

**PRODUÇÃO DE BIOMASSA E FITOEXTRAÇÃO DE CU E ZN PELO CAPIM-ELEFANTE CULTIVADO EM LODO DE ESGOTO PURO**

Anarely Costa Alvarenga¹, Paulo Henrique Silveira Cardoso², Marcos Antônio Neres Coutinho³, Agda Loureiro Gonçalves Oliveira⁴ & Reginaldo Arruda Sampaio⁵

1 - Engenheira Agrônoma, Mestranda em Produção Vegetal, UFMG/Montes Claros-MG, anarely.eng.agronoma@gmail.com

2 - Estudante de Engenharia Agrícola, UFMG/Montes Claros-MG, paulohenrique.sc@hotmail.com.

3 - Estudante de Engenharia Agrícola, UFMG/Montes Claros-MG, marcos_eafsal@hotmail.com

4 - Estudante de Engenharia Agrícola, UFMG/Montes Claros-MG, agdaloureiro@gmail.com

5 - Engenheiro Agrônomo, Professor Titular da UFMG/Montes Claros-MG, rsampaio@ica.ufmg.br

Palavras-chave:

biossólido
fertilizante orgânico
metais pesados

RESUMO

A presença de elevadas concentrações de Cu e Zn no lodo de esgoto pode limitar a sua utilização agrícola como fertilizante orgânico. Portanto, objetivou-se neste trabalho avaliar a produção de biomassa e fitoextração de Cu e Zn pelo capim-elefante cultivado em lodo de esgoto puro. O experimento foi realizado em casa de vegetação, no delineamento blocos casualizados. Os tratamentos corresponderam a cinco períodos de cultivo do capim-elefante em parcelas de lodo de esgoto puro (30, 60, 90, 120 e 150 dias), com cinco repetições. O capim-elefante demonstrou alta capacidade de desenvolvimento no lodo de esgoto puro, apesar das condições adversas enfrentadas, como aquecimento do resíduo e concentração elevada de Zn. No período de 120 dias, o capim-elefante cultivado em lodo de esgoto produziu 33,6 t há⁻¹ de massa seca de parte aérea. O aumento do tempo de cultivo proporcionou acréscimos na extração de Cu e Zn pela planta. No entanto, o capim-elefante apresentou uma baixa capacidade de fitoextração de Cu e Zn no lodo de esgoto, mesmo com cultivos mais longos.

Keywords:

biosolids
heavy metals
organic fertilizers

BIOMASS PRODUCTION AND PHYTOEXTRACTION OF CU AND ZN BY THE CAPIM ELEPHANT CULTIVATED IN RAW SEWAGE SLUDGE**ABSTRACT**

The presence of high concentrations of Cu and Zn in sewage sludge may limit its agricultural use as an organic fertilizer. The aim of this work was to evaluate the production of biomass and phytoextraction of Cu and Zn by elephant grass cultivated in raw sewage sludge. The experiment was carried out in a greenhouse using a randomized blocks design. The treatments corresponded to five periods of elephant grass cultivation in plots of raw sewage sludge (30, 60, 90, 120 and 150 days), with five replications. The elephant grass demonstrated high development capacity in the raw sewage sludge, despite the adverse conditions faced, such as heating of the residue and high concentration of Zn. In the 120-day period elephant grass cultivated in sewage sludge produced 33.6 t ha⁻¹ dry mass of the aerial part. The increase of the cultivation time provided increases in Cu and Zn extraction by the plant. However, the elephant grass presented a low phytoextraction capacity of Cu and Zn of the sewage sludge, even with longer cultivations.

INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto é um resíduo proveniente do tratamento das águas servidas. Sua utilização na adubação orgânica é promissora, pois esse resíduo é uma excelente fonte de matéria orgânica, macro e micronutrientes, destacando-se N, P, Zn e Cu. Dessa forma, com a utilização do lodo, há uma redução na necessidade do uso de fertilizantes minerais, o que é de grande importância econômica e ambiental.

No Brasil, a resolução Conama nº 375 define os critérios mínimos para que o lodo de esgoto possa ser utilizado na agricultura, como as concentrações mínimas de patógenos e metais pesados. O resíduo que não atende a esses critérios deve ser tratado antes de ser disposto nos solos (BRASIL, 2006).

De acordo a resolução mencionada anteriormente, o cálculo da quantidade do resíduo a ser aplicado ao solo deve ser baseado na quantidade de N recomendada para a cultura a ser implantada. Porém, o N é um nutriente de baixo efeito residual no solo, exigindo aplicações constantes para suprir a demanda das culturas. No entanto, aplicações sucessivas de lodo podem causar aumento dos teores de metais pesados no solo.

Além disso, em sistemas agrícolas tropicais ocorre uma rápida decomposição do lodo de esgoto, mineralizando rapidamente alguns compostos (NOGUEIRA *et al.*, 2013), sendo que a liberação de altas concentrações de metais pesados pode limitar a utilização do lodo na agricultura (SUCHKOVA *et al.*, 2014). Desta forma, torna-se necessário retirar ou reduzir a carga de contaminantes do lodo para um melhor aproveitamento dos benefícios oferecidos por esse resíduo (SOUZA *et al.*, 2014).

