

**USO DA MACRÓFITA AQUÁTICA (*Eichornia crassipes*)  
NA REMOÇÃO DE COBRE E ZINCO EM BIOFERTILIZANTE  
DE ORIGEM SUÍNA**

**USE OF THE AQUATIC MACROPHYTE (*EICHORNIA CRASSIPES*)  
IN THE REMOVAL OF COPPER AND ZINC IN BIOFERTILIZERS  
OF SWINE ORIGIN**

**Éderson Mondardo<sup>1</sup>, Affonso Celso Gonçalves Junior<sup>1\*</sup>, Eduardo Sacon<sup>1</sup>**

<sup>1\*</sup> Autor para contato: Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Centro de Ciências Agrárias e Grupo de Estudo em Solos e Meio Ambiente (GESOMA), Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil; (45) 3254-3216; e-mail: affonso@unioeste.br

Recebido para publicação em 28/11/2005

Aceito para publicação em 27/04/2006

**RESUMO**

Este trabalho foi desenvolvido no município de Marechal Cândido Rondon com o objetivo de avaliar a eficiência da macrófita aquática (*Eichornia crassipes*) como bioindicador e alternativa na remoção de cobre e zinco em biofertilizante de origem suína. Foi utilizado delineamento experimental inteiramente ao acaso em um esquema fatorial 2x4, sendo os fatores representados pelas partes da planta (aérea e raiz), e pelos tratamentos, com 4 repetições. Os tratamentos foram 0, 10, 20 e 30% de biofertilizante. Na instalação do experimento as plantas foram pesadas (massa fresca inicial) e coletou-se uma alíquota da solução de cada tratamento para determinar as concentrações iniciais de Cu e Zn e após 30 dias de cultivo as plantas foram coletadas. Novamente coletou-se uma alíquota da solução de cada tratamento para se determinar a concentração final dos metais nos tratamentos e com isso se determinar a capacidade de remoção dos metais pesados tóxicos pela macrófita. As plantas foram novamente pesadas (massa fresca final) e separadas em parte aérea e raiz, as quais foram secas e trituradas para se determinar a concentração dos metais (Cu e Zn) presentes nas raízes e na parte aérea. A macrófita apresentou-se eficiente na remoção de cobre e zinco em biofertilizante suíno. Observou-se que o sistema radicular da macrófita apresentou maiores concentrações de Cu e Zn. Conclui-se que a macrófita aquática (*Eichornia crassipes*) pode ser uma excelente alternativa para o tratamento prévio de biofertilizante e dejetos provenientes da suinocultura.

Palavras-chave: biofertilizante, *eichornia crassipes*, cobre, zinco

## ABSTRACT

This work was developed in the municipal district of Marechal Cândido Rondon, with the objective of evaluating the efficiency of the aquatic macrophyte (*Eichornia crassipes*) as a bioindicator and alternative source in the removal of copper and zinc in biofertilizers of swine origin. The experimental delineation was done randomly, in a factorial project 2x4, and the factors were presented by the parts of the plant (aerial and root) and by the treatments, with 4 repetitions. The treatments were performed with 0, 10, 20 and 30% of the biofertilizer. At the beginning of the experiment, the plants were weighed (initial fresh mass), and a sample of the solution of each treatment was collected in order to determine the initial concentrations of Cu and Zn, and after 30 days of cultivation the plants were collected. Again a sample of the solution of each treatment was collected to determine the final concentration of the metals in the treatments, and thus establish the capacity of the macrophyte to remove metals. The plants were weighed again (final fresh mass) and separated in aerial part and root. Next, they were dried and triturated in order to determine the concentration of the metals (Cu and Zn) present in the roots and in the aerial part. The macrophyte was efficient in the removal of the metals in swine biofertilizers, for the soybean root system of the macrophyte presented larger concentrations of Cu and Zn. We concluded that the aquatic macrophyte (*Eichornia crassipes*) can be an excellent alternative in the previous treatment of biofertilizers, with a positive posterior effect on swine waste.

