



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria

Brasil

Basso, Cláudio José; Ceretta, Carlos Alberto; de Moraes Flores, Érico Marlon; Giroto, Eduardo  
Teores totais de metais pesados no solo após aplicação de dejetos líquidos de suínos  
Ciência Rural, vol. 42, núm. 4, abril, 2012, pp. 653-659  
Universidade Federal de Santa Maria  
Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33122470012>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

## Teores totais de metais pesados no solo após aplicação de dejetos líquidos de suínos

### Total content of heavy metals in the soil after pig slurry application

Claudir José Basso<sup>I</sup> Carlos Alberto Ceretta<sup>II</sup> Érico Marlon de Moraes Flores<sup>III</sup> Eduardo Giroto<sup>IV</sup>

#### RESUMO

A utilização de lavoura e pastagens tem sido uma importante opção a principal alternativa de descarte do dejetos líquidos de suínos. Porém, seu uso, muitas vezes, tem sido feito em quantidades superiores às exigências das culturas e com aplicações sequenciais que podem potencializar o efeito poluidor desse resíduo, já que o solo tem uma capacidade limitada de suporte. O presente estudo teve por objetivo determinar os teores totais de zinco (Zn), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni), manganês (Mn) e cádmio (Cd) em áreas que são usadas como local de descarte de dejetos líquidos de suínos. Para isso, foram coletadas amostras de solo em 13 propriedades rurais da região Oeste de Santa Catarina, usadas anualmente como local de descarte, e que possuíam um histórico de aplicação desse resíduo de 4 a 22 anos. Além disso, foi também realizada amostragem de solo em um experimento no município de Paraíso do Sul, RS, sob pastagem natural, que, durante um período de cinco anos, recebeu 28 aplicações de dejetos líquidos de suínos. Zinco e cobre são os elementos que mais devem merecer a atenção com relação a um possível acúmulo no solo, em áreas com aplicação de dejetos líquidos de suínos.

**Palavras-chave:** pequena propriedade, sucessivas aplicações, acúmulo no solo.

#### ABSTRACT

The use of crop and pasture has been an important if not the main alternative of pig slurry disposal. However, its use has often been made in quantities exceeding the requirements of crops and with sequential applications that can enhance the polluting effect of this waste once the soil has

a limited capacity of support. The present study aimed to determine the total content of zinc (Zn), copper (Cu), chromium (Cr), nickel (Ni), manganese (Mn) and cadmium (Cd) in areas that are used as a disposal site of pig slurry. For this, there were collected soil samples in 13 farms in the West Region of Santa Catarina used annually as a disposal site, and which had a history of application of the residue from 4 to 22 years. In addition, it was also conducted soil sampling in an experiment in the municipality of Paraíso do Sul, RS under natural pasture, that during five years received 28 applications of pig slurry. Zinc and copper are the elements that deserve more attention in relation to a possible accumulation in the soil, in areas with application of pig slurry.

**Key words:** small property, successive applications, accumulation in the soil.

#### INTRODUÇÃO

Em muitas partes do mundo, inclusive no Brasil, pesquisas sobre metais pesados têm recebido muita atenção (BASTA & SLOAN, 1999; BERTONCINI & MATTIAZZO, 1999). Isso se deve ao problema que esses elementos representam ao ambiente, aliado também ao surgimento de modernas técnicas analíticas que permitem a determinação desses elementos mesmo em quantidades pequenas. Os metais pesados presentes no solo podem ter sua origem do próprio processo de intemperismo do material de origem do

<sup>I</sup>Centro de Educação Superior Norte (CESNORS), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 98400-000, Frederico Westphalen, RS, Brasil. E-mail: claudirbasso@gmail.com. Autor para correspondência.

<sup>II</sup>Departamento de Solos, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

<sup>III</sup>Departamento de Química, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

<sup>IV</sup>Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

solo, porém, a atividade antrópica tem sido apontada como a principal fonte de contaminação do solo e da água, destacando-se fontes primárias, como a adição de fertilizantes e pesticidas, resíduos de animais e humanos e secundárias como a atividade industrial e de mineração.

