2       | 300 m <sup>3</sup> .ha-1 de ARS – 75% adubação mineral |

Os dados de quantidade de sais no solo e lixiviado foram submetidos à regressão linear em função das doses de ARS, à análise de variância (ANOVA) e comparação de médias pelo teste Tukey, quando houve significância, pelo programa Sisvar 5.0, desenvolvido por Ferreira (2000).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De um modo geral, a quantidade de sais lixiviados e no solo foi influenciada pela adubação mineral ou pela aplicação de ARS, exceto para a cultura do milho (Tabela 2). Os valores de CE para o solo não ultrapassaram o limite de 4 dS.m<sup>-1</sup> estipulado por Mantovani, Bernardo e Palaretti (2006). Em relação ao material percolado, as águas lixiviadas seriam enquadradas nas classes C1 e C2, segundo Mantovani, Bernardo e Palaretti (2006). Pela classificação de Aryers e Westcot (1991), as águas percoladas são classificadas como, sem nenhuma restrição, CE < 0,7 dS.m<sup>-1</sup>.

Na cultura do milho não houve diferenças significativas entre as doses de

ARS e porcentagens de adubação mineral, tanto para a quantidade total de sais no solo quanto para o lixiviado ( $p < 0,05$ ), corroborando com Dieter (2007) que estudou as mesmas taxas e porcentagens de adubação para a cultura do milho não encontrando diferenças para os sais lixiviados. Freitas e colaboradores (2005), estudando aplicação de lâminas excessivas de águas residuárias de suinocultura, correspondentes a 1,5 e 2,0  $ET_0$ , na cultura do milho, constatou posterior salinidade do solo.

No segundo ciclo, cultura da soja, houve significância para o fator adubação ( $p < 0,05$ ) na quantidade de sais lixiviados, pela comparação de médias nota-se maior lixiviação para a maior dose de fertilizante químico, 75% da necessidade da cultura. As doses de ARS não apresentaram significância ( $p > 0,05$ ). Caovilla e colaboradores (2005) estudaram 4 concentrações de ARS, 0, 25, 50 e 75 % para a cultura da soja, a fim de testar a metodologia utilizada para lixiviação e verificou que a metodologia é adequada para o total de sais lixiviados.

A cultura da aveia, por não receber adubação mineral, permitiu melhor visualização da influência da aplicação de ARS, houve significância para as doses de ARS ( $p < 0,05$ ), para as quantidades de sais no solo e lixiviado.

Em relação à quantidade de sais no solo, as doses de 200 e 300  $m^3 \cdot ha^{-1}$  apresentaram os maiores valores, sendo iguais entre si e diferindo da testemunha onde não aplicou-se ARS.

A quantidade de sais lixiviados, durante a cultura da aveia, foi inferior as demais. Atribui-se o fato à estiagem ocorrida durante o ciclo da cultura; mostrou, também, crescimento linear de acordo com as doses de ARS aplicadas, sendo que a dosagem de 300  $m^3 \cdot ha^{-1}$  diferiu-se das de 0 e 100  $m^3 \cdot ha^{-1}$ .

Gomes Filho e colaboradores (2001) estudaram o cultivo hidropônico de aveia forrageira com ARS nas proporções de 70, 50, 30 e 10% no preparo da solução nutritiva, todas representadas por valores de CE inicial de 4,2, 2,8, 1,8 e 0,97  $dS \cdot m^{-1}$ . As soluções proporcionaram produtividade de até 31,5  $t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$  de aveia forrageira e melhoria significativa na qualidade do efluente. A CE inicial igual a 1,8  $dS \cdot m^{-1}$  na solução nutritiva preparada com ARS foi considerada a mais adequada para o cultivo hidropônico da aveia forrageira.

Queiroz e colaboradores (2004) estudaram doses excessivas de ARS aplicadas no cultivo de forrageiras, concluindo que os nutrientes P, K, Na e Zn aplicados com o esterco líquido de suínos, acumularam no solo, na profundidade de 0–0,20m, sendo recomendável um monitoramento das características químicas do solo ao longo de seu perfil e das águas subterrâneas para que se avaliem riscos de contaminação ambiental.

