

Disponibilidade de metais tóxicos na cultura do Tifton 85 E em solo de cultivo fertilizado com dejetos provenientes da suinocultura

Availability of heavy metal in Tifton 85 fertilized with manure from swine

Ricardo Zenatti^{1(*)}
Affonso Celso Gonçalves Junior²
Daniel Schwantes³
Herbert Nacke⁴
Gustavo Ferreira Coelho⁵
Ricardo Felipe Braga de Souza⁶

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o acúmulo dos metais tóxicos Cd, Pb, e Cr no solo de cultivo e no tecido vegetal da cultura da Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) fertilizada com dejetos de suínos. O experimento foi implantado em ambiente protegido utilizando-se um Argissolo Vermelho distrófico (PVd) de textura arenosa e um Latossolo Vermelho eutroférico (LVef) de textura argilosa. Os tratamentos foram constituídos por duas fontes de dejetos suínos (*in natura* e biofertilizante), com quatro doses (0, 200, 400 e 600 m³ ha⁻¹) para cada fertilizante e quatro repetições. Não foram detectadas concentrações de Cd no tecido foliar e solo avaliado. O uso do biofertilizante proporcionou maior acúmulo de Cr no tecido vegetal, quando comparado ao uso do dejetos *in natura*. Os valores totais obtidos

- 1 MSc.; Engenheiro Agrônomo; Técnico na Ambioeste – Tecnologia Ambiental; Endereço: São Miguel do Oeste, Santa Catarina, Brasil; E-mail: ricardoze83@hotmail.com (*) Autor para correspondência.
- 2 Dr.; Químico; Professor na Universidade do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Campus de Marechal Cândido Rondon; Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq; Endereço: Rua Pernambuco, 1777, Centro, CEP: 85960-000, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil; E-mail: affonso133@hotmail.com
- 3 MSc.; Engenheiro Agrônomo; Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Agronomia na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Campus de Marechal Cândido Rondon; Endereço: Rua Pernambuco, 1777, Centro, CEP: 85960-000, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil; E-mail: daniel_schwantes@hotmail.com
- 4 Dr.; Engenheiro Agrônomo; Professor do Centro Universitário da Faculdade Dinâmica das Cataratas, UDC; Endereço: Rua Santa Catarina Nº 1.395, CEP: 85812-001, Cascavel, Paraná, Brasil; E-mail: herbertnacke@hotmail.com
- 5 MSc.; Engenheiro Agrônomo; Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Agronomia na Universidade Oeste do Paraná, UNIOESTE, Professor na Faculdade Educacional de Medianeira, FECEMED; Endereço: Rua Rio Branco, 1820, Centro, CEP: 85884-970, Medianeira, Paraná, Brasil; E-mail: gf_coelho@yahoo.com
- 6 Graduando em Engenharia Agrônômica na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Campus de Marechal Cândido Rondon; Endereço: Rua Pernambuco, 1777, Caixa Postal: 91, CEP: 85960-000, Marechal Cândido Rondon, Paraná, Brasil; E-mail: r_felipe_b@hotmail.com

Recebido para publicação em 21/08/2014 e aceito em 23/09/2015

para o Pb no LVef e no PVd ficaram acima do valor atribuído pela CETESB como indicador de qualidade no solo. Para o Cr, os valores obtidos nos dois solos foram considerados abaixo do valor limite usados como referência de qualidade para o solo. A partir dos resultados, pode-se inferir que houve incremento dos metais tóxicos nas plantas e no solo em função das doses aplicadas, demonstrando que aplicações sucessivas com altas dosagens de dejetos suínos podem acarretar em contaminação ambiental.

Palavras-chave: contaminação ambiental; fertilização orgânica; *Cynodon dactylon*.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the accumulation of the heavy metals Cd, Pb and Cr in soil cultivation and in the plant tissue of the Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) culture fertilized with swine manure. The experiment was performed in protected environment using a Dystrophic Red Argisoil (PVd) with sandy texture and an Eutrophic Red Latosol (LVef) with clay texture. The treatments were composed by two sources of swine manure (*in natura* and biofertilizer), with four doses (0, 200, 400 e 600 m³ ha⁻¹) for each fertilizer and four replications. Concentrations of Cd were not found in the plant tissue and in the evaluated soil. The use of the biofertilizer provided higher accumulation for Cr in the plant tissue when compared to the use of the manure *in natura*. The obtained values for Pb in the Dystrophic Red Argisoil (PVd) and in the Eutrophic Red Latosol (LVef) were above the value assigned by CETESB as indicator of soil quality. For the Cr, the obtained values in the two soils were considered below the limit values used as a reference of quality for the soil. The results demonstrate that there was increase of the heavy metals in the plants and in the soil given the applied doses, demonstrating that the successive applications with higher doses of swine manure can result in environmental contamination.

Key words: environmental contamination; organic fertilization; *Cynodon dactylon*.

Introdução

O Brasil ocupa, no cenário mundial, um importante papel na suinocultura, com o 4º rebanho mundial, sendo superado apenas pela China, União Europeia e Estados Unidos, possuindo um rebanho de suínos de aproximadamente 38 milhões de animais em seu território (IBGE, 2010).

O Paraná possui o segundo maior rebanho suíno do Brasil, estimado em 4,3 milhões de cabeças, distribuídos em cerca de 30 mil produtores, tendo o maior polo abatedor do estado na região oeste (SEAB, 2008).

De acordo com o IBGE (2010), a região Oeste do Paraná possui o maior rebanho do estado com volume diário de 14 mil metros cúbicos de dejetos, sendo estes constituídos, segundo Konzen (2002), por fezes, urina, água desperdiçada, resíduos de ração, pelos, poeiras e outros materiais decorrentes do processo criatório.

Com o crescimento da suinocultura, houve um aumento na concentração de dejetos nas propriedades rurais, acarretando a necessidade de se melhorarem as técnicas de manejo, destinação e utilização desses dejetos (KUNZ; OLIVEIRA, 2006).