Neste caso, é imprescindível o desenvolvimento de técnicas de baixo custo e ambientalmente sustentáveis que promovam a retirada total ou parcial de metais pesados presentes no lodo de esgoto. Inerente a isso, Mench *et al.* (2009) caracterizam a fitorremediação como uma técnica promissora para a limpeza de ambientes contaminados, a qual utiliza espécies vegetais que tenha a capacidade de degradar, isolar ou imobilizar

poluentes do solo sem causar danos ao ambiente.

Diante do exposto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o potencial de produção de biomassa e fitoextração de Cu e Zn pelo capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Shum), cultivado em lodo de esgoto puro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, durante os meses de setembro de 2013 a fevereiro de 2014, na fazenda experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro, no Instituto de Ciências Agrárias (ICA/UFMG). O trabalho foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos, os quais corresponderam a cinco períodos de cultivo (30, 60, 90, 120 e 150 dias) de *Pennisetum purpureum* Schum. Grupo Merker em lodo de esgoto puro.

A cada 30 dias, um tratamento era desmontado para a mensuração da massa seca produzida pelo capim-elefante e também para quantificação dos teores de Cu e Zn presentes no lodo e no tecido vegetal.

As parcelas foram confeccionadas com as seguintes dimensões: 1,0m de comprimento x 1,0m de largura x 0,5m de altura, contendo 0,5m³ de lodo de esgoto (Figura 1). As parcelas experimentais foram revestidas lateralmente por uma lona transparente de polietileno 150 micras, para evitar perdas de água. O fundo da unidade experimental foi constituído pelo próprio solo da casa de vegetação.

O lodo de esgoto utilizado foi coletado na Estação de Tratamento de Montes Claros (ETE Vieira), no mês de setembro de 2013, o qual foi imediatamente utilizado. O resíduo utilizado passou por tratamento térmico a 350°C por meia hora, na própria estação de tratamento, saindo do processo com 6% de umidade, tendo formato de pequenos grânulos (≤ 4 mm). Apresentou a seguinte composição: matéria orgânica = 425g kg⁻¹; densidade de 0,57g cm⁻³; pH em água = 6,2; P₂O₅ (total) = 25,0g kg⁻¹; N (total) = 33,7g kg⁻¹; K₂O (total) = 2,9g kg⁻¹; Ca (total) = 75,0g kg⁻¹; Mg (total) = 26,0 g kg⁻¹; S = 10,1g kg⁻¹; Cu (total) = 157,0 mg kg⁻¹ e Zn (total) = 781,0 mg kg⁻¹ (TEDESCO *et al.*, 1995).

Logo após o preenchimento das parcelas com

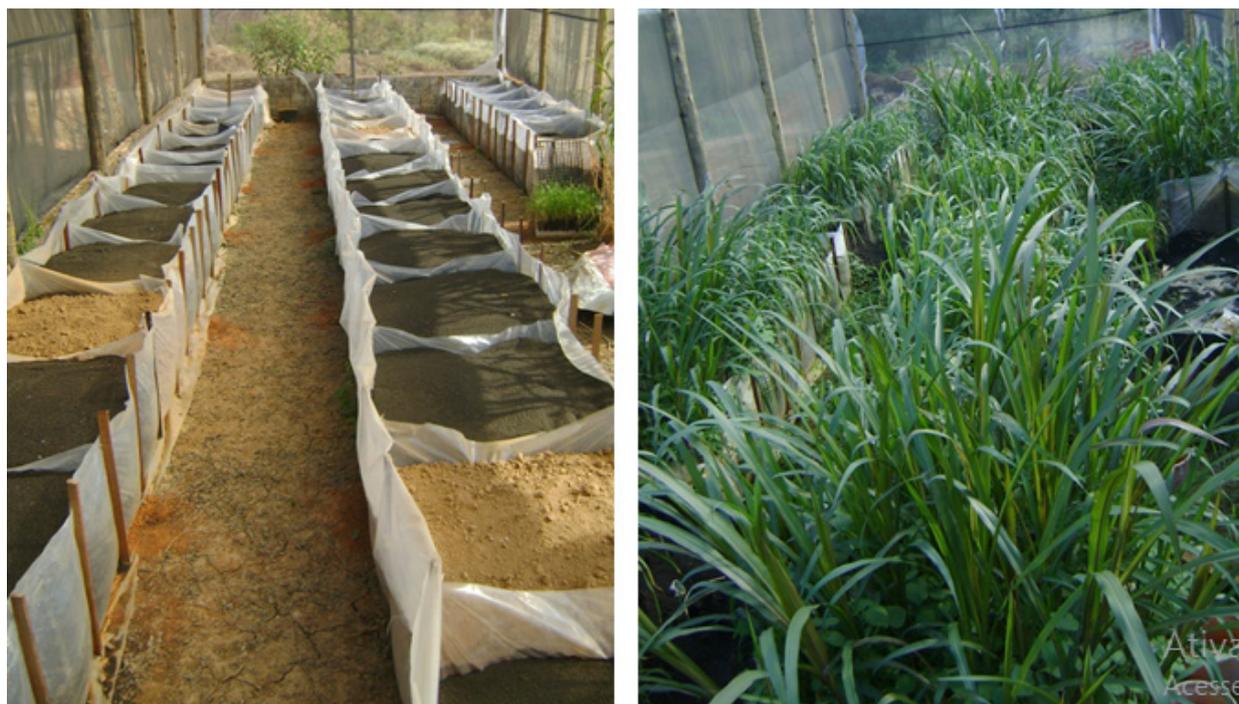


Figura 1. Unidades experimentais antes do plantio e após 60 dias de plantio das estacas de capim-elefante