Key words: biofertilizer, *Eichornia crassipes*, copper, zinc

### 1. Introdução

A suinocultura é uma atividade importante do ponto de vista social, econômico e especialmente, como instrumento de fixação do homem no campo. No entanto se ocorrer o lançamento indiscriminado de dejetos não tratados em rios, lagos e no solo os órgãos de controle ambiental consideram sua exploração como uma atividade causadora de degradação ambiental. Podendo trazer desconforto devido à proliferação de moscas, mosquitos, mau cheiro. Constituindo-se, desta forma, em um risco para a sustentabilidade e expansão da suinocultura como atividade econômica (Scolari, 1997).

O Brasil, apesar de ser um país continental, utiliza inadequadamente seus recursos naturais devido à falta de uma política efetiva que estimule o desenvolvimento sustentável. Nas últimas décadas a suinocultura passou por profundas alterações tecnológicas, visando principalmente o aumento da produtividade e redu-

ção dos custos de produção. A produtividade, por animal e por área, aumentou consideravelmente, passando-se a produzir grandes quantidades de dejetos em pequenas extensões em determinadas regiões do país. Simultaneamente, se iniciaram os problemas com destinos dos efluentes (Lima, 2002).

Na maioria dos países da Europa a legislação de proteção ambiental é muito rígida, com relação aos dejetos produzidos pela suinocultura e outras atividades, devido a dificuldade de distribuição dos mesmos. No Brasil a partir de 1991 começou a se dar uma maior importância a este assunto, sendo assim o Ministério Público passou a cobrar o cumprimento da legislação, aplicando advertências, multas e até mesmo o fechamento de granjas em determinados casos (Diesel *et al.*, 2002).

A poluição provocada pelo manejo inadequado dos dejetos de suínos cresce a cada dia. Esta condição tem provocado a busca de soluções, junto aos técnicos, no sentido de viabilizar soluções técnicas ade-

quadas para o manejo e disposição dos dejetos de suínos e que sejam, ao mesmo tempo, compatíveis com as condições econômicas dos produtores, atendam as exigências legais e que sejam de fácil operacionalização. Soluções estas que nem sempre se revelam de fácil execução, seja por problemas decorrentes de inadequação das instalações, devido as dificuldades financeiras do suinocultor, ou mesmo, pelo desconhecimento dos técnicos com relação as opções tecnológicas mais adequada para cada caso. Porém, recentemente, a questão dos dejetos passou a ser considerada na concepção das edificações suinícolas. (Diesel *et al.*, 2002).

Todo criador de suínos deve possuir um programa racional de controle dos dejetos, visando a sua correta utilização para evitar os problemas de poluição. Pela Legislação Ambiental, o produtor pode ser responsabilizado criminalmente por eventuais danos causados ao meio ambiente e à saúde dos homens e animais (Perdomo, 1999).

Os biodigestores podem ser utilizados em sistemas de tratamento de dejetos, onde a matéria orgânica contida nos efluentes é metabolizada por bactérias anaeróbias. Neste processo, os subprodutos obtidos são o gás (biogás), uma parte sólida que decanta no fundo do tanque, e uma parte líquida que corresponde ao efluente mineralizado (Soom, 2005).

O volume de dejetos, que extrapola o limite de utilização agrônômica da propriedade, deve ser obrigatoriamente tratado ou cedido a terceiros. O tratamento se destina a reduzir o potencial poluidor dos dejetos. Com o uso de separadores de fase (decantador), além de valorizar os dejetos para a adubação, reduz os custos de tratamento, armazenamento e distribuição. A combinação do decantador com lagoas anaeróbias, facultativas e lagoas de aguapé ligadas em série, permite a remoção de 98% da carga orgânica poluente e 99,9% dos coliformes fecais, reduzindo eficientemente o potencial poluidor dos dejetos provenientes da suinocultura (Perdomo, 1999).