Os dejetos de suínos são utilizados como fertilizante pelo fato de possuírem vários nutrientes essenciais para as plantas, entretanto, esses resíduos devem ser aplicados de forma racional, sendo importante o conhecimento da sua composição e dose ideais (SEDIYAMA et al., 2008). Os dejetos, além de apresentarem nutrientes essenciais para as plantas, possuem, geralmente, em sua composição, metais tóxicos como o cádmio (Cd), o chumbo (Pb) e o cromo (Cr) (GONÇALVES JÚNIOR et al., 2008), podendo poluir os solos e os recursos hídricos. Dessa forma, o uso de dejetos como fertilizantes, sem contaminação do meio ambiente, é um desafio para a sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuários (GONÇALVES JÚNIOR et al., 2007).

A contaminação por metais tóxicos nos dejetos ocorre, principalmente, devido à adição de suplementos minerais na dieta dos suínos que, muitas vezes, são disponibilizados por fontes de minerais de baixa qualidade utilizadas pelas indústrias (TEIXEIRA et al., 2005). Tais metais tóxicos são parcialmente absorvidos pelos tecidos vivos dos animais e parcialmente excretados pelos dejetos.

O uso de fontes minerais de baixa qualidade na dieta de suínos é um problema, pois, além da composição rica em nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento dos animais, também contém diversos elementos prejudiciais ou tóxicos, como metais tóxicos, conforme observado por Gaste et al. (2002). Em estudo, verificaram que 72% das amostras avaliadas continham concentrações de chumbo (Pb) acima do permitido pela Portaria do MAPA/SARC nº 6, de 04/02/2000, que estabelece limites mínimos ou máximos de macro e microelementos para formulações de

misturas minerais destinadas a aves, suínos e bovinos (BRASIL, 2000).

Outro fator determinante relacionado à adição de metais tóxicos em solos agrícolas, diz respeito à aplicação de dejetos *in natura*, ou seja, sem tratamento físico-químico ou biológico do efluente, sendo que esses resíduos, ao serem aplicados sem tratamento prévio no solo, ocasionam a elevação da concentração de nutrientes e metais tóxicos, quando presentes na composição química do dejetos (SEDIYAMA et al., 2008).

Já o biofertilizante, produto resultante do tratamento dos dejetos suínos, é produzido por meio da fermentação anaeróbia, ou da atividade de microrganismos na decomposição da matéria orgânica e complexação de nutrientes dos dejetos (TIMM et al., 2004), ocorrendo a diminuição na relação C/N da matéria orgânica, aumento no teor de nitrogênio e demais nutrientes.

Dessa forma, apesar de a biodigestão anaeróbia ocasionar maior facilidade de imobilização do fertilizante pelos microrganismos do solo, devido ao avançado grau de decomposição, os teores de metais tóxicos permanecem inalterados, mesmo passando pelo processo de biodigestão. Entretanto, além da melhor disponibilização dos nutrientes essenciais, quando presentes, os metais tóxicos também são disponibilizados, acumulando-se nos tecidos vegetais e no solo (AISSE; OBLADEN, 1982).

A disposição de esterco líquido de suínos, ou dejetos suínos, é largamente empregada nas regiões produtoras de suínos do mundo e em todas as regiões produtoras do Brasil pela sua praticidade operacional, como também pelo potencial de agregação de valor econômico, proporcionado pelo emprego dos dejetos na substituição de

fertilizantes químicos, fornecendo nutrientes para as plantas (MIRANDA et al.,1999).

Entretanto, conforme Perdomo (1999), o uso excessivo dos dejetos suínos pode levar ao acúmulo ou a lixiviação para água, de contaminantes que, muitas vezes, estão presentes nos mesmos dejetos. Dessa forma, estudos têm proposto a otimização do uso de dejetos e biofertilizantes nas culturas, buscando melhorar a produtividade com maior sustentabilidade.

Klaus et al. (2013) indicam o uso de doses superiores a 500 m³ ha⁻¹ parcelada em 8 vezes no ano na cultura da Tifton 85, porém não questiona a possibilidade de contaminação do solo por excesso de nutrientes e metais tóxicos aplicados, ou ainda valores para lixiviação e contaminação de águas subterrâneas.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi de avaliar os efeitos de doses crescentes de dejetos *in natura* e biofertilizante de suínos nos teores de metais tóxicos (Cd, Pb e Cr) na Tifton 85 (*Cynodon dactylon*), bem como nos solos utilizados para o seu cultivo.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, na Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, no município de Marechal Cândido Rondon-PR, que possui as seguintes coordenadas geográficas: 24° 31' S e 54° 01' W. Utilizaram-se dois solos de diferentes texturas em vasos, com volume de oito litros; um classificado como Latossolo Vermelho Eutroférrico (LVef) de textura muito argilosa (622,31 g kg⁻¹ de argila, 199,29 g kg⁻¹ de silte e 178,40 g kg⁻¹ de areia) e outro solo classificado como Argissolo Vermelho distrófico (PVd) de textura média (218,50 g kg⁻¹ de argila, 69,28 g kg⁻¹ de silte e 712,22 g kg⁻¹ de areia) (EMBRAPA, 2006).

Nas tabelas 1 e 2 são apresentados os resultados da análise química do solo antes da instalação do experimento. As análises químicas de solo foram realizadas de acordo com Pavan et al. (1992).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado

Tabela 1 - Análise química dos solos

Solo	pH (CaCl ₂)	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	C	P	Cu	Zn	Fe	Mn	V%
		-----cmol _c dm ⁻³ -----						g dm ⁻³	-----mg kg ⁻¹ -----					
LVef	5,08	1,05	3,87	1,81	3,49	6,73	10,22	15,3	26,6	2,8	111	32,8	4,9	65,8
PVd	5,18	0,85	5,16	1,53	5,79	7,5	13,3	25,9	18,7	11,2	282	33,4	5,2	56,5

Fonte: Zenatti, R. et al. (2013).

Nota: H+Al (acidez potencial), SB (soma de bases), CTC (capacidade de troca catiônica), C (carbono orgânico), V% (saturação por bases), Cu, Zn, Fe e Mn extraídos por Mehlich⁻¹. LQ: K = 0,01; Ca = 0,005; Mg = 0,005; Cu = 0,005; Fe = 0,01; Mn = 0,01; Zn = 0,005.