No último ciclo a quantidade de sais lixiviados foi maior para a dosagem de  $300 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , porém, não diferiu das demais a 5% pelo teste Tukey. Em relação à quantidade de sais no solo, observou-se significância ( $p < 0,05$ ) entre as dosagens, sendo que a dose de  $300 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  apresentou maiores valores diferindo do tratamento sem aplicação de ARS. Os resultados foram semelhantes aos encontrados por Smanhotto e colaboradores (2009), que estudou as mesmas lâminas de ARS e níveis de adubação para a cultura da soja não encontrando tendência de contaminação do solo e da água para uma taxa de até  $300 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , quanto à lixiviação de sais.

Caovilla e colaboradores (2010) estudou quatro níveis de concentração de ARS, 0, 25, 50 e 75% na irrigação por gotejamento na soja. Verificou que não ocorreu lixiviação do cálcio, magnésio, potássio, alumínio e fósforo em Latossolo Vermelho Distroférico típico, cultivado com soja, irrigado com ARS.

**Tabela 2** ANOVA e comparação de médias.

| CULTURA | FATOR/TRATAMENTO                        | SAIS/SOLO<br>(g)    | SAIS LIX.<br>(g)    |
|---------|---|---------------------|---------------------|
| Milho   | Bloco                                   | 0.286 <sup>ns</sup> | 0.457 <sup>ns</sup> |
|         | AD                                      | 0.950 <sup>ns</sup> | 0.262 <sup>ns</sup> |
|         | ARS                                     | 0.357 <sup>ns</sup> | 0.520 <sup>ns</sup> |
|         | AD X ARS                                | 0.478 <sup>ns</sup> | 0.997 <sup>ns</sup> |
|         | CV (%)                                  | 28.25               | 75.21               |
| Soja    | 50 %                                    | 70.50 a             | 96.50 a             |
|         | 75 %                                    | 78.33 a             | 245.5 b             |
|         | Bloco                                   | 0.511 <sup>ns</sup> | 0.217 <sup>ns</sup> |
|         | AD                                      | 0.308 <sup>ns</sup> | 0.016*              |
|         | ARS                                     | 0.431 <sup>ns</sup> | 0.196 <sup>ns</sup> |
| Aveia   | AD X ARS                                | 0.206 <sup>ns</sup> | 0.392 <sup>ns</sup> |
|         | CV (%)                                  | 11.84               | 78.06               |
|         | 0 (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )   | 55.17 a             | 1.333 a             |
|         | 100 (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> ) | 62.33 ab            | 1.833 a             |
|         | 200 (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> ) | 77.83 b             | 4.500 ab            |
| Soja    | 300 (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> ) | 73.17 b             | 7.000 b             |
|         | Bloco                                   | 0.832 <sup>ns</sup> | 0.002*              |
|         | ARS                                     | 0.005*              | 0.000*              |
|         | CV (%)                                  | 15.27               | 55.33               |
|         | 0 (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )   | 64.67a              | 62.67 a             |
| Soja    | 100 (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> ) | 75.33 ab            | 62.50 a             |
|         | 200 (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> ) | 75.67 ab            | 69.50 a             |
|         | 300 (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> ) | 86.83 b             | 108.0 a             |
|         | Bloco                                   | 0.505 <sup>ns</sup> | 0.310 <sup>ns</sup> |
|         | AD                                      | 0.235 <sup>ns</sup> | 0.083 <sup>ns</sup> |
| Soja    | ARS                                     | 0.024*              | 0.189 <sup>ns</sup> |
|         | AD X ARS                                | 0.055 <sup>ns</sup> | 0.828 <sup>ns</sup> |
|         | CV (%)                                  | 14.14               | 52.28               |

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. CV: Coeficiente de variação; \*: significativo a 5%; ns: não significativo.

No primeiro ciclo de cultura, os sais no solo não apresentaram correlação com as doses de ARS (Figura 1A). Para a quantidade total de sais lixiviados, a correlação foi negativa, conforme as doses aumentaram a quantidade de sais diminuiu; atribui-se isso ao fato a maior lixiviação em alguns lisímetros, pois o solo ainda não estava acomodado adequadamente conforme condições originais.

No segundo ciclo, cultura da soja, os sais lixiviados não apresentaram correlação com as doses de ARS, isso porque houve influência das porcentagens de adubação ( $p < 0,05$ ), como demonstrado na Tabela 2. Os sais no solo apresentaram comportamento esperado, com correlação com as doses de ARS (Figura 1B).