A grande maioria das pesquisas com relação a metais pesados tem como objeto de estudo a aplicação ao solo de resíduos urbanos e industriais (BHOGAL et al., 2003; DAI et al., 2006). Porém, pouca parece ser a preocupação e a geração de informações quando da aplicação ao solo de dejetos de animais gerados na atividade criatória. Na região Sul do Brasil, especialmente no Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (SC), a suinocultura é uma atividade desenvolvida em pequenas propriedades, onde o dejetos líquido de suíno gerado é utilizado como fertilizante em áreas cultivadas com culturas anuais de grãos e/ou pastagens. Isso é desejável, uma vez que os nutrientes contidos nesse resíduo são reutilizados na própria unidade de produção. No entanto, em muitas propriedades, a quantidade de resíduo gerado pode exceder a capacidade de suporte dos solos pelo uso contínuo das mesmas áreas como local de descarte. Como consequência, devido à alta concentração de cobre (Cu) e zinco (Zn) no dejetos líquido de suíno (L'HERROUX et al., 1997; GRÄBER et al., 2005; MATTIAS et al., 2010; GIROTTO et al., 2010), espera-se ao longo dos anos, um acúmulo excessivo desses elementos químicos no solo. Além disso, outros metais, como chumbo (Pb), níquel (Ni), cromo (Cr) e cádmio (Cd), podem ser encontrados nos dejetos de suínos, por estarem presentes como contaminantes nos suplementos minerais fornecidos nas rações. Ao contrário do Cu, Zn e Mn, esses elementos não são essenciais ao crescimento das culturas e podem ser fitotóxicos mesmo em baixas concentrações (MORAL et al., 2008).

Em solos sem aplicação de resíduos orgânicos, esses metais são encontrados predominantemente na fração residual do solo (L'HERROUX et al., 1997). Porém, adições frequentes de dejetos de suínos com altas concentrações Cu e Zn podem aumentar a quantidade das formas solúveis e trocáveis no solo, potencializando, assim, a toxidez às plantas e sua transferência via sedimentos para mananciais de águas superficiais.

Estudos detalhados que visem a fazer um diagnóstico da situação dos solos que recebem periodicamente aplicações de dejetos de suínos são escassos nas regiões produtoras de Santa Catarina, que são caracterizadas por uma alta densidade de criação de animais e aplicação contínua de dejetos no

solo. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o acúmulo de zinco (Zn), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni), manganês (Mn) e cádmio (Cd) em áreas que são usadas como local de descarte de dejetos líquido de suínos no Oeste do estado de Santa Catarina e na região Central do estado do Rio Grande do Sul.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas 13 propriedades na região Oeste de Santa Catarina que possuíam um histórico de aplicação de dejetos líquido de suínos por um período de 4 a 22 anos. Os solos, na maioria das propriedades dessa região, são classificados como Latossolo Vermelho Distroférico (EMBRAPA, 2006), que tem no basalto (rocha magmática) como principal material de origem. Nessas propriedades selecionadas, as amostragens de solo foram feitas em áreas de lavoura onde o dejetos líquido de suíno é utilizado anualmente como fonte de nutriente para as culturas de inverno e verão, sendo coletadas 10 subamostras com auxílio de uma pá de corte na profundidade de 0-10cm. Também foram coletadas amostras de solo em áreas próximas (mata nativa, capoeira ou pastagem natural), que nunca receberam aplicação desse resíduo e que serviram como testemunhas.

Além disso, foi também realizada amostragem de solo em um experimento conduzido em parceria com a Emater-RS no município de Paraíso do Sul, onde, após período de cinco anos, foram realizadas 28 aplicações de dejetos líquido de suínos sobre uma área de pastagem natural (DURIGON et al., 2002). Neste trabalho, os teores de zinco, cobre, cromo, níquel, manganês e cádmio na matéria seca em algumas amostras de dejetos coletadas aleatoriamente ao longo desses cinco anos de condução do experimento podem ser observados na tabela 1.