Tabela 2 - Teores de metais tóxicos nos solos

Solos	Cd	Pb	Cr
	----- mg kg ⁻¹ -----		
LVef	< 0,005	5,0	2,0
PVd	< 0,005	2,0	> 0,01

Fonte: Zenatti, R. et al. (2013).

Nota: LQ: Cd = 0,005; Pb = 0,01; Cr = 0,01.

(DIC) em esquema fatorial 2x4, sendo os tratamentos constituídos por duas fontes de fertilizantes orgânicos (dejeito *in natura* e biofertilizante) e quatro doses para cada fonte (0, 200, 400 e 600 m³ ha⁻¹), com quatro repetições, totalizando 32 parcelas experimentais.

As doses propostas não foram baseadas na recomendação agronômica, mas extrapoladas para simular uma situação real e importante verificada na região Oeste do Paraná. Nessa região, o alto volume gerado de dejetos *in natura* e biofertilizantes de origem suína não possuem correto destino, sendo, muitas vezes, dispostos em pastagens em doses muito acima das recomendações agronômicas.

Foi realizada uma fertilização mineral de implantação da Tifton 85, de acordo com as recomendações de calagem e fertilização da Circular Técnica 128 do Instituto Agronômico do Paraná (2003), onde se recomenda a elevação de saturação de bases para a Tifton 85 em 70%. Assim, foram aplicados 2,94 ton ha⁻¹ (1,47g vaso⁻¹). Para a recomendação de fertilização de implantação da cultura, aplicou-se 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ K₂O, sendo que todos os tratamentos receberam a mesma quantidade de fertilizantes químicos antes da implantação da cultura.

As mudas foram retiradas da fazenda experimental da Uniãoeste e, posteriormente, replantadas para os vasos de 8 L, sendo 5 mudas por vaso e o plantio realizado no dia 5 de junho de 2011. Ao atingirem a altura de 20 cm, foi realizado o corte de nivelamento da gramínea a 5 cm do solo, sendo realizadas as aplicações de biofertilizante e dejeito *in natura*. O primeiro corte e o segundo corte foram realizados aos 28 e 56 dias após o corte de nivelamento.

O dejeito *in natura* e o biofertilizante foram coletados em duas granjas de suínos distintas em fase de terminação, localizadas no município de Marechal Cândido Rondon-PR, sendo que os fertilizantes foram recolhidos por bombeamento das esterqueiras e colocados em galões de 50 L. Antes da utilização dos fertilizantes orgânicos, foram retiradas alíquotas para sua caracterização química (Tabela 3).

Para determinação dos metais tóxicos cádmio (Cd), chumbo (Pb) e cromo (Cr), em solo e em dejeito, realizou-se digestão nitro-perclórica (AOAC, 2005), seguida por espectrometria de absorção atômica (WELZ; SPERLING, 1999).

A tabela 4 relaciona os valores das doses em m³ ha⁻¹ e kg ha⁻¹ de nutrientes e metais presentes no dejeito *in natura* e biofertilizante aplicados em capim Tifton 85.

Tabela 3 - Valores médios para a caracterização química do dejeito *in natura* e do biofertilizante utilizados no experimento

Dejeito	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Cd	Pb	Cr
	----- (g kg ⁻¹) -----					----- (mg kg ⁻¹) -----						
in natura	15.7	16.3	2.4	5.20	1.4	40.0	85.0	38.7	111	< 0,05	1.0	5.0
Biofertilizante	10.5	12.3	1.8	3.5	1.0	109.0	10.5	120.0	20.0	1.8	1.4	6.0

Fonte: Zenatti, R. et al. (2013).

Nota: ND – não detectado pelo método.

Tabela 4 - Teores de nutrientes e metais no dejetos *in natura* e biofertilizante aplicados em PVd e LVef

Dejeto	Doses	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Cd	Pb	Cr
	(m ³ ha ⁻¹)	------(kg ha ⁻¹)-----											
<i>in natura</i>	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	200	3150	3252	480	1040	290	8.0	17.0	7.7	22.2	0.0	0.2	1.0
	400	6300	6504	960	2080	580	16.0	34.0	15.5	44.4	0.0	0.4	2.0
	600	9450	9756	1440	3120	870	24.0	51.0	23.2	66.6	0.0	0.6	3.0
Biofertilizante	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	200	2102	2460	360	698	200	21.8	2.1	24.0	4.0	0.4	0.3	1.2
	400	4204	4920	720	1396	400	43.6	4.2	48.0	8.0	0.7	0.6	2.4
	600	6306	7380	1080	2094	600	65.4	6.3	72.0	12.0	1.1	0.8	3.6

Fonte: Zenatti, R. et al. (2013).

As doses utilizadas nesse experimento foram aplicadas de forma parcelada em oito aplicações, realizadas a cada sete dias. O início das aplicações ocorreu dia 10/09/2010, sendo que, durante o período do experimento, as plantas foram irrigadas a cada dois dias, com volume de água controlado até o ponto de saturação do solo.

A justificativa para realização do parcelamento em oito aplicações de dejetos e biofertilizante ocorre em função do excesso de volume gerado pela atividade suinícola. Mesmo que não seja agronomicamente recomendável esta é uma prática recorrente entre produtores visando a uma destinação devido ao alto volume de resíduo gerado.

Para determinação da massa seca, todo material vegetal foi encaminhado para estufa a 45° C, até atingir massa constante (DRUMOND et al., 2006).

Para análise estatística dos dados obtidos no experimento, utilizou-se o software SISVAR (FERREIRA, 2003). Os dados foram submetidos à análise de variância na significância de 1 e a 5%. Para as médias de fontes, foi realizado o teste

de Tukey e, para as doses, foi feita análise de regressão.

Resultados e Discussão

Os resultados da análise de variância para os teores dos metais tóxicos (Cd, Pb e Cr) no tecido vegetal, no primeiro e segundo corte da pastagem, são apresentados, nas Tabelas 5 e 6, respectivamente. Foi constatada diferença significativa ($P < 0,05$) para as fontes, doses e para interação de fontes e doses do elemento Cr no primeiro corte no solo classificado como (LVef) de textura argilosa. Já, para o solo de textura arenosa (PVd), não foi detectada presença dos metais tóxicos (Cd, Pb e Cr) no tecido vegetal da gramínea no primeiro corte.

