



## Efeito de elementos tóxicos em função do lodo de esgoto na cultura do girassol

### *Effect of toxic elements in relation to sewage sludge in sunflower culture*

Thomaz F. Lobo<sup>1</sup>, Helio G. Filho<sup>2</sup>

**RESUMO:** A população dos centros urbanos está crescendo de uma forma muito rápida, tendo como consequência o aumento na produção de resíduos, ou seja, aumento na produção de lodo de esgoto. A maior preocupação para a utilização do lodo de esgoto na agricultura é o aumento da concentração de elementos tóxicos no solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de metais pesados no solo, na planta e no grão do girassol em diferentes dosagens e manejo de lodo de esgoto. O experimento foi conduzido na Fazenda São Manuel pertencente a Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP Campus de Botucatu. Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados constituído por cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram: T1 – 50 kg ha<sup>-1</sup> de N da adubação mineral; T2 – 25 kg ha<sup>-1</sup> de N do lodo de esgoto e 25 kg ha<sup>-1</sup> de adubação mineral; T3 – 50 kg ha<sup>-1</sup> de N do lodo de esgoto; T4 – 75 kg ha<sup>-1</sup> de N do lodo de esgoto; T5 - 100 kg ha<sup>-1</sup> de N do lodo de esgoto. Não houve variação dos elementos tóxicos nos teores foliares, nas sementes e na exportação de nutrientes nas sementes. O lodo de esgoto não promoveu incremento nos teores de elementos tóxicos no solo até 40 cm de profundidade.

**Palavras chaves:** *Helianthus annuus*. Matéria orgânica. Metais pesados

**ABSTRACT:** The population of urban centers is growing very quickly, resulting in an increase in waste production, or increased production of sewage sludge. The biggest concern for the use of sewage sludge in agriculture is the increasing concentration of toxic elements in soil. The aim of this study was to evaluate the behavior of heavy metals in soil, plant and grain of sunflower at different dosages and management of sewage sludge. The experiment was conducted at the São Manuel belonging to the Faculdade de Ciência Agrônoma, UNESP Campus de Botucatu. We adopted the experimental design of randomized blocks consisting of five treatments and five replications. The treatments were: T1 – 50 kg ha<sup>-1</sup> de N mineral fertilizer; T2 – 25 kg ha<sup>-1</sup> de N from sewage sludge and 25 kg ha<sup>-1</sup> of mineral fertilizer; T3 – 50 kg ha<sup>-1</sup> de N sewage sludge; T4 – 75 kg ha<sup>-1</sup> de N from sewage sludge; T5 - 100 kg ha<sup>-1</sup> de N from sewage sludge. There was no variation of the toxic elements in the leaf, seeds and export of nutrients in the seeds. The sewage sludge did not cause increase in levels of toxic elements in the to 40 cm deep.

**Keyword:** *Helianthus annuus*. Organic manure. Heavy metals.

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 25/02/2015; aprovado em 28/03/2015

<sup>1</sup> Eng. Agr. Dr. Prof. – USC – Universidade do Sagrado Coração, Bauru – SP. E-mail: thomaz.lobo@superig.com.br

<sup>2</sup> Eng. Agr. Dr. Prof. – USC – Universidade do Sagrado Coração, Bauru – SP – UNESP – Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo e Nutrição Mineral de Plantas. E-mail: heliograzi@fca.unesp.br

## INTRODUÇÃO

A população dos centros urbanos está crescendo de uma forma muito rápida, tendo como conseqüência o aumento na produção de resíduos, ou seja, aumento na produção de lodo de esgoto. Estes resíduos de uma forma geral são depositados em aterros sanitários e lançados nos mananciais, sendo pouco aproveitados, tendo em vista que estes resíduos são ricos em nutrientes para as plantas e que de uma maneira ou outra estão sendo perdidos sem nenhum tipo de aproveitamento. Embora o uso desse resíduo no solo agrícola possa ser interessante, a presença de metais pesados pode-se tornar motivo de preocupação em função da possibilidade de lixiviação e como conseqüência a contaminação do lençol freático.