A macrófita aquática (*Eichornia crassipes*), popularmente denominado de aguapé, pode ser utilizado em estações de tratamento de dejetos como depurador, retentor e removedor de metais como cádmio, níquel, crômio, mercúrio, chumbo, prata, cobalto, estrôncio e também de nutrientes como o cobre, zinco, fósforo e o nitrogênio, com acentuada redução da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda

química de oxigênio (DQO) das águas, além de reduzir consideravelmente a concentração de coliformes, tornando as águas mais limpas e adequadas para serem lançadas no meio (Matni, 1996).

Com o crescente aumento da atividade suinícola no Brasil, iniciaram-se os problemas gerados pelo manejo inadequado dos dejetos, com isso procuram-se soluções para minimizar estes problemas. Sendo assim o uso da macrófita aquática (*Eichornia crassipes*), associada a um sistema de tratamento de dejetos, pode ser uma alternativa para reduzir os problemas de contaminação do solo e da água gerados pela atividade.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da macrófita aquática (*Eichornia crassipes*) como bioindicador e alternativa para remoção de cobre (Cu) e zinco (Zn) em biofertilizante proveniente de dejetos de origem suína.

## 2. Materiais e métodos

O biofertilizante de origem suína foi coletado na Granja Stein (unidade produtora de leitões) localizada no município de Entre Rios do Oeste – PR, após permanecer por um período de 20 dias em um biodigestor tipo tubular.

No momento da coleta do biofertilizante suíno coletou-se amostras antes e após a passagem pelo biodigestor, amostras da água utilizada na granja, amostras do milho usado na alimentação dos animais e amostras dos concentrados utilizados nas formulações das rações usada na alimentação dos leitões, das matrizes em gestação e lactação.

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado sendo os tratamentos dispostos em esquema fatorial 2x4 (parte aérea e raiz da macrófita x 4 diluições do biofertilizante) com 4 repetições, totalizando 32 parcelas experimentais.

O biofertilizante suíno foi submetido a flocculação/coagulação para a separação das frações sólida e líquida, sendo a primeira descartada e a segunda utilizada como biofertilizante no experimento. Como floculante/coagulante utilizou-se o calcário dolomítico na dose de 20 g L<sup>-1</sup> (Santos, 2004), que foi adicionado e posteriormente agitado por 5 minu-

tos para promover a homogeneização, em seguida deixou-se em repouso por 1 h para promover a decantação da fração floculada. Em seguida foram rea-

lizadas as diluições da fração líquida do biofertilizante que representam os diferentes tratamentos (Tabela 1).

**Tabela 1** - Tratamentos com os diferentes níveis de diluições da fração líquida do biofertilizante suíno.

Tratamento	Volume de dejetos		Volume de água		Total (L)
	(L)	(%)	(L)	(%)	
Testemunha	0,0	0,0	15,0	100,0	15,0
Trat. 1	1,5	10,0	13,5	90,0	15,0
Trat. 2	3,0	20,0	12,0	80,0	15,0
Trat. 3	4,5	30,0	10,5	70,0	15,0

Na instalação do experimento as macrófitas foram pesadas (massa fresca inicial) e coletou-se amostras da parte aérea e raiz, amostras do calcário usado como floculante, e amostras da fração sólida e líquida do biofertilizante suíno. Coletou-se, de cada tratamento, uma alíquota para a determinação da concentração de Cu e Zn, através de análise química (Fase 1). Estas amostras (alíquotas) foram digeridas por digestão nitroperóxido, sendo as determinações de Cu e Zn realizadas por técnicas de espectrometria de absorção atômica, modalidade chama (AOAC, 1990).

Após 30 dias de cultivo as plantas foram coletadas e novamente pesadas (massa fresca final). E uma alíquota dos diferentes tratamentos foi coletada para a determinação da capacidade de remoção de Cu e Zn pela macrófita (Fase 2).