No segundo corte (Tabela 6), observa-se que as doses de dejetos influenciaram significativamente ($P < 0,05$) os teores de Pb e Cr para os dois solos (LVef e PVd) de cultivo.

Os resultados da comparação de médias dos metais tóxicos no primeiro corte da gramínea fertilizada com dejetos *in natura* e biofertilizante são apresentados na tabela 7.

Tabela 5 - Análise de variância para os teores de metais tóxicos (Cd, Pb, e Cr) na massa seca de Tifton 85 no primeiro corte, 28 dias após a aplicação de dejetos nos solos LVef e PVd

F.V.	G.L.	Quadrados médios					
		LVef			PVd		
		Cd	Pb	Cr	Cd	Pb	Cr
Fontes (A)	1	ND ^{NS}	0,03 ^{NS}	60,50 ^{**}	ND ^{NS}	ND ^{NS}	ND ^{NS}
Doses (B)	3	ND ^{NS}	0,09 ^{NS}	18,75 ^{**}	ND ^{NS}	ND ^{NS}	ND ^{NS}
A x B	3	ND ^{NS}	0,06 ^{NS}	11,41 ^{**}	ND ^{NS}	ND ^{NS}	ND ^{NS}
Resíduo	24	ND	0,07	1,89	ND	ND	ND
C.V.	-	0,00	7,23	22,29	0,00	0,00	0,00

Fonte: Zenatti, R. et al. (2013).

Nota: F.V. (Fonte de Variação); G.L. (Graus de liberdade); ** (significativo a 1% pelo teste de Fischer); * (significativo a 5% pelo teste de Fischer); NS (não significativo a 1% ou 5% pelo teste de Fischer); C.V. (coeficiente de variação).

Tabela 6 - Análise de variância para os teores de metais tóxicos (Cd, Pb, e Cr) na massa seca da Tifton 85 no segundo corte, 56 dias após a aplicação de dejetos nos solos LVef e PVd

F.V.	G.L.	Quadrados médios					
		LVef			PVd		
		Cd	Pb	Cr	Cd	Pb	Cr
Fontes (A)	1	ND ^{NS}	2,93 ^{NS}	3,78 ^{NS}	ND ^{NS}	15,12 ^{NS}	3,12 ^{NS}
Doses (B)	3	ND ^{NS}	8,54 ^{**}	20,11 ^{**}	ND ^{NS}	13,37 ^{**}	37,70 ^{**}
A x B	3	ND ^{NS}	5,53 ^{NS}	0,78 ^{NS}	ND ^{NS}	13,35 ^{NS}	13,67 ^{NS}
Resíduo	24	ND	7,76	1,11	ND	11,27	3,85
C.V. (%)	-	0,00	31,23	22,67	0,00	25,58	22,13

Fonte: Zenatti, R. et al. (2013).

Nota: F.V. (Fonte de Variação); G.L. (Graus de liberdade); ** (significativo a 1% pelo teste de Fischer); * (significativo a 5% pelo teste de Fischer); NS (não significativo a 1% ou 5% pelo teste T de Fischer); C.V. (coeficiente de variação).

O biofertilizante proporcionou maior acúmulo de Cr no material vegetal da Tifton 85, ocasionado, provavelmente, pelos maiores teores encontrados nessa fonte em comparação ao dejetos in natura (Tabela 3). Trabalhando com dejetos fermentados, Jahnel et al. (1999) concluíram que há aumento na concentração de nutrientes e metais tóxicos após a fermentação da matéria orgânica presente no fertilizante.

O processo de biodigestão anaeróbia dos dejetos suínos favorece a disponibilização de nutrientes ao solo, o que explica a bioacumulação de Cr pelo tecido vegetal da Tifton 85.

A disponibilização do Cr no biofertilizante ocorre, possivelmente, pelo teor de Cr assimilado pela alimentação dos animais, pela adição de picolinato de

Tabela 7 - Médias dos teores de Cr no tecido vegetal da Tifton 85 no primeiro corte

Dejeto	Teor de Cr
in natura	0,25b
Biofertilizante	3,00a
C.V. (%)	22,89
DMS	0,97

Fonte: Zenatti, R. et al. (2013).

Nota: Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

cromo (PCr) (OLIVEIRA et al., 2007) e consequente sua excreta pelos suínos. O processo de biodigestão anaeróbia promove a quebra das macromoléculas presentes no dejetos, em moléculas menores, possivelmente promovendo, dessa forma, a liberação do Cr excretado pelos animais.

A análise de regressão para o teor Cr em função das doses, em ambos os cortes, está apresentada na figura 1.

O teor de Cr no tecido vegetal no primeiro corte (Figura 1a) aumentou de modo quadrático em função da aplicação dos dejetos em solo de textura argilosa. O uso do biofertilizante proporcionou maior acúmulo de Cr no tecido vegetal (4,2 mg kg⁻¹) quando comparado ao uso do dejetos *in natura* (0,8 mg kg⁻¹).

No segundo corte, o LVEf (Figura 1b) apresentou o maior teor de Cr no tecido vegetal foi obtido com a dose de 275 m³ ha⁻¹, apresentando a concentração de 6,2 mg kg⁻¹, ao passo que, para o PVd (Figura 1c), a dose de 287,5 m³ ha⁻¹ foi a que proporcionou a maior concentração desse elemento no tecido vegetal (4,7mg kg⁻¹).

Pelos resultados obtidos (Figura 1), ao aplicar doses de dejetos superiores a 400 m³ ha⁻¹ ocorre inibição da translocação do Cr para

as folhas da Tifton 85. Tal comportamento é explicado pelo fato de o Cr não ser essencial e apresentar potenciais efeitos tóxicos em vegetais, sendo, possivelmente, esse metal acumulado nas raízes da planta.

De acordo com Kabata-Pendias e Pendias (2001), os teores de Cr normais nas plantas variam de 0,02 a 2,0 mg kg⁻¹, sendo que valores de 4 a 8 mg kg⁻¹ desse elemento no tecido vegetal de gramíneas podem causar fitotoxicidade. Assim, neste trabalho, as concentrações de Cr encontradas no tecido vegetal da Tifton 85 podem ser consideradas tóxicas, porém não sendo observados sintomas de fitotoxicidade.