Em função do controle total sobre as unidades experimentais quanto à quantidade e uniformidade de distribuição do dejetos aplicado, bem como pelo próprio tamanho das parcelas (4,0x3,5m), a amostra final de solo também se constituiu de uma amostra composta, porém obtida somente a partir de cinco subamostras em cada parcela, na profundidade de 0-10cm. O solo desse experimento é classificado como Argissolo (EMBRAPA, 2006) e tem sua origem a partir de rochas sedimentares (arenitos, siltitos), podendo, algumas de suas características, ser observadas no trabalho de DURIGON et al. (2002). Nesse experimento de Paraíso do Sul, foram aplicadas as doses de 0, 20 e 40m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de dejetos líquido de suínos, perfazendo, ao longo desse período, um volume total de 0, 560 e 1120m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente, o que equivale a 0, 56 e 122litros m<sup>-2</sup>, respectivamente.

Tabela 1 - Teores de alguns metais pesados na matéria seca do dejetos líquidos de suínos, aplicado no experimento de Paraíso do Sul (média de cinco amostragens) e presente nas rochas magmáticas e sedimentares. Frederico Westphalen, RS, UFSM/CESNORS.

Metais pesados analisados	Teores de metais na matéria seca do dejetos <sup>(1)</sup>	Teores de metais em rochas magmáticas <sup>(2)</sup>	Teores de metais em rochas sedimentares <sup>(3)</sup>
	-----mg kg <sup>-1</sup> -----	-----mg kg <sup>-1</sup> -----	-----mg kg <sup>-1</sup> -----
Teores totais			
Zinco	200	100	20
Cobre	795	90	5,5
Cromo	8,2	200	11
Níquel	12	150	7
Manganês	954	1500	620
Cádmio	2,0	0,13	0,028

<sup>(1)</sup> Na média das 28 aplicações, o dejetos líquidos de suínos apresentou um teor médio de 5% de matéria seca (DURIGON et al., 2002).

<sup>(2)</sup> O basalto (rocha magmática) é o principal material de origem dos solos amostrados na região Oeste de Santa Catarina. Os teores foram obtidos de ALLOWAY (1995).

<sup>(3)</sup> Arenitos e siltitos (rochas sedimentares) são materiais de origem do solo do experimento de Paraíso do Sul. Os teores foram obtidos de ALLOWAY (1995).

No laboratório, as amostras de solo foram secas em estufa, à temperatura média de 50°C por 48 horas, até peso constante. A seguir, foram moídas e tamisadas em peneira com orifícios de 2mm de diâmetro. A determinação dos teores totais de metais pesados foi feita por extração com ácido nítrico concentrado. A metodologia adotada é apresentada por TEDESCO et al. (1995), sendo todos os passos adotados para a extração ácida também descritos por MISSIO (1996). Todo o material usado no laboratório foi lavado e permaneceu imerso por uma semana em solução HCl 10%, sendo posteriormente lavados quatro vezes com água destilada e deionizada.