Para determinar as concentrações dos metais Cu e Zn, no tecido vegetal da macrófita, separou-se as plantas em parte aérea e raiz, sendo que em seguida as plantas foram secas em estufa com circulação de ar a 65 °C por 48 h e posteriormente trituradas. Todas as determinações dos metais, das alíquotas e da macrófita (parte aérea e raiz), foram realizadas por digestão nitroperóxido e técnicas de espectrometria de absorção atômica, modalidade chama (AOAC, 1990).

Os dados foram submetidos as análises estatísticas utilizando-se a Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (Universidade Federal de Vi-

çosa - UFV, 1999). Como procedimento estatístico foi utilizado o Teste F, em nível de 5% de probabilidade, entre as massas das plantas na instalação e coleta do experimento, entre as concentrações de Cu e Zn presentes nos tratamentos (instalação e coleta do experimento) e entre as concentrações dos metais, encontrados na matéria seca da parte aérea e da raiz da macrófita, e regressão para os níveis de biofertilizante.

### 3. Resultados e discussão

A Tabela 2 demonstra os teores de Cu e Zn encontrados no dejetos suíno *in natura*, no biofertilizante após a passagem pelo biodigestor, na água utilizada na granja, no concentrado usado para produção da ração usada para alimentação das matrizes em lactação, gestação, na alimentação dos leitões, e no milho usado na produção das rações.

Na instalação do experimento coletou-se amostras do calcário dolomítico usado como floculante, da fração líquida e sólida do biofertilizante suíno após a floculação/coagulação química, da parte aérea e das raízes da macrófita e da água usado no experimento. Nestas amostras determinou-se os teores de Cu e Zn (Tabela 3).

**Tabela 2** - Teores de metais Cu e Zn encontrados no biofertilizante, na água, no milho e nos concentrados usados na alimentação dos leitões.

	Cu	Zn
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----	
<b>Biofertilizante in natura</b>	31,0	45,0
<b>Biofertilizante após biodigestor</b>	68,0	45,5
<b>Água</b>	8,0	27,0
<b>Conc. para matriz em lactação</b>	1515,0	2200,0
<b>Conc. para matriz em gestação</b>	700,0	1475,0
<b>Conc. para leitões</b>	487,5	4912,5
<b>Milho</b>	6,0	21,0

ND – Não detectado pelo método.

**Tabela 3** - Teores dos metais pesados Cu e Zn encontrados nas amostras retiradas na instalação do experimento.

	Cu	Zn
	----- mg kg <sup>-1</sup> -----	
<b>Calcário</b>	12,0	19,0
<b>Fração líquida</b>	350,0	57,5
<b>Fração sólida</b>	77,5	350,0
<b>Parte aérea</b>	11,0	42,5
<b>Raiz</b>	35,5	70,5
<b>Água</b>	4,5	6,0

ND – Não detectado pelo método

Na Tabela 4 são apresentadas as concentrações de Cu e Zn encontradas nos diferentes tratamentos na fase inicial (instalação do experimento) e na fase final do experimento, após 30 dias de cultivo. Na instalação do experimento (Fase 1) observa-se aumento das concentrações de Cu e Zn nos tratamentos a medida que se aumentou a porcentagem de biofertilizante suíno. Observou-se que na coleta do experimento (Fase

2) que as concentrações iniciais destes elementos nos tratamentos, haviam se reduzido, demonstrando que houve remoção de Cu e Zn pela macrófita.

Na Tabela 5 estão apresentados os valores de massas fresca da macrófita nos diferentes tratamentos no momento da instalação do experimento (1 – massa fresca inicial) e na coleta do experimento após 30 dias de cultivo (2 – massa fresca final).

**Tabela 4** - Concentrações (mg L<sup>-1</sup>) dos metais Cu e Zn no biofertilizante na instalação (fase .1) e na coleta (fase 2) do experimento em função dos tratamentos.