A maior preocupação para a utilização de lodo de esgoto na agricultura é o aumento da concentração de elementos tóxicos no solo. Vários destes elementos são essenciais para as plantas. Em concentrações tóxicas, metais e outros agentes potencialmente poluentes, podem inibir as atividades enzimáticas essenciais, induzir a geração de espécies ativas de oxigênio nas células microbianas, e alterar a estrutura das comunidades microbianas. Suprimir pequenas quantidades de alguns metais pesados são essenciais como o Cu, Fe, Mn e Zn e indispensável para os desenvolvimentos vegetais e benéficos como o Mo e o Ni, no entanto quantidade altas destes elementos podem ser tóxica (BERTON, 2000).

Em função da presença de metais pesados aplicações sucessivas de lodo de esgoto podem ocasionar acúmulo de metais pesados no sistema solo planta gerando problemas ambientais. Metais pesados são definidos como os elementos químicos com densidade maior que  $6 \text{ g dm}^{-3}$  (ALLOWAY, 1995). Esses elementos podem expressar seu potencial poluente diretamente nos organismos do solo, pela disponibilidade às plantas em níveis fitotóxicos, além da possibilidade de transferência para a cadeia alimentar através da própria planta ou pela contaminação da água da superfície e da sub superfície (CHANG et al., 1987).

Geralmente, as principais preocupações relacionam-se à possibilidade de entrada destes na cadeia alimentar, de redução na produtividade devida o efeito fitotóxico, de acúmulo no solo, de alterações da atividade microbiana e de contaminação de recursos hídricos (Pires et al., 2005).

Segundo a agência de proteção Ambiental dos EUA (USEPA, 1993), estimar o teor fitodisponível de metais pesados presentes em solos tratados com lodo de esgoto é fundamental na avaliação de risco de entrada destes elementos, potencialmente tóxico na cadeia alimentar.

Segundo Oliveira & Mattiazzo (2001), em um de seus ensaios com dois anos consecutivos de aplicação de lodo de esgoto em cana-de-açúcar, com doses de 33, 66, 99  $\text{t ha}^{-1}$  de lodo de esgoto em base seca, foram detectados acúmulos de Cu, Cr, Ni e Zn nas camadas de 0 a 20 cm de solo.

Barbarick et al., (1995) conduziram experimentos, em dois tipos distintos de solos. Neles realizaram, aplicações bi anuais, de 0; 6,7; 13,4 e 26,8  $\text{t ha}^{-1}$  de lodo de esgoto na base seca e cultivaram planta de trigo em todos os anos. Os metais avaliados nos grãos foram: Cd, Cu, Mo, Ni, Pb e Zn. Os teores encontrados para Cd e Pb ficaram abaixo dos limites de sensibilidade do método de análise química empregado. Os teores de Cu e Zn apresentaram aumentos. Em relação ao tratamento controle, os teores encontrados foram de 1,34 e 2,05  $\text{mg kg}^{-1}$  superiores para Cu e Zn,

respectivamente. Quanto aos teores de Ni no grão, estes aumentaram linearmente com as quantidades acumuladas do elemento no solo, através de inúmeras aplicações realizadas. Não se observou qualquer efeito das aplicações em relação aos teores de Mo nos grãos