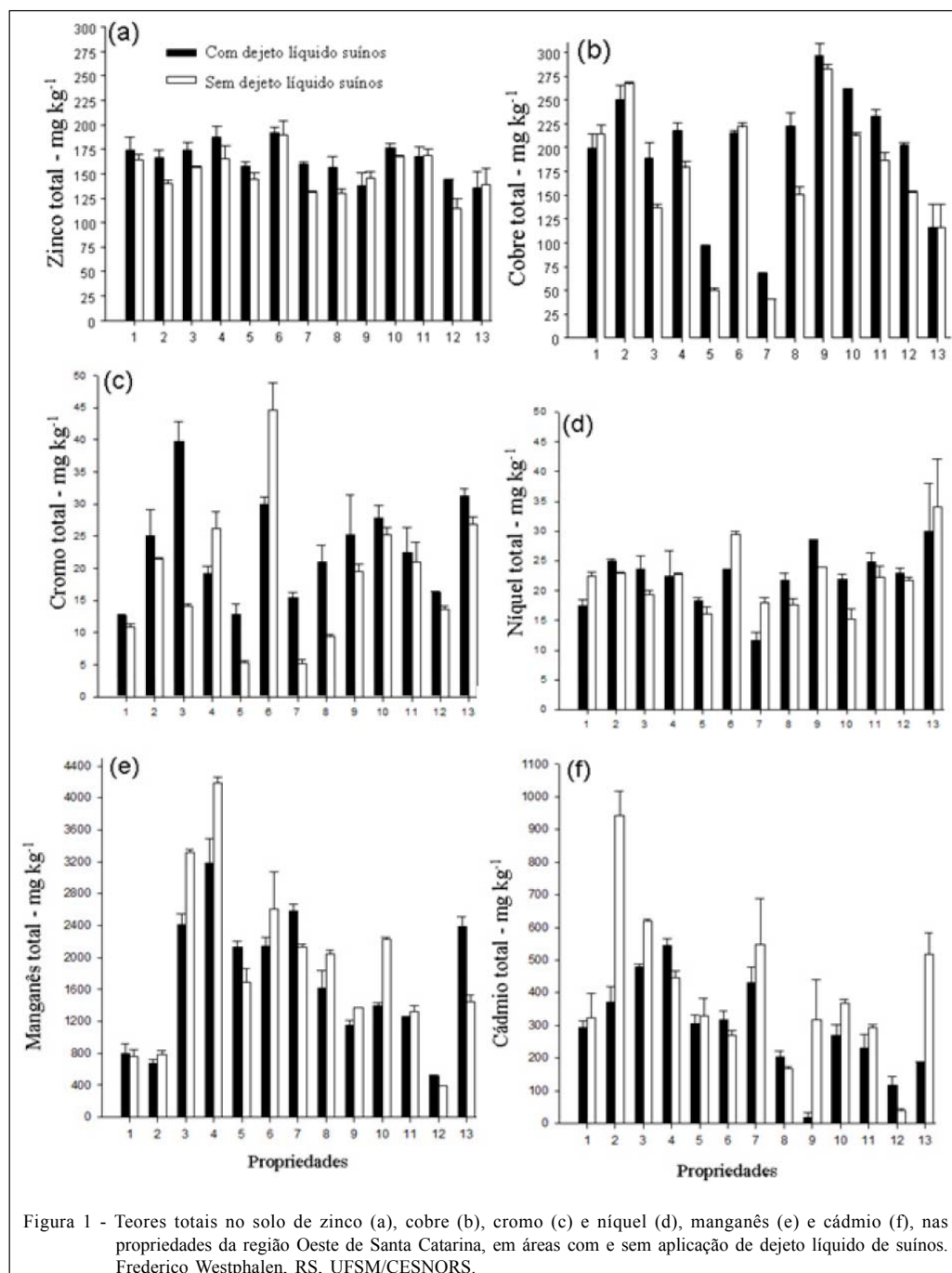
Foram determinados os teores totais de zinco (Zn), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni), manganês (Mn) e cádmio (Cd). Todas as determinações foram feitas por espectrometria de absorção atômica com forno de grafite (GFAAS) ou com chama (FAAS). Foram empregadas lâmpadas de cátodo oco, específicas para cada elemento. As determinações por FAAS foram feitas em espectrômetro de absorção atômica Analytik Jena (mod. Vario 6, Analytik Jena AG, Alemanha), equipado com queimador do tipo monofenda (10cm de comprimento) para chama ar + acetileno. As determinações por GFAAS foram feitas em espectrômetro de absorção atômica Analytik Jena (mod. EA5, Analytik Jena AG, Alemanha), equipado com amostrador automático MPE-5. Foram empregados tubos de grafite pirolíticos com aquecimento transversal e com plataforma de atomização. Argônio com pureza mínima de 99.996% (White Martins, São Paulo, Brasil) foi empregado como gás de purga; todas as medidas foram feitas em absorbância integrada e sistema de correção de fundo com corretor de deutério.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%. As barras verticais nas figuras 1 e 2 representam a diferença mínima significativa entre as médias pelo teste colocado anteriormente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o zinco (Figura 1a) e cobre (Figura 1b), das 13 propriedades em que foram feitas as coletas de solo na região Oeste de Santa Catarina, 69% delas mostraram um teor maior quando da aplicação de dejetos líquidos de suínos, ou seja, uma tendência de acúmulo desses elementos no solo com o passar dos anos e aumento do número de aplicações. Isso se justifica já que zinco e cobre são dois importantes elementos à nutrição animal e presentes nos complexos minerais usados na formulação de rações, tanto é que, juntamente com o manganês, apresentaram os maiores teores na análise da matéria seca do dejetos líquidos de suínos (Tabela 1). Esses dados são semelhantes aos obtidos por GRÄBER et al. (2005), que trabalharam com 46 solos na Dinamarca, onde foram realizadas sucessivas aplicações de dejetos de suínos e encontraram um menor acúmulo de zinco quando comparado ao cobre. Na justificativa dos autores, a associação do zinco com tipos e tamanhos diferenciados de partículas em relação ao cobre, levou a uma maior transferência desse elemento no ambiente.