Merece destaque ainda o fato de que essas concentrações foram encontradas em apenas um cultivo com aplicações de dejetos suínos ao solo, sendo comum, por parte de agricultores, aplicações sucessivas em mais de um cultivo, com provável efeito residual no solo que pode ocasionar maior acúmulo pela gramínea ou outras plantas cultivadas nesse solo.

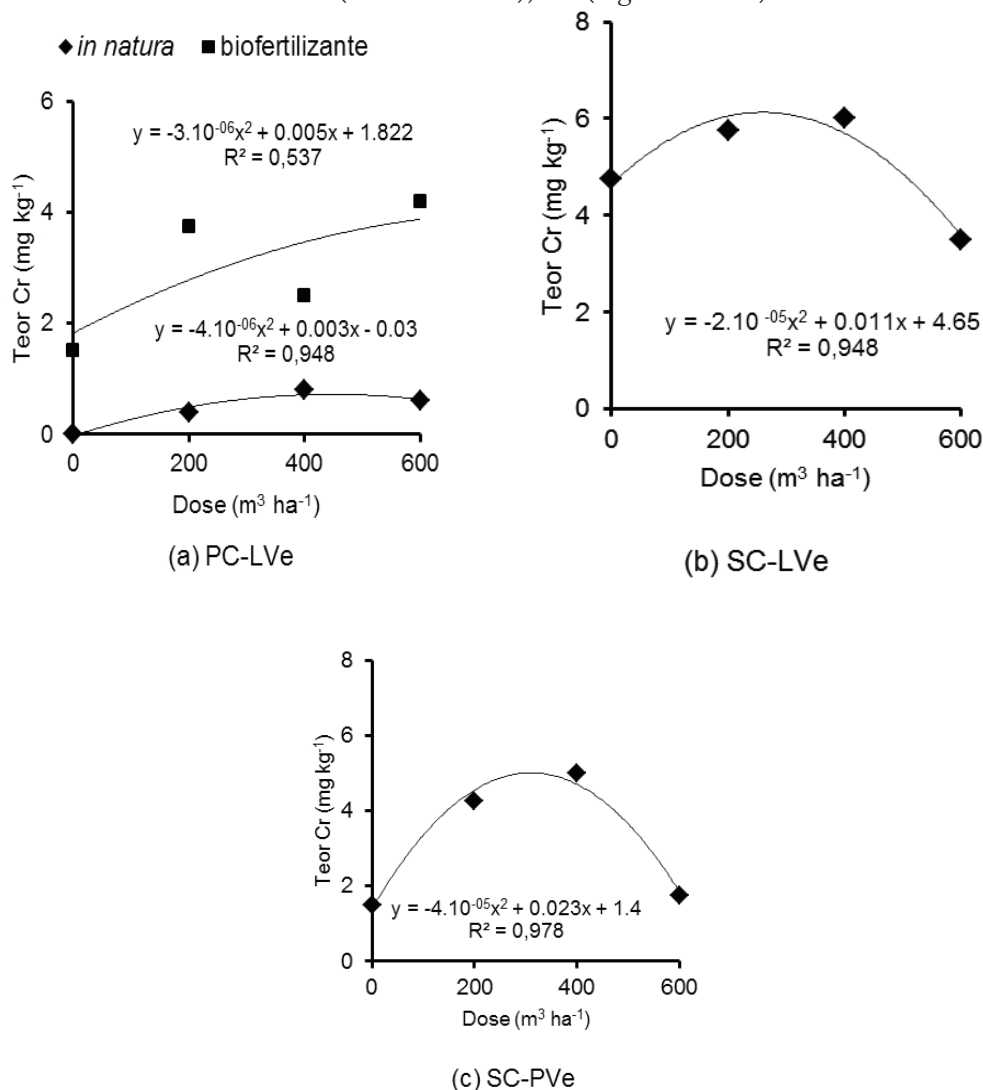
Cabe ainda salientar que maiores teores de Cr foram acumulados na forrageira cultivada em LVEf, em virtude do maior teor de argila presente, conferindo, nesse caso maior capacidade de fornecimento de Cr às plantas.

Também deve-se considerar a concentração anterior de Cr ao LVEf (2 mg kg⁻¹) (Tabela 2), oriunda possivelmente de aplicações de dejetos suíno anteriores ao experimento, favorecendo o acúmulo de Cr nas plantas.

Em pesquisa realizada por Costa (2004), espécies de pastagens gramíneas cultivadas com o uso de efluentes industriais apresentaram teores significativos de Cr no tecido foliar e na massa radicular das plantas.

Na figura 2 é apresentada a análise de regressão para o teor Pb em função das doses no segundo corte.

Figura 1 - Teores médios de Cr em dois cortes da Tifton 85 com aplicação de doses crescentes de biofertilizante. PC (Primeiro corte), SC (segundo corte)



Fonte: Zenatti, R. et al. (2013).

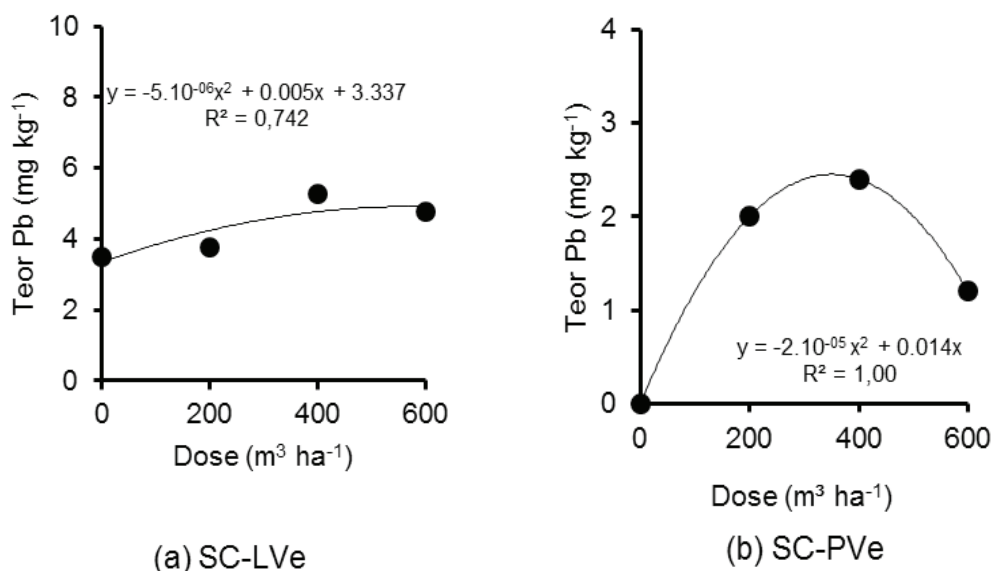
Apesar de sua pouca mobilidade no solo, o metal tóxico Pb apresentou maior acúmulo nas plantas cultivadas no LVe, de maneira análoga ao comportamento do Cr, em função do maior teor de argila, que ocasiona maior disponibilização de metais as plantas.