Berti & Jacobs (1996) passaram a cultivar milho, sorgo e soja em solos que receberam lodo de esgoto, num período de 10 anos, por 6 anos consecutivos após a última aplicação de resíduos. As doses de lodo de esgoto aplicadas durante a primeira década variaram de 0 a 870  $\text{t ha}^{-1}$ . As maiores doses contribuíram para o aumento de metais pesados com os seguintes valores: 21  $\text{kg ha}^{-1}$  de Cd; 3.000  $\text{kg ha}^{-1}$  de Cr; 1.800  $\text{kg ha}^{-1}$  de Cu; 2.100  $\text{kg ha}^{-1}$  de Ni e 11.300  $\text{kg ha}^{-1}$  de Zn. As doses mais baixas de lodo de esgoto proporcionaram superioridade nas produtividades de grãos na cultura de milho e sorgo. Entretanto a dose mais elevada registrou quedas significativas da produtividade destas culturas. Esses resultados foram atribuídos ao efeito tóxico exercido pelo Zn, que teve seu teor aumentado em 6 vezes nas folhas, em 50% no grão de milho e de 3 vezes nas folhas de sorgo, e de Ni, que teve um aumento de 15 vezes nas folhas e 10 vezes nos grãos do milho, além de aumentar aproximadamente 4 vezes nas folhas de sorgo.

Segundo Jins & Logan (1992), os frutos, em relação as partes vegetativas das plantas, acumulam menores quantidades de metais pesados, daí o uso de lodo ser mais recomendado nos casos em que são colhidos os frutos, e as partes aéreas das plantas não é utilizada na alimentação animal (Gardiner et al., 1995).

Corey et al. (1987) perceberam que, na maioria dos casos, a absorção dos metais pesados não aumentava linearmente com a taxa de aplicação de lodo de esgoto e sim, a partir de determinada dose do resíduo, atingia e estabelecia num valor máximo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de metais pesados no solo, na planta e no grão do girassol em função do manejo do lodo de esgoto.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental São Manuel, pertencente a Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP de Botucatu, localizada no município de São Manuel a (22° 25' S; Latitude Sul, 48° 34'W) Longitude Oeste de Greenwich, com altitude de 750 m. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo mesotérmico, Cwa, ou seja, subtropical úmido com estiagem no período de inverno, e com chuvas de novembro a abril sendo a precipitação média anual do município de 1.433 mm. A classificação do solo onde foi instalado este experimento é Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 1999).

Antecedendo a instalação do experimento, foram realizadas análises químicas de solo nas faixas de profundidades de 0-20 a 20-40 cm, segundo Rajj et al. (2001), estando os resultados apresentados nas Tabelas 1. O delineamento experimental foi de blocos casualizados constituído por 5 tratamentos e 5 repetições assim definidos Pimentel Gomes (2000):

- T1 adubação química nitrogenada de acordo com o Boletim Técnico 100 (Rajj et al., 1997) (Adubação 100% N mineral);

- T2 50% adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto e 50% na forma da adubação química, em cobertura;
- T3 100% da adubação nitrogenada do recomendado pela cultura, proveniente do lodo de esgoto;
- T4 150% da adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto;
- T5 200% da adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto.

Cada parcela foi constituída por uma área de 100 metros quadrados (14x7,2m) com uma distância de 3 m entre parcelas do mesmo bloco e 1,8 m de distância entre blocos. O girassol foi semeado em um espaçamento de 0,9 m entre linha e 4 sementes por metro na linha, a profundidade das sementes foi de 3 a 4 cm. O cálculo do N proveniente do lodo de esgoto foi feito levando em consideração a sua taxa de mineralização do nitrogênio de 30% segundo norma P 4.230 da CETESB (1999).

**Tabela 1** Características químicas do solo.

Prof. cm	pH	M.O. g dm <sup>-3</sup>	P(res.) mgdm <sup>-3</sup>	H+Al	Al <sup>+3</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	SB	CTC	V
	CaCl <sub>2</sub>			----- mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							%
0 – 20	6,1	12	20	13	1	1,9	19	12	33	46	71
20 – 40	6,1	7	6	13	1	1,6	17	9	28	41	68

A cultivar utilizada foi a HELIO 251, fornecida pela empresa Helianthus do Brasil. Foi escolhido este híbrido por ser um material altamente produtivo e resistente as principais doenças.

Utilizou-se o lodo de esgoto proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Jundiaí/SP. Foi

retirado as amostras composta do lodo, que apresentou as seguintes características na Tabela 2 (LANARV, 1988). A análise foi realizada no Laboratório de Fertilizantes e Corretivos do Departamento de Recursos Naturais / Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômica de Botucatu – SP.