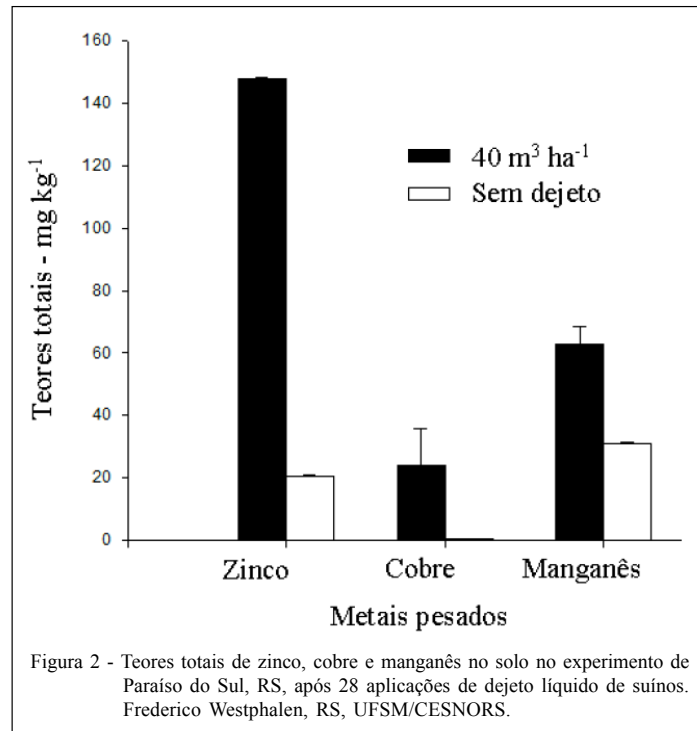
Observa-se, em algumas situações, que os teores totais desses metais nos solos em área sem aplicação de dejetos líquidos de suínos são iguais ao até superiores ao dos solos que receberam aplicação de dejetos ao longo do tempo. Isso pode ser atribuído



principalmente ao fator material de origem desses solos que possuem como rocha principal o basalto, rica em minerais ferromagnesianos, que, ao sofrer o processo de intemperismo, darão origem a vários argilominerais e óxidos ricos em metais. Além disso, a região apresenta relevo fortemente ondulado e o cultivo do solo sob preparo convencional por longos anos no passado

pode ter favorecido o processo erosivo e a remoção dessa camada mais superficial do solo e, conseqüentemente, o arraste e a perda desses metais pesados.

Para o cromo (Figura 1c) e níquel (Figura 1d), respectivamente, 76 e 61 % das propriedades também mostraram um maior teor no solo quando da