Observa-se, também, que o LVe apresenta maior capacidade de fornecimento

de Pb quando comparado ao PVd, sendo a diferença entre os teores de argila (62% e 21% para LVe e PVd) a principal causa dessa discrepância (Figura 2).

De acordo com Kabatta-Pendias e Pendias (2001) os teores toleráveis de Pb em cultivos agrícolas encontram-se entre 0,5 e 10 mg kg⁻¹, sendo que, neste experimento, os

Figura 2 - Teores médios de Pb no segundo corte da Tifton 85 fertilizada com doses crescentes de dejetos suínos *in natura*.



Fonte: Zenatti, R. et al. (2013).

teores de Pb encontrados no tecido vegetal da gramínea cultivado no solo (LVef) foram de $4,59 \text{ mg kg}^{-1}$, onde a dose de $500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ proporcionou o maior acúmulo desse metal no tecido vegetal (Figura 2a).

Também pode ser observado na figura 2, os maiores teores de argila encontrados no tecido vegetal da Tifton cultivada em LVef, devido à maior capacidade de retenção de Pb por este solo, bem como capacidade de fornecimento às plantas. De acordo com Coelho (2014), o LVef apresenta alta capacidade de retenção de Pb, devido à sorção que ocorre entre o complexo argila/ Pb^{2+} .

Entretanto, o mesmo autor menciona que, apesar da alta sorção de Pb pelas argilas do LVef, este metal apresenta baixa energia de ligação com as argilas, sendo rapidamente disponibilizado à solução do solo (COELHO, 2014).

No solo (PVd), o teor de Pb no tecido vegetal foi de $(2,45 \text{ mg kg}^{-1})$ sendo

que a dose de $350 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ proporcionou maior acúmulo desse metal (Figura 2b). Assim, não foram constatadas concentrações críticas no tecido vegetal nesse período de avaliação, mas, em longos períodos de fertilização, os teores podem ser superiores.

Em suas pesquisas, Machado et al. (2008), ao usarem biofertilizante oriundo de dejetos de aves fermentados, na produção de hortaliças, encontraram teores de Pb no tecido vegetal acima do limite recomendado para alimentação animal.

Na avaliação dos níveis de Pb fornecidos aos animais via suplementos minerais, Marçal et al. (2003) verificaram teores acima do limite desse metal, sendo que uma vez absorvido na alimentação, o Pb pode, em grande parte, ser eliminado junto com os dejetos e, se estes forem utilizados como fertilizantes, podem ser absorvidos pelas plantas.

Os resultados da análise de variância para os teores de metais tóxicos nos solos são apresentados na tabela 8.

Foi encontrada diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade para as doses de dejetos aplicadas quanto aos teores dos metais tóxicos para Pb, Cr no LVeF e Pb e Cr no PVd.

A análise de regressão linear para o teor Pb nos solos em função das doses está apresentada na figura 3.

A concentração de Pb nos dois solos teve um aumento em função das doses utilizadas, e a maior concentração foi obtida com a dose de 600 m³ ha⁻¹.

Como observado na figura 3, o LVeF em função dos maiores teores de argila, apresentem teores totais de Pb mais elevados quando comparado ao PVd, além do que, observa-se resposta quadrática para o LVeF, indicando novamente maior capacidade de retenção de Pb ao solo, e, neste caso, maior fornecimento de Pb às plantas (Figuras 1 e 2).

Conforme a Resolução 420 no Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2009), os valores obtidos de 65,10 mg kg⁻¹ (para o solo LVeF - Figura 3a) e 28,22 mg kg⁻¹ (para o solo PVd - Figura 3b) encontram-se abaixo do valor de prevenção (VP) (72 mg kg⁻¹ de Pb), que é a concentração de valor limite para que o solo seja capaz de sustentar as suas funções principais.

Devido à falta de dados de referência quanto a valores de tolerância de Pb em solos do Paraná, utilizaram-se os fornecidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB do Estado de São Paulo (CETESB, 2005), que estipula o valor de 17 mg kg⁻¹ de Pb como nível máximo para referência ou qualidade do solo, demonstrando que o solo avaliado apresenta teores de Pb acima dos considerados como naturais para o solo.

Em trabalho utilizando dejetos de suínos, Steinmetz et al. (2009) destacaram a presença de vários metais tóxicos nesses resíduos e relatam que eles podem causar grandes impactos ao meio ambiente, principalmente quando forem aplicados sem critérios técnicos.

A análise de regressão linear para o teor Cr nos solos, em função das doses, está apresentada na figura 4.