Com a eliminação do efeito da adubação mineral, a cultura da aveia mostrou melhores resultados, apresentando correlação alta da quantidade total de sais no solo e no lixiviado,  $R^2$  de 0,76 e 0,94, respectivamente (Figura 1C).

No último ciclo, a soja, a quantidade de sais no solo e no lixiviado se correlacionaram positivamente com as doses de ARS,  $R^2$  de 0,91 e 0,72, respectivamente, ou seja, conforme se aumentou a quantidade de ARS, maior a quantidade de sais no solo (Figura 1D).

Figura 1 A

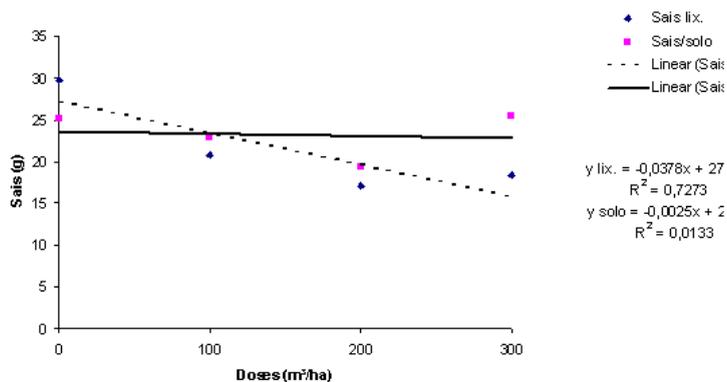


Figura 1B

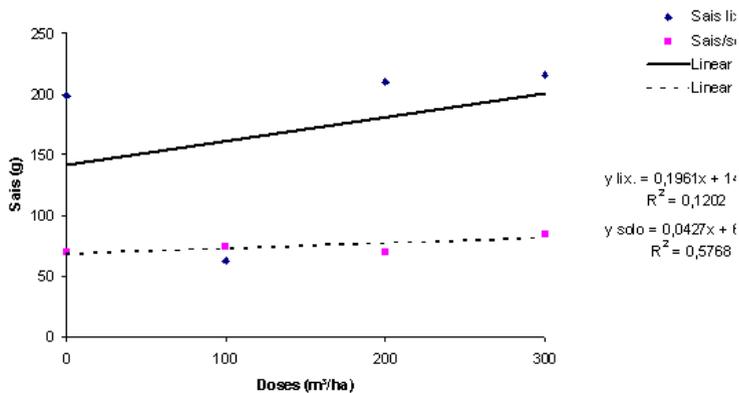


Figura 1C

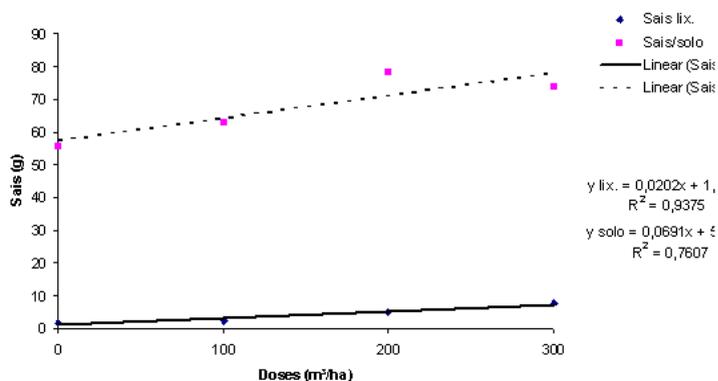
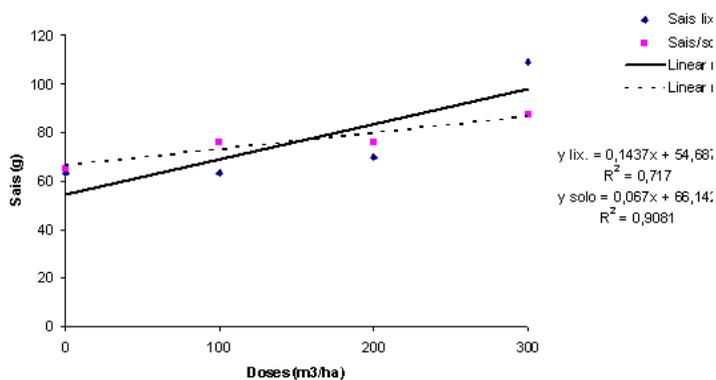


Figura 1 D



**Figura 1** Regressão linear para sais totais lixiviados e no solo na cultura do milho (a), soja (b), aveia (c) e soja (d).