aplicação do dejetos líquidos de suínos. Já para o manganês (Figura 1e) e cádmio (Figura 1f), em apenas 30% dessas propriedades do Oeste Catarinense, os teores observados nas áreas com aplicação de dejetos líquidos de suínos foram maiores que em áreas sem aplicação do dejetos líquidos de suínos. Nos Estados Unidos, as concentrações máximas permitidas no solo em áreas com aplicação de lodo de esgoto são de 1400, 750, 1500, 210 e 20 mg kg<sup>-1</sup> de solo para Zn, Cu, Cr, Ni e Cd, respectivamente, enquanto que, para as condições brasileiras, as concentrações que servem de orientação para qualidade de solo são de 450, 200, 150, 70 e 3 mg kg<sup>-1</sup> de solo, respectivamente, para Zn, Cu, Cr, Ni e Cd, segundo o Ministério do Meio Ambiente, através da Resolução n. 420, de 28 de dezembro de 2009 (CONAMA, 2009). Na média das propriedades que tiveram uma tendência de acúmulo para esses elementos, os teores totais encontrados foram de 169, 191, 23, 23 e 0,29 mg kg<sup>-1</sup> de solo, respectivamente, isto é, bem abaixo da concentração colocada como máxima permitida nos Estados Unidos quando do uso de lodo de esgoto e para as condições do Brasil, segundo o Ministério do Meio Ambiente.

Conforme apontado anteriormente, zinco, cobre e manganês são importantes elementos presentes nos complexos minerais usados nas formulações de rações, o que justifica a presença desses elementos no

dejetos líquidos de suínos. Já, cromo, cádmio e níquel, por não exercerem nenhuma função fisiológica, não constam como elementos nos complexos minerais, o que não justificaria a presença deles em baixas concentrações nesse resíduo. Porém, vale lembrar que a rocha fosfatada é a principal fonte de fósforo usada nesses complexos minerais e, por isso, o aparecimento desses elementos no dejetos líquidos de suínos pode estar associado a essa fonte de fósforo, já que muitos desses elementos fazem parte da composição dessas rochas.

Os altos teores naturais desses elementos nos solos coletados na região Oeste de Santa Catarina, às vezes muito próximos ou até superiores aos obtidos nas áreas com aplicação de dejetos líquidos de suínos, mostram a importância do material de origem, bem como o processo de formação do solo sobre esses teores. Isso fica evidente quando se comparam os teores naturais (sem aplicação de dejetos), da figura 1 (região Oeste de Santa Catarina), com os teores naturais da figura 2 (experimento de Paraíso do Sul). Nesse caso, os baixos teores naturais observados no solo de Paraíso do Sul se justificam, já que esse solo tem no arenito (rocha sedimentar) o principal material de origem, e que, comparativamente, as rochas magmáticas apresentam menor teor desses elementos (Tabela 1).

Quando se observam os resultados obtidos no experimento conduzido em Paraíso do Sul, onde se teve o controle das doses e da distribuição mais uniforme do dejetos líquido de suínos sobre a superfície da pastagem natural, e onde os teores naturais desses elementos no solo são menores, fica evidente um acúmulo significativo de zinco, cobre e manganês (Figura 2). Além disso, o cádmio, quando comparado ao teor natural do solo  $28\mu\text{g kg}^{-1}$ , apresentou um acúmulo de  $68\mu\text{g kg}^{-1}$  de solo, porém, bem abaixo dos  $3.000\mu\text{g kg}^{-1}$  de solo, colocado pela CONAMA (2009) como valores de orientação para qualidade do solo. Já para o cromo, esse incremento foi de apenas  $0,4\text{mg kg}^{-1}$  de solo, não sendo observado nenhum efeito da aplicação ou não do dejetos sobre os teores de Ni que foram menores que  $0,02\text{mg kg}^{-1}$  de solo (dados não apresentados).

Dos metais adicionados ao solo, via dejetos líquido de suínos, o zinco é o mais provável de tornar-se tóxico, porque é usado em grande quantidade na formulação de rações, principalmente na criação de leitões ( $2.440\text{mg kg}^{-1}$ ), com o objetivo de eliminar distúrbios gastrointestinais que podem vir a surgir após o desmame (BRITO et al., 1994). Como grande parte desse zinco fornecido aos animais é eliminado, os altos teores observados no solo de Paraíso do Sul (Figura 2) se justificam pelo dejetos originário de um condomínio especializado na criação e criação de leitões para seus associados.

Levando-se em consideração uma média de 15 anos de aplicação de dejetos líquido de suínos na região Oeste de Santa Catarina com os teores totais encontrados, e utilizando-se como referência as concentrações máximas permitidas nos Estados Unidos e pelo Ministério do Meio Ambiente (CONAMA, 2009), pode-se inferir que ainda a concentração de metais pesados no solo não atingiu um estágio crítico, mas serve de alerta à realidade, já que a atividade suinícola continua, o que significa que as concentrações de metais pesados irão aumentar no solo.