lodo de esgoto, foi feito o plantio das estacas de capim-elefante que foram coletadas nos canteiros de forragem do ICA/UFGM. O plantio foi feito em uma profundidade de 10cm, com espaçamento de 20cm, totalizando 25 plantas por unidade experimental (Figura 2).



Figura 2. Unidade experimental com plantio de gemas de capim-elefante

A lâmina de água de irrigação foi aplicada diariamente de forma a manter a umidade do substrato próxima à capacidade de campo, em torno de 26,12% de umidade volumétrica, obtida em extrator de Richards a 0,1 bar (EMBRAPA, 1997).

A quantidade total de água aplicada correspondeu a 459mm, a qual foi estimada considerando-se o valor de coeficiente de cultura do capim-elefante de 0,85 (LOPES *et al.*, 2003), com aplicação de 3mm por dia. Diariamente, era feita a leitura da temperatura das parcelas de lodo de esgoto, utilizando termômetro digital.

Mensalmente, cinco unidades experimentais eram desmontadas, em cada parcela eram coletadas quatro plantas inteiras de capim-elefante, para determinação da massa seca produzida e teores de Cu e Zn nos tecidos vegetais. Também eram coletadas amostras de lodo de esgoto, ao longo do perfil de exploração das raízes, para avaliação dos teores remanescentes de Cu e Zn no resíduo.

As amostras de lodo foram secas a 65°C em estufa de circulação forçada de ar até peso constante. As plantas foram separadas em raiz, colmo e folha, e pesadas. Em seguida, foram submetidas a processo de higienização e colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C, até peso constante. Todas as amostras foram maceradas em almofariz de ágata até alcançarem tamanho menor que 0,5mm. Posteriormente, as amostras de lodo de esgoto e dos tecidos da planta foram preparadas, de acordo com a metodologia EPA3051 (EPA, 1994). A decomposição do material foi feita em aparelho Digestor de Microondas Mars 6 em tubo de teflon com 0,5 de material e 10ml de ácido nítrico P.A.

Para a mensuração dos teores de Cu e Zn, nos tecidos vegetais e no lodo de esgoto, foi utilizado o aparelho espectrofotômetro de absorção atômica Varian, modelo AA 240.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão, testando-se os coeficientes até 10% de significância pelo teste t. A escolha das equações se deu com base no maior coeficiente de determinação e na significância dos coeficientes da equação até 10% de probabilidade pelo teste t, bem como, pelo significado biológico do modelo matemático. Os testes foram realizados utilizando o programa estatístico SAEG (SAEG, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações iniciais de Cu e Zn no lodo de esgoto foram 157 e 781 mg kg⁻¹, respectivamente, e ficaram abaixo dos limites máximos de 1.500 mg kg⁻¹ para Cu e 2.800 mg kg⁻¹ para Zn, estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 375 (BRASIL, 2006). Isso indica que, do ponto de vista de metais pesados, o lodo de esgoto encontra-se apto para o uso agrícola. No entanto, em sistemas agrícolas tropicais ocorre uma rápida decomposição da matéria orgânica contida no lodo de esgoto, de forma que a utilização do resíduo como fertilizante orgânico requer aplicações periódicas (NOGUEIRA *et al.*, 2013), o que pode acarretar no acúmulo desses metais no solo.

Apesar da essencialidade do Cu e Zn para os seres vivos, em altas concentrações esses elementos passam a ter efeitos nocivos aos organismos. A

contaminação dos solos por Cu e Zn é uma grande preocupação agrícola e ambiental, pois possuem alta persistência e toxicidade (MACDONALD *et al.*, 2011). Diante deste fato, torna-se necessário diminuir ao máximo as concentrações dos metais Cu e Zn antes da adição do resíduo ao solo, de forma a permitir aplicações mais prolongadas do resíduo.

Durante os dois primeiros meses de cultivo, houve variação da temperatura no lodo de esgoto, seguindo o padrão observado nos processos de compostagem. O aquecimento das pilhas iniciou-se a partir do fornecimento de umidade ao sistema. Aos 15 dias, a temperatura alcançou em torno de 50 - 55°C, atingindo a fase termófila, permanecendo nessa fase por 14 dias. Apesar da elevação da temperatura do lodo, essa não causou alteração visual no desenvolvimento inicial da planta.