Metais (mg L <sup>-1</sup> )	Fase	Tratamento				CV (%)
		0	1	2	3	
Cu	1	4,10 <sup>aD</sup>	28,23 <sup>aC</sup>	74,50 <sup>aB</sup>	119,50 <sup>aA</sup>	20,81
	2	0,38 <sup>aB</sup>	4,25 <sup>bAB</sup>	8,00 <sup>bAB</sup>	15,25 <sup>bA</sup>	18,23
	CV (%)	19,26	25,41	22,42	21,36	
Zn	1	5,48 <sup>aD</sup>	17,50 <sup>aC</sup>	29,25 <sup>aB</sup>	56,25 <sup>aA</sup>	23,74
	2	0,68 <sup>bB</sup>	1,83 <sup>bB</sup>	4,97 <sup>bB</sup>	12,75 <sup>bA</sup>	19,85
	CV (%)	22,15	19,56	20,92	18,84	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas, nas colunas, e mesmas letras maiúsculas, nas linhas não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

**Tabela 5** - Massa média das plantas na instalação (1 - massa fresca inicial) e na coleta (2 - massa fresca final) do experimento em função dos tratamentos.

Massa (g)	tratamento				CV (%)
	0	1	2	3	
1	184,52 <sup>bA</sup>	187,70 <sup>bA</sup>	177,95 <sup>bA</sup>	180,65 <sup>bA</sup>	14,89
2	366,77 <sup>aC</sup>	504,83 <sup>aB</sup>	567,47 <sup>aA</sup>	259,40 <sup>aD</sup>	12,18
CV (%)	11,35	15,27	13,68	14,98	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas, nas colunas, e mesmas letras maiúsculas, nas linhas, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

Como pode-se observar na Tabela 5 que houve aumento da massa fresca da macrófita, após o período de 30 dias de cultivo (massa fresca final) em todos os tratamentos, sendo que o tratamento 2 (20% de biofertilizante suíno) apresentou maior acúmulo de massa, significando que esta é a concentração de biofertilizante em que a macrófita melhor se desenvolveu.

Segundo Wolverton & McDonald (1979) a macrófita aquática (*Eichornia crassipes*) possui reservas de nutrientes suficientes para se desenvolverem em meios pobres, o que explica o aumento da massa da mesma observado na Testemunha (Tratamento 0).

Na Tabela 6 observa-se que há diferença estatística na concentração de Cu entre a parte aérea e a

raiz apenas no tratamento que utilizou 30% de dejetos suíno, apresentando uma maior concentração na parte aérea da planta. Observa-se que conforme a porcentagem de dejetos aumentou a concentração de Cu tanto na parte aérea como na raiz também aumentou. Na mesma Tabela observa-se que não houve diferença estatística na concentração de Zn entre as partes aérea e raiz da planta somente para a testemunha, sendo que as maiores concentrações de Zn foram encontradas nas raízes da macrófita. Observa-se que conforme a porcentagem de dejetos aumentou a concentração de Zn tanto na parte aérea como na raiz também aumentou.

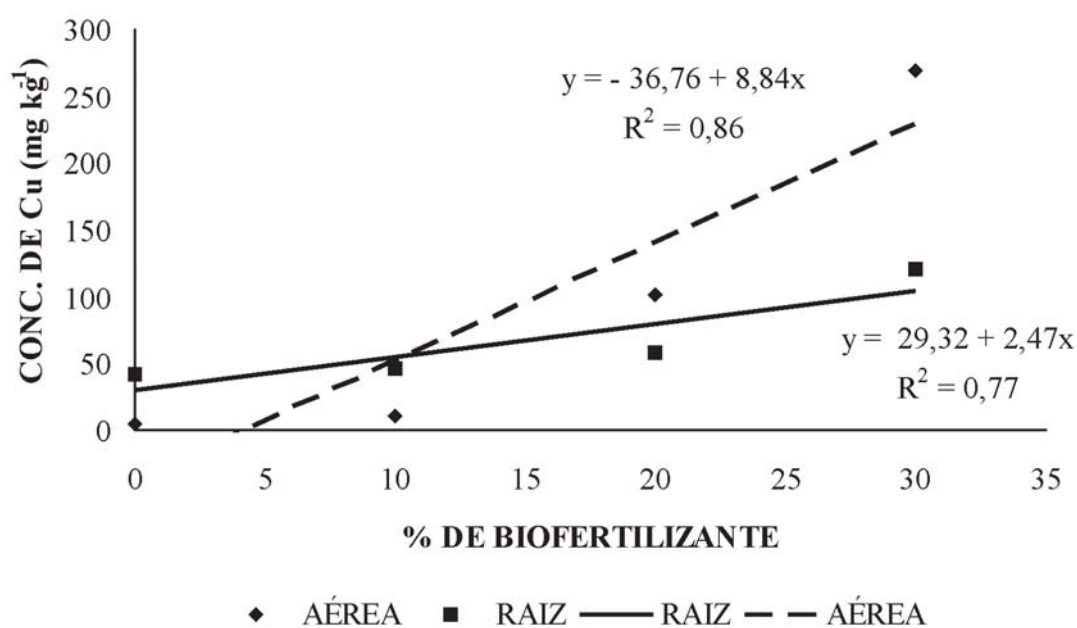
**Tabela 6** - Concentração média (mg kg<sup>-1</sup>) de metais Cu e Zn encontrados na matéria seca, partes aérea (A) e raiz (R) da macrófita, em função dos tratamentos.