Por serem altamente reativos sob o ponto de vista químico, os metais pesados dificilmente estão em estado puro na natureza, o que é bom sob o ponto de vista ambiental, pois pode significar uma menor disponibilidade a absorção pelas plantas, porém, isso implica dizer que, uma vez aplicados ao solo, a remoção completa desses metais é praticamente impossível. Essa capacidade de retenção dos metais pesados pelo solo e corroborada por HERNANDEZ et al. (2006), porém os autores alertam que essa capacidade pode diminuir ao longo dos anos em função da dose utilizada e de sucessivas aplicações. Isso justifica o monitoramento em áreas de lavoura que são usadas anualmente como local de descarte, a fim de se evitar que esses elementos

atingam concentrações ainda não bem definidas e que possam afetar os componentes químicos e bióticos do solo.

## CONCLUSÃO

Em função dos resultados obtidos nas treze propriedades da região Oeste de Santa Catarina e no experimento de Paraíso do Sul, Zn e Cu são os elementos com maior tendência de acúmulo em áreas que recebem sucessivas aplicações de dejetos líquido de suínos.

## REFERÊNCIAS

- ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soil**. 2.ed. Glasgow: Blackie academic & professional, 1995. 364p.
- BASTA, N.T.; SLOAN, J.J. Bioavailability of heavy metals in strongly acidic soils treated with exceptional quality biosolids. **Journal Environmental Quality**, v.28, n.2, p.633-638, 1999.
- BHOGAL, A. et al. Effects of past sewage sludge additions on heavy metal availability in light textured soils: implications for crop yields and metal uptakes. **Environmental Pollution**, v.121, p.413-423, 2003. Disponível em: <[http://pdn.sciencedirect.com/science?\\_ob=MiamiImageURL&\\_cid=271833&\\_user=687358&\\_pii=S0269749102002300&\\_check=y&\\_origin=article&\\_zone=toolbar&\\_coverDate=31-Mar-2003&view=c&originContentFamily=serial&wchp=dGLbVlk-zSkWz&md5=1eacf79d0d14680ff34a5a96d0b545cc/1-s2.0-S0269749102002300-main.pdf](http://pdn.sciencedirect.com/science?_ob=MiamiImageURL&_cid=271833&_user=687358&_pii=S0269749102002300&_check=y&_origin=article&_zone=toolbar&_coverDate=31-Mar-2003&view=c&originContentFamily=serial&wchp=dGLbVlk-zSkWz&md5=1eacf79d0d14680ff34a5a96d0b545cc/1-s2.0-S0269749102002300-main.pdf)>. Acesso em: 17 jan. 2012. doi: S02697491(02)002300-0.
- BERTONCINI, E.I.; MATIAZZO, M.E. Lixiviação de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.737-744, 1999. Disponível em: <<http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v23n3a29.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2011.
- BRITO, P.V.A.M. et al. Concentração mínima inibitória de óxido de zinco para amostras de *Escherichia coli* isoladas de suínos com diarreia pós-desmame. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.4, p.353-361, 1994.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n.420, de 28 de dezembro e 2009**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620/>>. Acesso em: 20 out. 2011.
- DAI J, Y. et al. Characteristics of sewage sludge and distribution of heavy metal in plants with amendment of sewage sludge. **Journal Environmental Science**, v.6, p.1094-1100, 2006. Disponível em: <[http://www.isch.edu.cn/areas/fitorem/Curso\\_biorremediacion/Articulos/articulos/Bibliografia%20dic%2007/Absorcion%20MP/Caracteristicas%20y%20distribucion%20MP%20en%20plantas%20con%20sedimentos.pdf](http://www.isch.edu.cn/areas/fitorem/Curso_biorremediacion/Articulos/articulos/Bibliografia%20dic%2007/Absorcion%20MP/Caracteristicas%20y%20distribucion%20MP%20en%20plantas%20con%20sedimentos.pdf)>. Acesso em: 19 jan. 2012. doi: 10.1016/S1001-0742(06)60045-4.
- DURIGON, R. et al. Produção de forragem em pastagem natural com uso de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.983-992, 2002. Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=180218306017>>. Acesso em: 13 set. 2011. doi: 180218306017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja - região central do Brasil - 2007**. Londrina: Embrapa Soja, Embrapa Cerrados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 225p.