O comportamento apresentado pelos elementos Cu e Zn no lodo de esgoto cultivado foi semelhante (Figura 3). A elevada taxa de decomposição do resíduo nos períodos iniciais provocou aumento expressivo nas concentrações desses metais aos 60 dias. No referido período, a concentração de Cu aumentou em torno de 1,2 vezes, enquanto a de Zn aumentou 1,3 vezes em relação à concentração inicial no lodo de esgoto, chegando a 190,5 mg kg⁻¹ para o Cu e de 963,3 mg kg⁻¹ para o Zn. Todavia, aos 150 dias do plantio, a concentração de Cu atingiu 151,8 mg kg⁻¹, valor que correspondente a 1,2 vezes maior a concentração inicial, e a de Zn atingiu 767,0 mg kg⁻¹, redução de, aproximadamente, 2% do valor inicial.

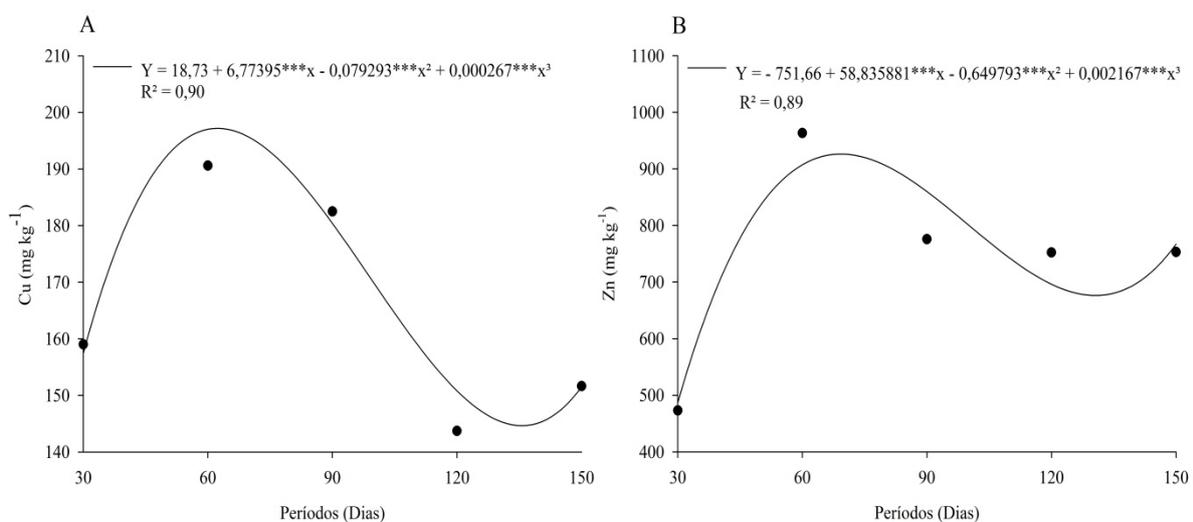


Figura 3. Concentração de Cu (A) e Zn (B) em lodo de esgoto em função do período de cultivo de capim-elefante. *** = Significativo a 0,001 de probabilidade pelo teste t.

Conforme relatado por Haroun *et al.* (2009), durante o processo de mineralização do lodo de esgoto, ocorre a elevação dos teores de metais pesados, sendo que o decréscimo nos teores desses elementos só é constatado quando ocorre o processo de lixiviação. No presente trabalho, foi feito um

cuidadoso controle das lâminas de irrigação, para que não houvesse liberação de excesso de choroume, minimizando perdas de elementos químicos por lixiviação. Todavia, algumas perdas podem ter ocorrido face ao contato do lodo de esgoto com a superfície do solo da casa de vegetação.