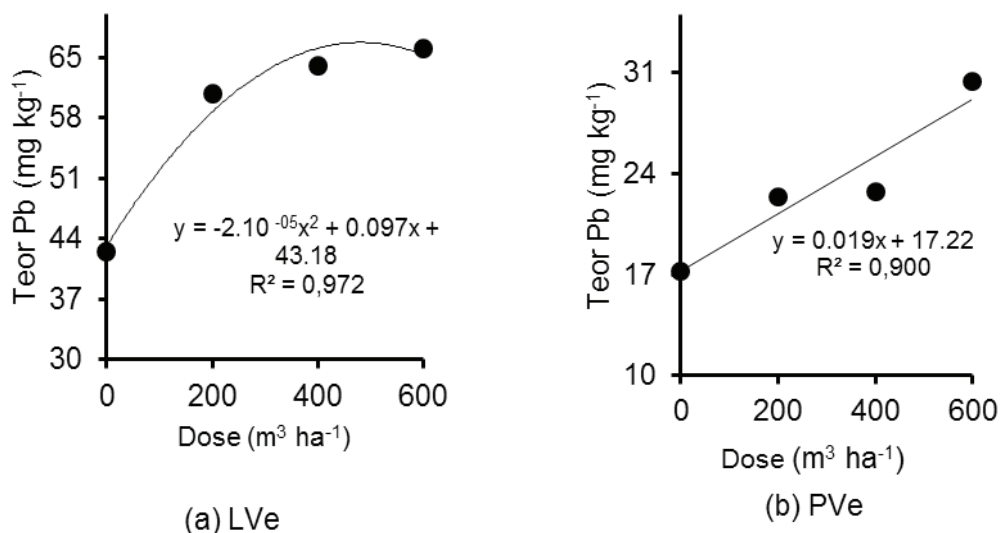
A concentração de Cr nos dois solos teve um aumento linear até a maior dose utilizada. A Resolução 420 no Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2009), determina o valor de prevenção (VP de 75 mg kg⁻¹ de Cr) nos solos. A concentração obtida no solo LVeF foi de 24,69 mg kg⁻¹ (Figura 4a) de Cr e para o solo PVd o teor de Cr foi de 5,71 mg kg⁻¹ (Figura 4b).

A maior retenção de Cr³⁺, pelo solo LVeF (Figura 4), não confere necessariamente absorção de Cr pelas plantas cultivadas nesse solo na mesma proporção (Figura 1). Isso ocorre em função da maior sorção de Cr³⁺ pelo LVeF, demonstrado pela maior inclinação da reta. Coelho (2014), ao avaliar a sorção de Cr³⁺ em LVeF, observou ligações Cr³⁺/argilas com elevada energia de ligação, ou seja, predominância de adsorção química, sendo tal Cr não disponível para a solução do solo em curto espaço de tempo.

Mesmo o teor do metal não ultrapassando o limite de tolerância nos solos, este pode ser absorvido pelas plantas, conforme verificado por Nogueira et al. (2007), tendo observado que a aplicação de lodo de esgoto como fertilizante, em espécies gramíneas, atingiu teores de Cr acima do valor permitido para a produção agrícola.

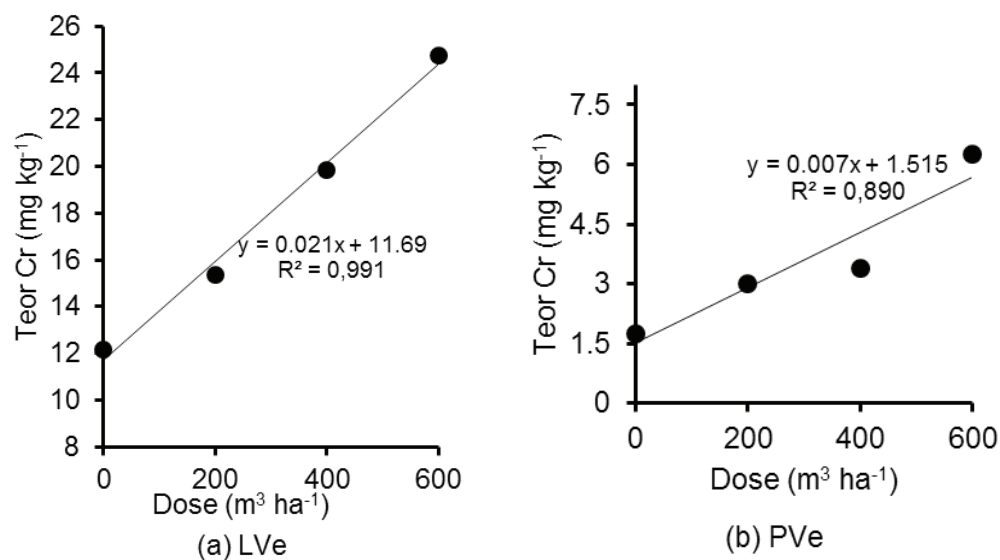
O valor máximo de referência para o Cr, segundo a CETESB (2005), é de 40 mg kg⁻¹, demonstrando que o solo do

Figura 3 - Teores totais de Pb nos diferentes solos de cultivo



Fonte: Zenatti, R. et al. (2013).

Figura 4 - Teores totais de Cr nos diferentes solos de cultivo



Fonte: Zenatti, R. et al. (2013).

experimento não atingiu essa concentração no tempo de avaliação.

Porém, deve-se considerar que esse valor foi obtido em apenas um cultivo, mas

em cultivos sucessivos, com altas doses de dejetos, aplicados sequencialmente, pode-se aumentar a concentração desse metal no solo.

Conclusões

Para o tecido vegetal da Tifton 85, os metais tóxicos tiveram seus teores elevados em função das doses de dejetos suínos aplicadas.

O dejetos in natura favoreceu a absorção de Cr pelas plantas de Tifton 85, sendo o valor obtido para o Cr considerado fitotóxico nas plantas.

Para os solos, houve um aumento na concentração de Pb em função das doses de dejetos suínos aplicadas, e o valor obtido para os solos (LVef) e (PVd) encontram-se acima do valor limite considerado como referência para a qualidade do solo.

O LVef, devido aos maiores teores de argila, apresentou maior capacidade de retenção de Pb e Cr, além de maior fornecimento desses elementos às plantas de Tifton 85.

Referencias

AISSE, M. M.; OBLADEN, N. L. **Tratamento de esgotos por biodigestão anaeróbia**. Curitiba: CNPq, ITAH/IPPUC, PUC-PR, 1982. 99p.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists – International. **Official methods of analysis**. 18. ed. Gaithersburg, MD, USA, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução 420, 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Conselho Nacional Do Meio Ambiente, Brasília, DF, 30 dez. 2009. 16 p.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Decisão de diretoria nº 195-2005-E**, de 23 de novembro de 2005. Dispõe sobre a aprovação dos valores orientados para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo, 2005, em substituição aos valores orientados de 2001. São Paulo, 2005.