**Tabela 2.** Características químicas do lodo de esgoto utilizado no experimento.

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Umid.	MO	C	Ca	Mg	S	Na	Cu	Fe	Mn	Zn	C/N	pH
----- g kg <sup>-1</sup> -----									----- mg kg <sup>-1</sup> -----						
31,8	17,2	1,8	675,8	55	306	12,5	2,2	45,6	1520	812	31650	3400	2150	10/1	4,3

A fim de possibilitar a utilização da área experimental em questão, foram feitas as seguintes operações agrícolas em área total: gradagem - operação realizada em área total para limpeza e incorporação das plantas daninhas na área, a profundidade de operação foi de aproximadamente 20 cm; aplicação do lodo de esgoto - foi aplicado o lodo de esgoto na base úmida nos tratamentos com um distribuidor de esterco, regulado na menor dosagem a ser aplicado, ou seja T2 (7.600 Mg ha<sup>-1</sup>), para o tratamento T3, adotou-se 2 passadas (15.200 Mg ha<sup>-1</sup>), para o T4, 3 passadas (22.800 Mg ha<sup>-1</sup>) e finalmente T5 com 4 passadas (30.400 Mg ha<sup>-1</sup>); aplicação da trifuralina e ácido bórico - foi aplicado o trifuralin (ia) na dosagem de 1,2 L ha<sup>-1</sup> juntamente com o ácido bórico dosagem de 6 kg ha<sup>-1</sup>, buscando o controle da sementeira; adubação e semeadura - foi semeado em um espaçamento de 0,9 metros entre linha e 4 sementes por metro linear na profundidade de 3 cm. A adubação de semeadura para todas as parcelas foi constituída de 30 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples e 30 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio. A adubação de N foi realizada logo após o plantio no T 1, na dosagem de 10 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia. A adubação de cobertura com N aos 30 dias de emergência foram efetuados nos tratamentos T1 e T2, o tratamento T1 recebeu 40 kg ha<sup>-1</sup> de N e o tratamento T2 recebeu 25 kg ha<sup>-1</sup> de N, totalizando os 50 kg ha<sup>-1</sup> que é o recomendado para o Estado de São Paulo. A forma utilizada para as adubações nitrogenadas foi a uréia.

Foi efetuado a adubação foliar de Boro aos 45 dias após o plantio, na dosagem de 1 g L<sup>-1</sup> de ácido bórico. Fez-se esta aplicação foliar, devido à constatação de rachaduras nas

hastes do girassol, sintoma típico de falta de boro, obtendo a solução do problema.

A coleta de folhas para a análise foi realizado na época de florescimento (R3) (MALAVOLTA et al., 1997), coletando a 4ª folha de cima para baixo, analisando os seguintes elementos tóxicos: As, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb e Se para cada tratamento (RAIJ et al., 2001). Nas sementes foram avaliados o teor dos seguintes elementos tóxicos: As, Cd, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb e Se. No solo avaliou-se o Hg, Ni, Pb e Se nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, utilizando como extrator DTPA. Para a determinação da concentração de metais pesados, as amostras foram digeridas com ácido nítrico e perclórico segundo a metodologia descrita por MALAVOLTA et al. (1989).

Os dados foram submetidos comparação das médias, sendo utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade, de acordo com os procedimentos do Statistical Analysis System (SAS Institute, 2001).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se observar na Tabela 3 que para nenhum dos elementos analisados houve diferenças significativas nas folhas de girassol, provavelmente porque foi o primeiro ano da aplicação do lodo de esgoto e as quantidades de elementos tóxicos no lodo estavam dentro do padrão da CETESB (1999).

Os teores de metais pesados nos tecidos das plantas dependem do pH do solo, da natureza do metal, do teor de

matéria orgânica e da capacidade do solo em reter cátion (Chang et al., 1987).