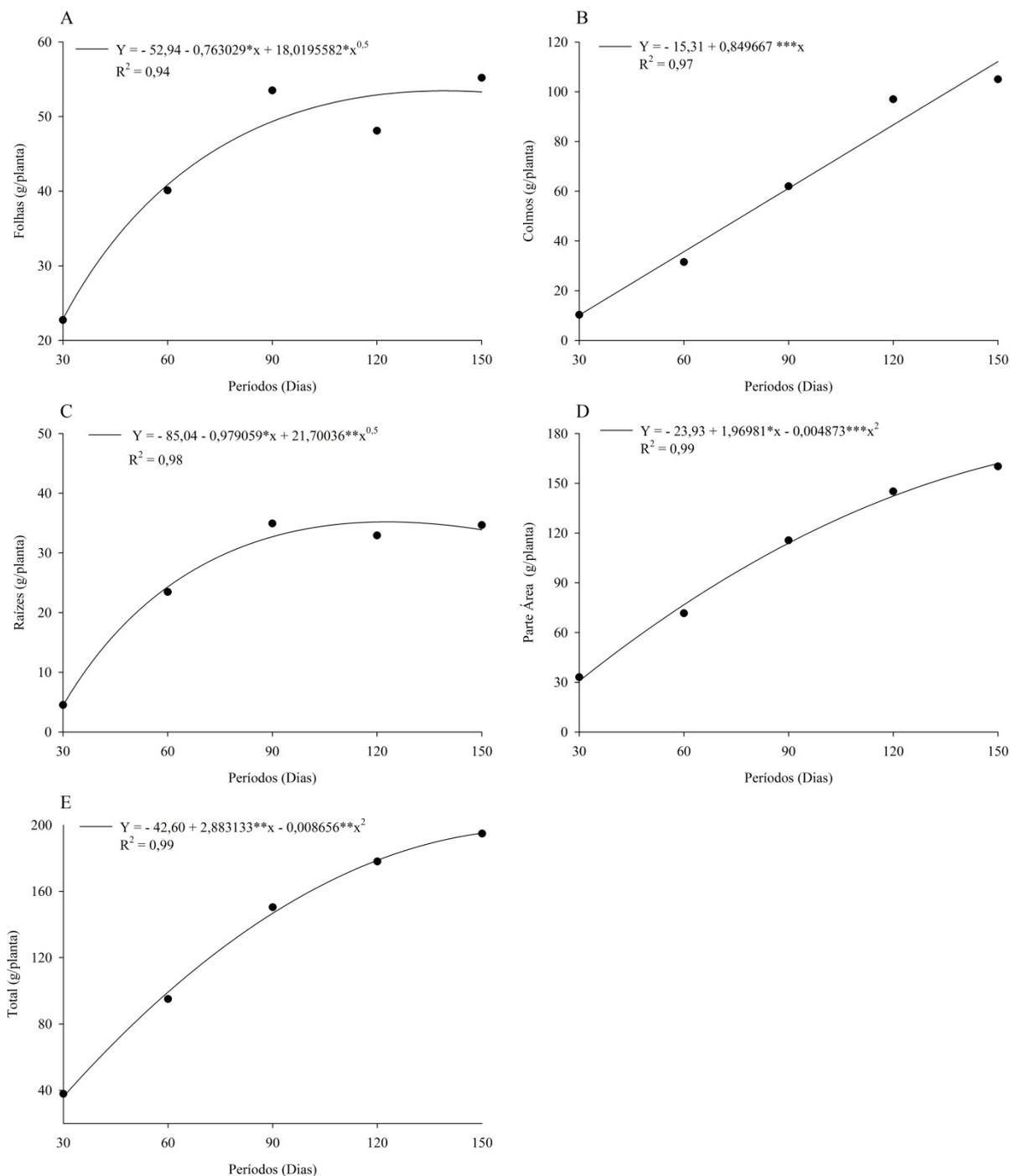


Figura 4. Produção de massa seca de folhas (A), colmos (B), raízes (C), parte aérea (D) e total (E) de *P. purpureum* cultivado em lodo de esgoto em diferentes períodos. *, **, *** = significativos a 0,05; 0,01 e 0,001 de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Aos 90 dias, o processo de decomposição do lodo de esgoto já se encontrava praticamente estável. Nesse período, as concentrações de Cu e Zn voltaram a decrescer (Figura 3), período esse de maior crescimento da planta e, conseqüentemente, maior absorção dos metais em estudo.

Durante os cinco períodos de cultivo, ganhos expressivos de biomassa total foram observados até os 150 dias do plantio (Figura 4). Todavia, as maiores taxas de crescimento ocorreram até os 120 dias, quando a produção de biomassa total atingiu 90% da produção máxima (Figura 4E). Os acréscimos na massa seca das raízes (Figura 4C) e folhas (Figura 4A) atingiram os valores máximos no período de 120 dias. O colmo, por outro lado, apresentou aumento linear de massa seca, com o maior valor atingido aos 150 dias de plantio (Figura 4B).

Visando a obtenção de um grande volume de biomassa de *P. purpureum* por área em um menor espaço de tempo, o cultivo em lodo esgoto poderia ser recomendado por 120 dias, pois a partir deste período há menor incremento da produção de massa seca total em função do tempo (Figura 4E). A biomassa obtida pode ser utilizada como material carbonáceo para compostagem do próprio lodo de esgoto, no qual foi cultivada, podendo ser feita na própria ETE, caso haja espaço físico suficiente.

Extrapolando os valores de massa seca da parte aérea do capim-elefante (Figura 4D), produzido para hectare, no referido espaço de tempo, o sistema de cultivo em lodo de esgoto proporcionaria uma produtividade 33,6 t ha⁻¹ massa seca de parte aérea. Segundo Basso *et al.* (2014), a produtividade média de *P. purpureum* plantado em solo é de 11,3 t ha⁻¹ massa seca de *P. purpureum*, aos 120 dias de cultivo. Esse aumento expressivo na produtividade do capim cultivado em lodo de esgoto puro, de quase 3 vezes, pode estar relacionado à elevada concentração de macro e micronutrientes presentes no lodo, principalmente o nitrogênio. A produção de massa seca pelo capim-elefante é influenciada pela dose de N utilizado (MOTA *et al.*, 2010).

As concentrações de Cu nas folhas (Figura 5A), colmos (Figura 5C) e raízes (Figura 6E) do capim-elefante cultivado em lodo de esgoto foram influenciadas pelos períodos de cultivo. Na fase inicial, a gramínea apresentou alta concentração

do metal, no entanto, o acelerado crescimento vegetativo neste período ocasionou a diluição do elemento na massa seca.