Ao longo do tempo, embora haja um aumento da salinidade, deve-se observar que nas culturas leguminosas, ciclos 2 e 4, há um aumento de sais no solo (Figura 2), possivelmente por tratar-se de plantas leguminosas; estas fixam nitrogênio atmosférico. Com isso há maior disponibilidade deste elemento no perfil do solo. Ceretta e colaboradores (2003) estudaram o efeito da aplicação de ARS nas doses de 0, 20 e 40 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> bimestralmente, durante 48 meses e concluíram que a lixiviação de N e a elevada concentração de P na camada mais superficial do solo adubado com esterco líquido de suínos mostraram que estes elementos podem comprometer a qualidade do ambiente, especialmente como contaminantes da água.

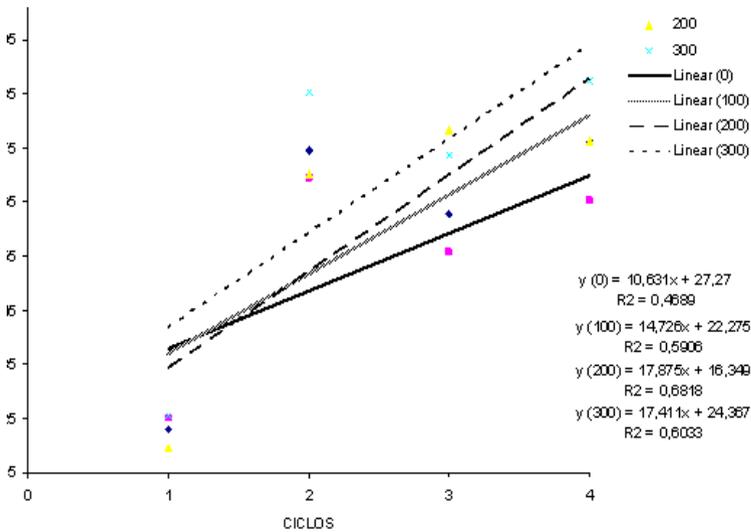


Figura 2. Regressão linear dos sais em função do tempo

Neste trabalho, de um modo geral, a aplicação de doses de até 300 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> nas culturas da soja, aveia e milho em Latossolo Vermelho Distroférico, durante dois anos, não apresentaram problemas de salinidade e poluição difusa, em relação à quantidade total de sais. Portanto, a aplicação de dejetos de suínos é uma fonte de

nutrientes que podem melhorar a produtividade das culturas, além das qualidades físicas, químicas e biológicas do solo.

Dal Bosco e colaboradores (2008) avaliaram as alterações químicas de um solo na região Oeste do Paraná, decorrentes da aplicação por 8 anos consecutivos de ARS, comparando com uma área semelhante cultivada em condições normais. O estudo concluiu que a aplicação de ARS propiciou na camada de 0-30 cm um aumento de 89,02%, 80,49%, 275%, 51,62%, 16,67%, 23,92%, 17,73% e 133,33% para o cálcio, magnésio, potássio, fósforo, pH, matéria orgânica, nitrogênio total e sódio, respectivamente. Para a camada de 30-60 cm verificou-se um aumento de 9,95%, 11,76%, 42,78% e 33,33% para o cálcio, magnésio, fósforo, e sódio, respectivamente.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. As dosagens de até 300 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, combinadas com níveis de 50 e 75 % da necessidade da cultura, não causaram problemas de salinidade do solo para as culturas do milho e soja, durante dois anos de experimentos.
2. As águas percoladas foram classificadas como sem restrição de uso, em termos de condutividade elétrica.
3. A cultura da soja apresentou maiores valores de sais no lixiviado e no solo.
4. O não fornecimento de nutrientes via adubação mineral, para a cultura da aveia, ocasionou uma redução significativa na quantidade de sais lixiviados.
5. Houve uma leve tendência de acúmulo de sais ao longo do tempo.