Em estudos realizados por Pombo (1995), em que foi avaliada a absorção de metais pesados (Ni, Pb, Cd, Zn e Cu) pelo azevem cultivado em solo adubado com lodo petroquímico, foi verificado que o pH foi o fator que mais contribuiu para a baixa absorção de metais.

Para o Pb os teores considerados fitotóxicos para a cultura são de 56 (Kabata-Pendias & Pendias, 2001) verificase na tabela 3 que em nenhum dos tratamentos alcançaram este nível fitotóxicos.

Chang et al. (1987), que verificaram que as quantidades de metais pesados absorvidas pelas plantas, em áreas adubadas com lodo de esgoto, são pequenas e geralmente inferiores a 1% da quantidade adicionada deste resíduo.

Rangel et al (2006) concluíram que mesmo com três aplicações sucessivas de lodo de esgoto, os teores de Mn, Ni, Pb e Zn permaneceram abaixo dos limites considerados tóxicos para as folhas de milho.

**Tabela 3** Teor foliar médio de As, Cd, Cr, Hg, Mo e Pb em folhas diagnóstico de girassol

Tratamento	As	Cd	Cr	Hg	Mo	Pb
.....ug kg <sup>-1</sup> .....						
T1	70,3	0,6	0,0	4,7	1,3	8,2
T2	45,6	0,8	0,2	7,8	0,0	7,7
T3	49,8	0,8	0,2	8,0	5,2	8,7
T4	65,7	0,7	2,4	5,0	4,9	1,5
T5	32,1	0,8	2,9	4,0	2,0	3,3
F	0,95 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	2,21 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>
Media	52,7	0,7	1,13	5,9	2,7	5,9
CV	67,6	68,6	35,8	63,5	142,2	215,5

Letras minúsculas iguais na vertical não diferem entre si pelo teste de tukey a 5%.

T1 – 100% AM, T2 – 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE, T4 – 150% LE, T5 – 200% LE; AM – Adubação mineral e LE – Lodo de esgoto

Observa-se na Tabela 4 que não houve diferenças significativas entre os teores de elementos tóxicos nas sementes, pelos mesmos motivos comentados nas análises foliar. KORENTAJER (1991) observou que a taxa de

transferência de metais pesados varia de planta para planta e, para uma mesma planta, varia de metal para metal. Os metais Cd e Zn foram os que apresentaram as maiores taxas de transferências já o Cr e o Pb as menores taxas.

**Tabela 4.** Teores médios de elementos tóxicos nas sementes de girassol

Tratamentos	As	Cd	Cr	Hg	Mo	Ni	Pb	Se
.....ug kg <sup>-1</sup> .....								
T1	5,7	19,1	4,4	0,2	3,2	1,0	2,2	9,5
T2	13,4	8,3	8,7	0,6	1,4	1,7	0,0	28,7
T3	11,7	75,1	0,6	0,2	2,4	0,0	0,1	0,0
T4	20,7	49,0	9,7	0,2	5,2	5,9	1,2	0,3
T5	14,9	76,3	23,2	1,0	1,7	10,4	2,8	6,8
F	0,61 <sup>ns</sup>	1,32 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	4,44	0,58 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>
Media	14,3	58,0	13,3	0,9	2,8	4,3	2,8	13,4
CV	108,5	138,4	209,5	135,2	144,6	224,5	372,6	246,0

Letras minusculas iguais na vertical não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% T1 – 100% AM, T2 – 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE, T4 – 150% LE, T5 – 200% LE; AM – Adubação mineral e LE – Lodo de esgoto.

Rangel et al (2006) concluíram que os teores de metais pesados nos grãos, até a terceira aplicação sucessiva de lodo de esgoto, permaneceram dentro da faixa aceitável para o consumo humano.

Anjos (1999), trabalhando com latossolo vermelho Amarelo e latossolo Roxo tratado com 388 mg ha<sup>-1</sup> de lodo de esgoto (base seca) proveniente da ETE de Barueri, verificou que os teores de Cd e Pb estavam baixo utilizando como extratores DTPA-TEA, HCl 0,1 mol L<sup>-1</sup> e melich-3. Quanto à exportação de nutrientes pelas sementes também não ocorreu diferença entre os tratamentos (tabela5).