Durante todo período experimental não foram observados sintomas visuais no capim-elefante que indicassem intoxicação por Cu. Nas plantas, o efeito da fitotoxicidade de Cu é observado por meio de clorose, necrose, redução da fotossíntese e produção de biomassa (CAMBROLLÉ *et al.*, 2012).

De acordo com Kabata-Pendias (2011), a concentração de Cu na massa seca de uma planta é considerada excessiva ou tóxica a partir de 20 mg kg⁻¹, no entanto esses valores podem variar de acordo com a espécie e estágio vegetativo. Diante do exposto, considera-se que os níveis do elemento atingido nesta pesquisa não causaram nenhum problema de fitotoxidez na planta.

O aumento na produção de biomassa, ao longo do tempo, fez com que aumentasse de forma linear o conteúdo de Cu colmos (Figura 5D) e de forma não linear em folhas (Figura 5B). Esses resultados estão de acordo com o crescimento fenológico normal do capim-elefante, em condições de campo. Até os 60 dias, há o crescimento predominantemente de folhas, após o referido período, o caule passa a se desenvolver mais rapidamente, quando comparado às folhas no mesmo período de tempo.

Nas raízes após 60 dias de cultivo, houve decréscimo no conteúdo de Cu (Figura 5F). O conteúdo total de Cu no capim-elefante aos 150 dias de cultivo foi de 1,7 mg planta⁻¹, sendo 0,8 mg na folha; 0,01 mg no colmo e 0,9 mg na raiz. No entanto, as concentrações de Cu encontradas no presente trabalho estão muito abaixo do potencial de acumulação da gramínea. Liu *et al.* (2009) relataram que o capim-elefante é uma espécie promissora para o cultivo em solos contaminados com Cu, uma vez que tolera contaminações de Cu de até 1500 mg kg⁻¹, sem ocorrer decréscimo na produção de massa seca. No referido estudo, a planta concentrou 485,6 e 194,0 mg kg⁻¹ de Cu na parte aérea e raízes, respectivamente.

Em plantas de capim-elefante cultivadas em lodo de esgoto, ocorreram incrementos nas concentrações de Zn nas folhas (Figura 6A) e raízes (Figura 6E) ao longo do período de cultivo. Todavia, não houve alteração nas concentrações