Metais (mg kg <sup>-1</sup> )	Partes	Tratamento				CV (%)
		0	1	2	3	
Cu	A	3,8 <sup>aC</sup>	10,4 <sup>aC</sup>	100,8 <sup>aB</sup>	268,3 <sup>aA</sup>	24,30
	R	41,6 <sup>aB</sup>	45,7 <sup>aB</sup>	58,4 <sup>aB</sup>	119,6 <sup>bA</sup>	30,24
	CV (%)	23,35	27,26	32,54	28,89	
Zn	A	33,4 <sup>aB</sup>	86,3 <sup>bA</sup>	102,9 <sup>bA</sup>	81,3 <sup>bA</sup>	24,85
	R	59,5 <sup>aC</sup>	209,4 <sup>aB</sup>	233,8 <sup>aAB</sup>	312,5 <sup>aA</sup>	21,26
	CV (%)	23,25	23,32	25,36	24,95	

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas, nas colunas, e mesmas letras maiúsculas, nas linhas, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F.

Na Figura 1 e 2 estão apresentadas as concentrações de Cu e Zn encontrados no tecido da macrófita (parte aérea e raiz) em função dos diferentes níveis de diluições do biofertilizante suíno. Obteve-se um efeito linear, onde podemos observar que o ponto de maior absorção destes elementos pelas partes aérea e raiz da macrófita estão além do tratamen-

to que utilizou 30% de biofertilizante, ou seja, a macrófita aquática (*Eichornia crassipes*) pode possuir capacidade de absorver maiores quantidade destes elementos do que lhe foi fornecido no experimento. Como pode-se observar as maiores concentrações destes metais estão presentes nas raízes da macrófita.



**Figura 1** - Concentração de Cu encontrado na matéria seca (parte aérea e raiz) da macrófita em função dos diferentes tratamentos.