GRÄBER, I. et al. Accumulation of copper and zinc in danish agricultural soils in intensive pig production areas. **Danish Journal of Geography**, v.105, p.15-22, 2005. Disponível em: <<http://rdgs.dk/djg/pdfs/105/2/02.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2011.

GIROTTI, E. et al. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.955-965, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832010000300037&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832010000300037&script=sci_arttext)>. Acesso em: 02 out. 2011. doi: S0100-06832010000300037.

HERNÁNDEZ, D. et al. Detection of copper (II) and zinc (II) binding to humic acids from pig slurry and amended soil by fluorescence spectroscopy. **Environmental Pollution**, v.143, p.212-220, 2006. Disponível em: <[http://mounier.univ-tln.fr/rcmo/php\\_biblio/PDF/5104.pdf](http://mounier.univ-tln.fr/rcmo/php_biblio/PDF/5104.pdf)>. Acesso em: 29 set. 2011. doi: 10.1016/j.envpol.2005.11.038.

L'HERROUX, L. et al. Behaviour of metals following intensive pig slurry applications to a natural field treatment process in Brittany. **Environmental Pollution**, v.97, p.119-130, 1997. Disponível em: <[http://pdn.sciencedirect.com/science?\\_ob=MiamiImageURL&\\_cid=271833&\\_user=687358&\\_pii=S0269749197000729&\\_check=y&\\_origin=article&\\_zone=toolbar&\\_coverDate=31-Dec-1997&view="](http://pdn.sciencedirect.com/science?_ob=MiamiImageURL&_cid=271833&_user=687358&_pii=S0269749197000729&_check=y&_origin=article&_zone=toolbar&_coverDate=31-Dec-1997&view=)>

c&originContentFamily=serial&wchp=dGLbV1k-zSkzS&md5=79e76fe76b90f8da1c70b08846e2933f/1-s2.0-S0269749197000729-main.pdf>. Acesso em: 03 out. 2011. doi: So269-7491(97)00072-9.

MATTIAS, J.L. et al. Copper, zinc and manganese in soils of two watersheds in Santa Catarina with intensive use of pig slurry. **Revista Brasileira de Ciências dos Solos**, v.34, p.445-454, 2010. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832010000400040&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832010000400040&script=sci_arttext)>. Acesso em: 15 set. 2011. doi: S0100-06832010000400040.

MISSIO, E. **Avaliação da disponibilidade de alguns metais pesados para as plantas**. 1996. 120f. Dissertação (Mestrado em Solos) - Faculdade de Agronomia, UFRGS, RS.

MORAL, R. et al. Salinity, organic content, micronutrients and heavy metals in pig slurries from South-eastern Spain. **Waste Management**, v.28, p.367-371, 2008. Disponível em: <[http://pdn.sciencedirect.com/science?\\_ob=MiamiImageURL&\\_cid=271837&\\_user=687358&\\_pii=S0956053X07000384&\\_check=y&\\_origin=article&\\_zone=toolbar&\\_coverDate=31-Dec-2008&view=c&originContentFamily=serial&wchp=dGLzV1t-zSkzV&md5=9e40642869888d8355719673f596b913/1-s2.0-S0956053X07000384-main.pdf](http://pdn.sciencedirect.com/science?_ob=MiamiImageURL&_cid=271837&_user=687358&_pii=S0956053X07000384&_check=y&_origin=article&_zone=toolbar&_coverDate=31-Dec-2008&view=c&originContentFamily=serial&wchp=dGLzV1t-zSkzV&md5=9e40642869888d8355719673f596b913/1-s2.0-S0956053X07000384-main.pdf)>. Acesso 18 jan. 2012. doi: S0956053X07000384.

TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174p.