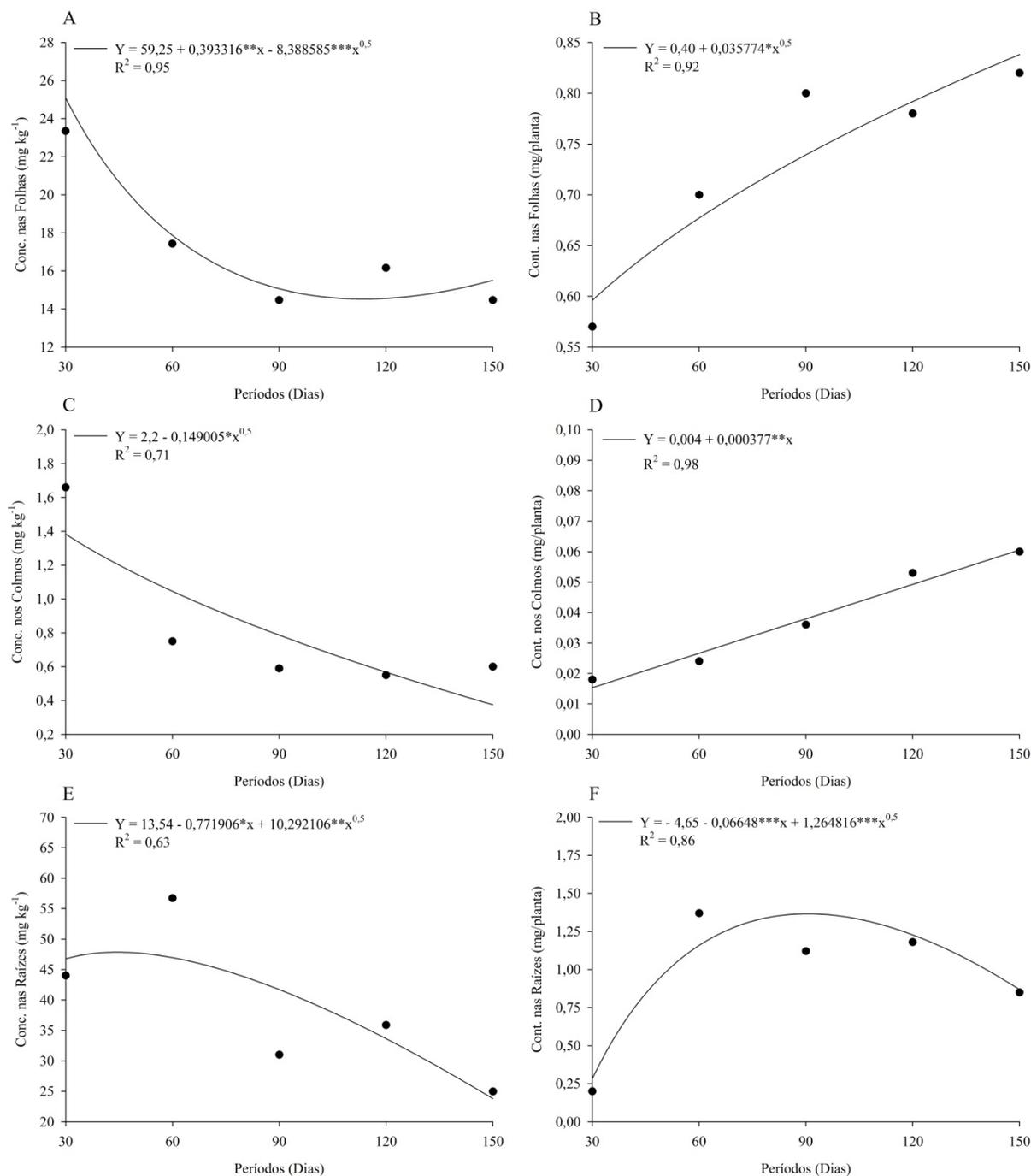


Figura 5. Concentração e conteúdo de Cu nos tecidos orgânicos do capim-elefante cultivado em lodo de esgoto em diferentes períodos. *, **, *** = Significativo a 0,05; 0,01 e 0,001 de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

desse metal no colmo da gramínea nos diferentes períodos experimentais, sendo a concentração média, em mg kg^{-1} , da ordem de $204,7 \pm 11,0$ (Figura 6C).

Apesar da moderada fitoextração de Zn, a espécie não pode ser enquadrada como uma espécie hiperacumuladora do referido elemento,

pois para apresentar essa característica as plantas devem acumular pelo menos 10000 mg kg^{-1} de Zn na biomassa (BAKER & BROOKS, 1989). No entanto, não é levado em consideração a produção de biomassa total e a elevada taxa de crescimento, que tornam o uso de espécies não hiperacumuladoras viáveis para projetos de descontaminação de áreas