Quanto aos elementos tóxicos analisados (Hg, Ni, Pb, Se) no solo, verifica-se, nas tabelas 6 e 7, que não houve diferença significativa destes elementos no solo, pode ser verificado que na análise inicial do solo (Tabela 1), o pH

estava 6,1 a medida que aumenta o pH do solo diminui a disponibilidade do Hg, Ni, Pb, Se e com este pH apresentado a disponibilidade é bem menor, do que no solo mais ácido e a dosagem de lodo de esgoto aplicado foi muito pequena para haver esta diferença, e este lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Jundiá apresenta concentrações muito baixas destes elementos. Korentajer (1991) comenta que os riscos dos metais serem transportados na cadeia alimentar é mínimo quando o pH do solo é mantido a um valor superior a 6,5, podendo ser um problema nos países de clima tropical onde os solos tendem a ser ácidos com pH normalmente abaixo de 6,0. Somente o selênio em profundidades de 20 a 40 cm diferiu significativamente onde não foi aplicado o lodo de esgoto (T1), foi superior aos tratamentos (T2 e T5) e onde foi em doses maiores apresentaram maiores valores de Se. O

tratamento que não recebeu o lodo de esgoto a concentração maior de Se se encontrava aos 20-40 cm de profundidade.

**Tabela 5** Exportação de elementos tóxicos nas sementes de girassol

Tratamentos	As	Cd	Cr	Hg	Mo	Ni	Pb	Se
	.....mg ha <sup>-1</sup> .....							
T1	25,2	68,5	15,3	0,9	11,0	3,5	8,1	32,7
T2	60,5	31,6	36,4	2,8	6,6	8,0	0,0	125,3
T3	56,9	341,4	2,6	0,8	9,7	0,0	0,6	0,0
T4	101,6	222,4	51,8	0,6	18,5	25,7	5,6	1,4
T5	83,9	402,0	115,3	4,4	8,6	51,2	10,4	31,9
F	0,69 <sup>ns</sup>	1,39 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	2,40 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>
Media	66,2	235,7	53,1	3,1	10,5	17,9	4,8	53,3
CV%	106,6	125,8	225,6	153,2	120,3	229,9	366,9	229,3

Letras minúsculas iguais na vertical não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% T1 –100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE, T4 – 150% LE, T5 - 200% LE. AM – Adubação mineral e LE – Lodo de esgoto.

Estudos sobre a movimentação de metais em solos tratados com lodo de esgoto sugere que a quantidade de metais lixiviados, embora seja menor que 1% do total adicionado, pode elevar-se em solos arenosos, com baixos teores de matéria orgânica e sujeitos as chuvas intensas. Esses metais podem permanecer adsorvidos ou complexados até que mudanças ocorram no sistema (Taylor et al., 1995).

Camobreco et al. (1996), dentre outros, estudos de laboratório, em colunas de solos homogeneizados, talvez subestimem a mobilidade de metais devido ao transporte via fluxo preferencial.

Bertoncini & Mattiazzo (1999) concluíram que os elevados valores de pH e o aumento no teor de matéria

orgânica proporcionado pela adição do lodo contribuíram para a menor mobilidade de metais.

De acordo com Chang et al. (1997), após a paralisação das aplicações de lodo de esgoto, com os processos de degradação do C orgânico e a acidificação natural do solo, os metais pesados, ora indisponível, passariam a forma solúveis e disponíveis as plantas.

Oliveira & Matiazzo (2001) obtiveram resultado no solo com dois anos consecutivos de adubações com lodo na dosagem de 99 e 110 mg ha<sup>-1</sup> os teores de Pb apresentaram abaixo de níveis tóxicos.