#### REFERÊNCIAS

ANAMI, M. H. et al.. Deslocamento miscível de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura em colunas de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 75-80, 2008.

ANAMI, M. H. et al.. Lixiviação de nitrato e fosfato proveniente de água residuária da suinocultura tratada em sistema de lagoas. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 2, p. 192-201, 2007.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed.. Washington: American Public Health Association, 1998.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F., DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande, PB: UFPB, 1991.

BASSO, C. J. et al.. Dejeito líquido de suínos: II - perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1296-1304, 2005.

BAUMGARTNER, D. et al.. Reuso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 152-163, 2007.

BERWANGER, A. L.; CERETTA, C. A.; SANTOS, D. R.. Alterações no teor de fósforo no solo com aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2525-2532, 2008.

CAOVILLA, F. A. et al.. Lixiviação de nutrientes provenientes de águas residuárias em colunas de solo cultivado com soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 283-287, 2005. [Suplemento].

CAOVILLA, F. A. et al.. Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária da suinocultura. **Rev. bras. eng. agríc. ambient. [online]**, v. 14, n. 7, p. 692-697, jul. 2010.

CARNEIRO, L. J. et al.. Sais lixiviados provenientes da aplicação de água residuária da suinocultura em quatro ciclos de cultura. In: CONGRESO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERÍA AGRÍCOLA – CLIA, 9., 2010; CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – CONBEA, 39., 2010, Vitória. **Anais...** [S. l.]: [S. n.], 2010.

CERETTA, C. A. et al.. Dejeito líquido de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1296-1304, 2005.

CERETTA, C. A. et al.. Características químicas do solo sob aplicação de esterco

líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 729-735, 2003.

DAL BOSCO, T. C. et al.. Utilização de água residuária de suinocultura em propriedade agrícola – estudo de caso. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 139-144, jan./mar. 2008.

DIETER, J.. **Comportamento de sais lixiviados em lisímetros oriundos da aplicação da água residuária de suinocultura**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológica, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, PR: UNIOESTE, 2007.

DONAGEMMA, G. K. et al.. Índice de uniformidade de distribuição do amônio, nitrato, potássio e fósforo, em Latossolos sob condições de fertigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 6, p. 575–581, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solo**. 2. ed.. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa, 2006.

FANCELLI, A.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba, RS: Agropecuária, 2000.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos, SP: SIB, 2000, p. 255-258.

FREITAS, W. S. et al.. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura em solo cultivado com milho. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 2, p. 95-102, 2005.

FRIGO, E. P. et al.. Desempenho do sistema de gotejamento e de filtros utilizando água residuária da suinocultura. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 3, p. 305-318, 2006.

GIANELLO, C. et al.. **Princípios de fertilidade do solo**. [S. l.]: Departamento

de solo da UFRGS, 1995. 276 p.

GOMES FILHO R. R. et al.. Remoção de carga orgânica e produtividade da aveia forrageira em cultivo hidropônico com águas residuárias da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 131-134, 2001.

HOLANDA, J. S.; AMORIM, J. R. A.. **Qualidade da água para irrigação**. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. (ed). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande, PB: UFPB, 1997. p. 137-169.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa, MG: Ed UFV, 2006.

PELLISSARI, R. et al.. Lodo têxtil e água residuária da suinocultura na produção de mudas de eucalyptus grandis (W, Hill ex Maiden). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 288-300, 2009.

QUEIROZ, F. M. et al.. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1487-1492, 2004.

RAIJ, B. et al.. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas, SP: Instituto Agronômico, 2001.

SAMPAIO S. C. et al.. Lixiviação de íons em colunas de solo deformado e indeformado. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, jan./fev. 2010.

SAMPAIO, S. C. et al.. Relação entre série de sólidos e condutividade elétrica em diferentes águas residuárias. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 4, p. 557-562, 2007.

SMANHOTTO, A. et al.. Lixiviação de sais em lisímetros de drenagem submetidos à aplicação de água residuária da suinocultura. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE ANIMAIS, 1., 11-13 mar. 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, SC: [S. n.], 2009.

SUSZEK, M. et al.. Uso de água residuária da suinocultura na bioestabilização de resíduos verdes urbanos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 176-180, 2005.

*Recebido em: 25 Fevereiro 2011*

*Aceito em: 27 Maio 2011*