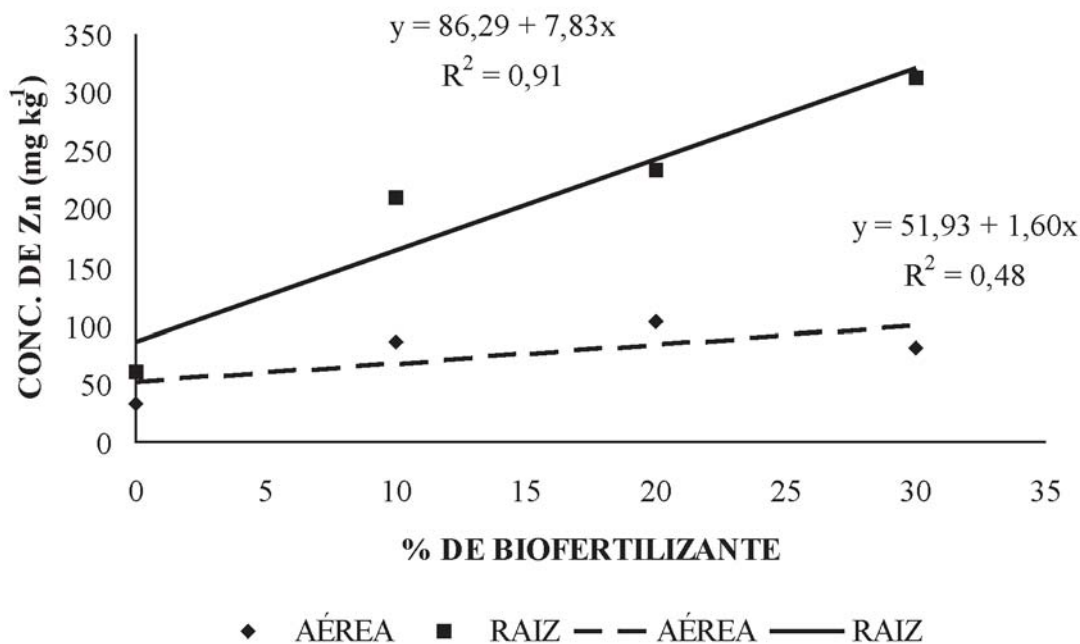


Figura 2 - Concentração de Zn encontrado na matéria seca (parte aérea e raiz) da macrófita em função dos diferentes tratamentos

#### 4. Conclusões

Com este trabalho conclui-se que a macrófita aquática (*Eichornia crassipes*), é eficiente na remoção dos metais pesados Cu e Zn de biofertilizante proveniente de dejetos suínos, sendo as maiores concentrações destes metais encontradas no sistema radicular do que na parte aérea da macrófita.

Portanto a macrófita aquática (*Eichornia crassipes*) pode ser utilizada como bioindicador e removedor dos metais Cu e Zn em sistemas de tratamentos de dejetos de origem suína.

#### REFERÊNCIAS

1. AOAC. Association of official analytical chemists. **Official methods of analysis**, vol.1, 15 ed., p.1117, 1990.
2. DIESEL, R.; MIRANDA, C.R.; PERDOMO C.C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. Porto Alegre: EMATER, 2002.
3. LIMA, G. J. M. M. **A Poluição Ambiental por Dejetos de Suínos e o Papel dos Técnicos e Nutricionistas**. EMBRAPA Suínos e Aves, 2002. Disponível em: <http://www.embrapasuinoeaves.br> Acesso em 20 mai. 2004.

4. MATNI, A. S. **As Macrófitas Aquáticas mais Frequentemente Encontradas nos Lagos Bolonha e Água Preta do Parque Ambiental de Belém**. Belém: Universidade Federal do Pará, 1996.
5. PERDOMO, C. C.; **Sugestões para o Manejo, Tratamento e Utilização de Dejetos Suínos**. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 1999.
6. SANTOS, A. L. dos; **Separação da fração sólida e líquida de biofertilizante suíno utilizando diferentes flocculantes**. Monografia de Graduação, UNIOESTE; Marechal Cândido Rondon, PR; 2004.
7. SCOLARI, T. M. G. **Sistema de Utilização e Tratamento de Dejetos Suínos**. EMBRAPA Suínos e Aves, 1997. Disponível em: <http://www.embrapasuinoeaves.br> Acesso em 20 mai. 2004.
8. SOOM, M. A. **Conversão do Lixo Urbano em Energia por Meio da Digestão Anaeróbia**. Department of Biological and Agricultural Engineering. Disponível em: <http://www.agriculturaurbana.org.br> Acesso em 22 jul. 2005.
9. Universidade Federal de Viçosa. **Manual de Utilização do Programa SAEG** (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas). Viçosa, 1999. 59p.
10. WOLVERTON, B. C. AND MCDONALD, R. **The water hyacinth from prolific pest to potential provider**. *Ambio*, v. 8, n. 1, p. 2-9, 1979.