**Tabela 6.** Teores médios de Hg, Ni, Pb e Se na profundidade de 0 a 20cm

Tratamentos	Hg	Ni	Pb	Se
	.....mg/dm <sup>3</sup> .....			
T1	0,00026	0,0	0,0176	0,00912
T2	0,0002	0,0	0,00782	0,00028
T3	0,00026	0,0	0,00824	0,00458
T4	0,00018	0,0	0,00962	0,00964
T5	0,00018	0,0	0,00952	0,00574
F	0,861	0	0,669	1,371
Média	0,00022	0,0	0,01055	0,00574
CV	41,6	0	93,9	113,5

Letras minúsculas iguais na vertical não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% T1 –100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE, T4 – 150% LE, T5 - 200% LE. AM – Adubação mineral e LE – Lodo de esgoto.

Hall, (1998), estima-se que o Ni seria o primeiro metal a atingir níveis críticos (230 mg kg<sup>-1</sup>) e pode ser reparado neste ensaio que o Ni apresentou valores bem baixos.

Neste estudo não ocorreu variação de metais pesados proveniente do lodo por ter efetuado uma única aplicação e a dosagem foram baixas considerando os teores de N do lodo para este lodo não ocorreu influencia de metais.

**Tabela 7.** Teores médios de Hg, Ni, Pb e Se na profundidade de 20 a 40cm

Tratamentos	Hg	Ni	Pb	Se
	.....mg/dm <sup>3</sup> .....			
T1	0,00018	0,014	0,008	0,018
T2	0,00028	0,000	0,020	0,003
T3	0,00016	0,002	0,007	0,003
T4	0,00028	0,028	0,005	0,007
T5	0,00026	0,000	0,004	0,001
F	2,03	0,91	2,58	3,55
Média	0,0002	0,007	0,009	0,006
CV	36,9	0	85,1	128,1

Letras minúsculas iguais na vertical não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% T1 –100% AM, T2 - 50% AM + 50% LE, T3 – 100% LE, T4 – 150% LE, T5 - 200% LE. AM – Adubação mineral e LE – Lodo de esgoto.