COSTA, S. M. S. P. **Avaliação do potencial de plantas nativas do Brasil no tratamento de esgoto doméstico e efluentes industriais em “wetlands” construídos**. 2004. 119 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

DRUMOND, L. C. D.; ZANINI, J. R.; AGUIAR, A. P. A.; RODRIGUES, G. P.; FERNANDES, A. L. T. Produção de matéria seca em pastagem de Tifton 85 irrigada, com diferentes doses de dejetos líquido de suíno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.426-433, 2006.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Uso de dejetos de suínos na agricultura**. Embrapa Suínos e Aves. Instrução Técnica. Santa Catarina, SC, 1999.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

GASTE, L.; MARÇAL, W.S.; LOPES DO NASCIMENTO, M. R. Valores de chumbo inorgânico em formulações minerais comercializadas no Estado do Paraná. **Veterinary Science**, v.7, n.1, p.43-48, 2002.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; POZZA P. C.; NACKE H.; LAZZERI, D. B.; SELZLEIN, C.; CASTILHA, L. D. Homogeneização e níveis de metais em dejetos provenientes da bovinocultura de leite. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v.29, n.2, p.213-217, 2007.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; LINDINO C. A.; ROSA F. M.; BARICATTI R.; GOMES, G. F. Remoção de metais pesados tóxicos cádmio, chumbo e cromo em biofertilizante suíno utilizando macrófita aquática (*Eichornia crassipes*) como bioindicador. **Acta Scientiarum, Technology**, Maringá, v.30, n.1, p.9-14, 2008.

IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. Sugestão de recomendação de fertilização para culturas de interesse econômico do Paraná. **Circular técnica 128**. Londrina: IAPAR, 2003. 30p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatística da Produção Pecuária**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

JAHNEL, M. C.; MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B. N. Maturidade de composto de lixo urbano. **Scientia Agrícola**, v.56, n.2, p.301-304. 1999.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3.ed. London: CRC Press, 2001. 403 p.

KLAUS, O.; ZEFERIN, G. L.; ROVARIS, S.; SOUZA, S. N. M.; COLOMBARI, F. S. Produtividade de *Cynodon* spp. (Tifton 85) em áreas de pastejo rotacional biofertilizadas com dejetos suínos. **Acta Iguazu**, v.2, n.2, p.73-82, 2013.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A. V. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. **Revista de Política Agrícola**, v.15, n.3, p.28-35, 2006.

MACHADO, S. S.; BUENO, M. R. P.; OLIVEIRA, B. M.; MOURA, A. B.; Concentração de chumbo em alface produzida com diferentes adubos orgânicos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.10, n.1, p.63-70, 2008.

MARÇAL, W. S.; GASTE, L.; NASCIMENTO, M. R. L.; OLIVEIRA, H. S. Teores de chumbo em suplementos minerais comercializados no Estado de Mato Grosso do Sul. **Ciência Rural**; v.33, n.4, p.775-778, 2003.

MIRANDA, C. R. D.; SANTOS FILHO, J. I. A situação dos dejetos suínos na Região da AMAUC – SC. CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 10., 1999, Belo Horizonte. **Resumos...** Belo Horizonte: [S.I.], 1999.

MIRANDA, C. R. D.; SANTOS FILHO, J. I.; A situação dos Dejetos Suínos na Região da AMAUC – SC, X Congresso Brasileiro de Veterinários Especialistas em Suínos, 26 a 29 de outubro de 1999, **Resumos**. Belo Horizonte, MG.

NOGUEIRA T, A. R.; SAMPAIOR. A.; FONSECA I. M.; FERREIRA C. S.; SANTOS, S. E.; FERREIRA, L. C.; GOMES, E.; FERNANDES, L. A. Metais pesados e patógenos em milho e feijão caupi consorciados, adubados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.3, p.331–338, 2007.

OLIVEIRA V.; FIALHO E. T.; LIMA J. A. F.; ARAUJO J. S. Efeito do picolinato de cromo na digestibilidade dos nutrientes e metabólitos sanguíneos de suínos. **Archivos de Zootecnia**, v.56, n.214, p.137-143, 2007.

PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F.; ZEMPULSKI, H. C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. **Manual de análises químicas de solo e controle de qualidade**. Londrina: IAPAR, 1992.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. D. Considerações sobre a questão dos dejetos e o meio ambiente. In: SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, P. R. S. da; SESTI, L. A. C. (Ed.). **Suinocultura intensiva: produção, manejo e saúde do rebanho**. Concórdia: CNPSA/ EMBRAPA, 1999. p.223–234.

SEAB. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná. **Suínos**. 2008. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br>>. Acesso em: 2 fev. 2014.

SEDIYAMA, M. A. N.; VIDIGAL, S. M.; PEDROSA, M. W.; PINTO, C. L. O.; SALGADO, L. T. Fermentação de esterco de suínos para uso como adubo orgânico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.6, p.638–644, 2008.

STEINMETZ, R. L. R.; KUNZ, A.; DRESSLER, V. L.; FLORES, E. M. M.; MARTINS, A. F. Study of metal distribution in raw and screened swine manure. **CLEAN-Soil Air Water**, Weinheim, v.37, n.3, p.239–244, 2009.

TEXEIRA, A. O.; LOPES, D. C.; RIBEIRO, M. C. T.; LOPES, J. B.; FERREIRA, V. P. A.; VITTI, D. M. S. S.; MOREIRA, J. A.; PENA, S. M. Composição química de diferentes fontes de fósforo e deposição de metais pesados em tecidos de suínos. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v.57, n.4, p.502-509, 2005.

TIMM, P. J.; GOMES, J. C. C.; MORSELLI, T. B. Insumos para agroecologia: pesquisa em vermicompostagem e produção de biofertilizantes líquidos. **Revista Ciência e Ambiente**, Santa Maria, v.29, [S.I.], 2004.

WELZ, B.; SPERLING, M. **Atomic absorption spectrometry**. 2.ed. Weinheim: Wiley-VCH, 1999.