## CONCLUSÕES

Não ocorreu variação de metais pesados nos teores foliares, teores nas sementes, exportação pelas sementes e no solo com a aplicação de lodo de esgoto no primeiro cultivo do girassol.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLOWAY, B.J. Heavy metal in soil. 2 ed. Glasgow: Blackie A&P, 1995. 368p.
- BARBARICK, K.A.; IPPOLITO, J.A. WESTFALL, D.G. **Biosolids effect on phosphorus copper, zinc, nickel and molybdenum concentrations in dryland wheat.** Journal of Environmental Quality, v.24, n.4, p. 608-11 (1995).
- ANJOS, A.R.M. dos lixiviação de espécies químicas em latossolos sucessivamente tratados com biossólidos e disponibilidade de metais pesados para plantas de milho. Piracicaba, 1999. 191 p. Tese (Doutorado) – escola Superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- BERTI, W.R.; JACOBS, L.W. **Chemistry and phytotoxicity of soil trace elements from repeated sewage sludge applications.** Journal of Environmental Quality, v.25, n.5, p. 1025-32 (1996). Revista Brasileira de Ciencia do Solo. v. 23, p. 737-744. 1999.
- BERTONCINI, E. I. MATTIAZZO, M.E. Lixiviação de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto BERTON, R.S. **Risco de contaminação do agroecossistema com metais pesados.** In: BETIOL, W & CAMARGO, O. A. (eds.) Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000 p. 259-268.
- CAMOBRECO, V.J.; et al Movement of heavy metals through undisturbed and homogenized soil columns. Soil Science v. 161 p. 740-750, 1996.
- CETESB **Aplicação de lodo de sistema de tratamento em áreas agrícolas; critério para projeto e operação** (manual técnico). São Paulo, 1999. 32p. (CETESB NORMA P 4230).
- CHANG, A.C.; HINESLY, T.D.; BATES, T.E.; DONER, H.E.; DOWDY, R.H.; RYAN, J.A. **Effect of long-term sludge application on accumulation of trace elements by crops.** In: Page, A.L.; Logan, T.G.; Ryan, J.A. Land application of sludge. Chelsea: Lewis Publishers (1987). p. 53-66.
- CHANG, A.C.; HYUN, H.; PAGE, A.L. Cadmium uptake for swiss chard grown on composted sewage sludge treated field plots: Plateau or time bomb? Journal Environment Quality v. 26 p. 11-19, 1997.
- COREY, R.B.; KING, L.D.; LUE-HING, C.; FANNING, D.S.; STREET, J.J.; WALKER, J.M. Effect of sludge properties on accumulation of trace elements by crops. In: PAGE, A.L.; LOGAN, T.J.; RYAN, J.A. (Ed.) land application of sludge: food chain implications. Chelsea: Lewis Publishers, 1987. cap.3, p.25-51.
- GARDINER, D.T.; MILLER, R.W.; BADAMCHIAN, B.; AZZARI, A. S.; SISSON, D.R. Effect of repeated sewage sludge applications on plant accumulation of heavy metals. Agriculture Ecosystems Environment, v. 55 p. 1-6, 1985.
- HALL, J.E. Standardising and the management of biosolids the international experience. In: SEMINARIO SOBRE GERENCIAMENTO DE BIODOSSÍLIDO DO MERCOSUL. 1., Curitiba, 1998. Anais. Curitiba; SANEPAR/ABES, 1998. p. 113-122.
- JING, J. ; LOGAN, T.J. Effect of sewage sludge cadmium concentration on chemical extractability and plant uptake. Journal Environment quality, v.21 p. 73-81, 1992.
- KABATA- PENDIAS, A. & PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants.** Boca Raton: CRC Press, 2000. 412p.
- KABATA- PENDIAS, A. & PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants.** 3 ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. 413p.
- KORENTAJER, L. **A review of the agricultural use of sewage sludge: benefits and potential hazards.** Water S.A.. v. 17, n.3, p. 1889-196, 1991.
- MALAVOLTA, E. et al. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações piracicaba: Associação brasileira para pesquisa da potassa e do Fosfato, 1989.
- OLIVEIRA, F.C; MATTIAZZO, M.E. **Metais pesados em latossolos tratados com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar.** Scientia Agrícola, Piracicaba, Sp, v.58, n.3, p. 581-593, jul. /set.2001.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** 14. ed. Piracicaba: ed. Do Autor, 2000. 477p.
- PIRES et al., **Extração de metais pesados fitodisponíveis em solos tratados com lodo de esgoto: uso de ácidos orgânicos.** Comunicado técnico 28. 5p. 2005.
- POMBO, L.C.A. Absorção de metais pesados pelo azevem (*Lolium multiflorum*) em dois solos do estado do Rio grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira n. 30, p. 1217-1224, 1995.
- RAIJ B. VAN; ANDRADE, J.C.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A. - **Análise Química para fertilidade de solos tropicais** 1ª Edição, INSTITUTO AGRONômICO – FUNDAÇÃO IAC, 2001. 285p.
- RAIJ B.V., CANTARELLA H., QUAGGIO J.A., FURLANI A.M.C. 1996 - **Boletim técnico 100**: 2. ed: INSTITUTO AGRONômICO – FUNDAÇÃO IAC, 1997. 279p

SAS. Institute. **SAS user's guide: statistics**, ver 8.2; Cary, NC. 2001.

RANGEL, O. J. P. et al.. Efeito de aplicações de lodo de esgoto sobre os teores de metais pesados em Folhas e grãos de milho. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, n.30, p. 583-594, 2006.

TAYLOR, R.W. et al., Fractionation of residual cadmium, copper, nickel, lead, and zinc in previously sludge-amended soil. *Comm. Soil Science Plant Anal*, v.26. p.2193-2204, 1995.

USEPA –UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 40 CFR parts 257,403 and 503. Final rules: Standards for the use of sewage sludge. *Federal Register*, v.58, n.32, p. 9248-9415,1993.