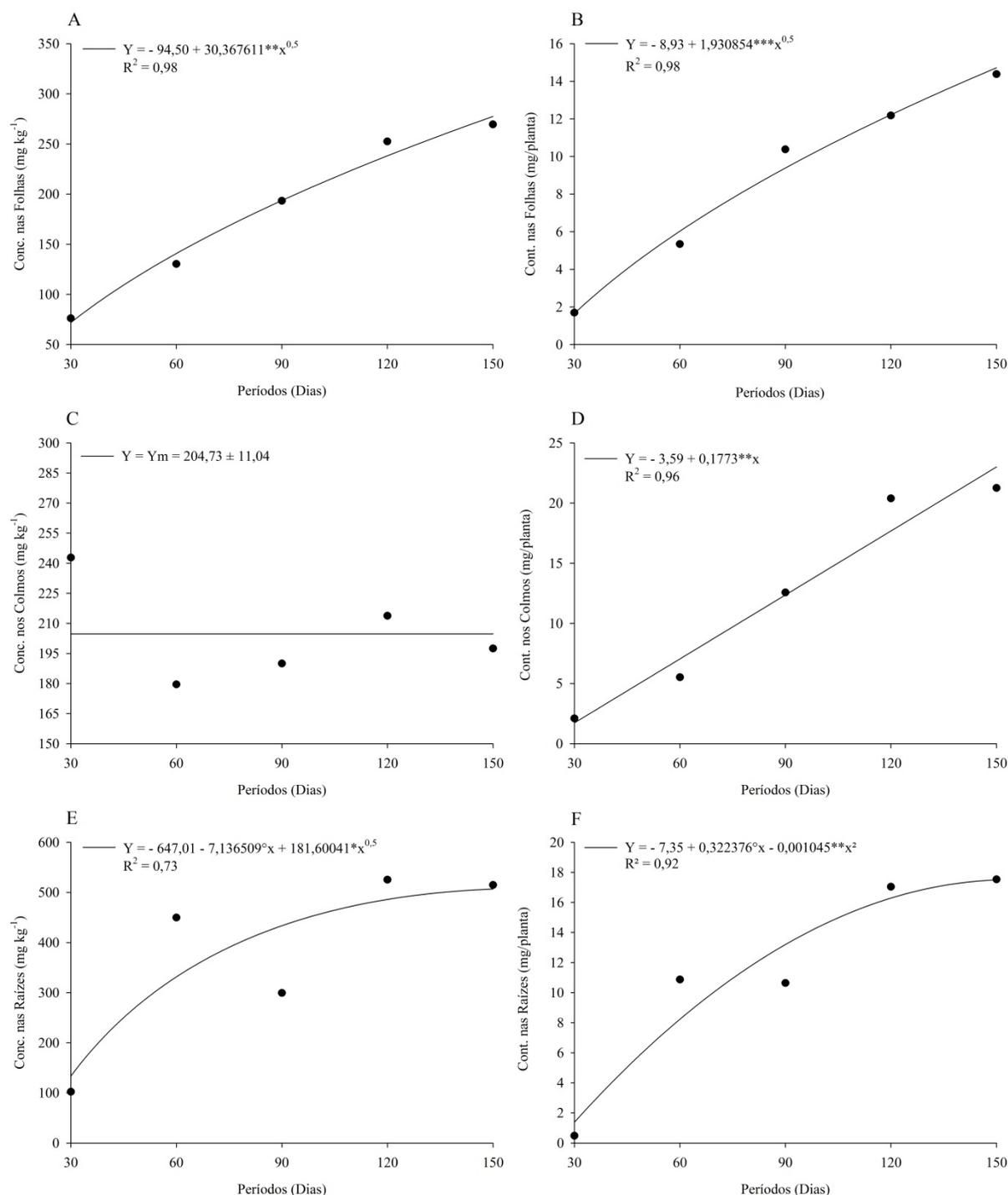


Figura 6. Concentração e conteúdo de Zn nos tecidos de capim-elefante cultivados em lodo de esgoto em diferentes períodos. °, *, **, *** = Significativos a 0,1; 0,05; 0,01 e 0,001 de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

(ALI *et al.*, 2013).

A alta produção de biomassa vegetal foi a responsável pelo aumento nos conteúdos de Zn em todos os tecidos da gramínea (Figura 6B, D e F). Pesquisa realizada por Zhang *et al.* (2010), cultivando capim-elefante por 100 dias em solo

contaminado com 600,0 mg kg⁻¹ de Zn, encontraram conteúdo desse elemento na parte aérea e em raízes, respectivamente, da ordem de 2,0 e 8,0 mg planta⁻¹. Estes valores são bem inferiores aos encontrados neste trabalho aos 150 dias de cultivo em lodo de esgoto, os quais apresentaram conteúdos totais de

Zn de 55,0 mg planta⁻¹, sendo 14,7 mg na folha; 23,0 mg no colmo e 17,5mg na raiz.

O conteúdo de Zn em uma planta é um importante indicativo da eficiência de fitoextração de uma determinada espécie. Quase todas as plantas hiperacumuladoras de Zn reportadas na literatura apresentam altas concentrações do elemento na massa seca, todavia, produz pouca biomassa, o que resulta em uma baixa absorção do metal por área (ZHANG *et al.*, 2010).

Pelo exposto, observa-se que, com o aumento do tempo de cultivo, maior é o conteúdo de Cu e Zn extraído pela planta, sendo que as menores concentrações de Cu e de Zn no lodo de esgoto foram verificadas a partir de 120 dias de cultivo do capim-elefante, o que indica ser esse o período mínimo para cultivo da planta.

CONCLUSÕES

- O capim-elefante demonstrou capacidade de desenvolvimento no lodo puro, apesar das condições adversas enfrentadas, como aquecimento do resíduo e concentração elevada de Zn.
- O sistema de cultivo de capim-elefante em lodo de esgoto puro é de grande relevância agrônômica, pois propicia uma elevada produção de biomassa vegetal em um curto período de tempo.
- O capim-elefante apresentou uma baixa capacidade de fitoextração de Cu e Zn do lodo de esgoto, mesmo com cultivos mais longos.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG e ao CNPq pelo apoio financeiro, à CAPES pela concessão de bolsas de estudo e à COPASA pela disponibilização do lodo de esgoto. À PRPq da UFMG pelo apoio na realização do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, H.; KHAN, E.; SAJAD, M.A. Phytoremediation of heavy metals - **Concepts and applications**. Chemosphere, v.91, p.869-881, 2013.

BAKER, A.J.M.; BROOKS, R.R. Terrestrial higher plants with hyper-accumulate metallic elements - A review of the distribution, ecology and phytochemistry. **Biocover**, v.1, p.81-126, 1989.

BASSO, V.; MACHADO, J.C.; LÉDO, F.J.S.; CARNEIRO, J.C.; FONTANA, R.C.; DILON, A.J.P.; CAMASSOLA, M., Different elephant grass (*Pennisetum purpureum*) accessions as substrates for enzyme production for the hydrolysis of lignocellulosic materials. **Biomass and Bioenergy**, v.71, p.155-161, 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução n. 375, de 29 de agosto de 2006**, Brasília, 2006. <http://www.fundagresorg.br/biossolido/images/downloads/res_conama37506>. 10 Mar. 2016.

CAMBROLLÉ, J.; MANCILLA-LEYTÓN, J.M.; MUÑOZ-VALLÉS, S.; LUQUE, T.; FIQUEROA, M.E. Tolerance and accumulation of copper in the salt-marsh shrub *Halimione portulacoides*. **Marine Pollution Bulletin**, v.64, p.721-728, 2012.

EMBRAPA - **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

EPA - Environmental Protection Agency. **Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils**. Method 3051, 1994. 14p. <http://cem.com/media/contenttype/media/literature/516_MetNote_DiscSPD_EPA_3051.pdf>. 14 Set. 2016.

HAROUN, M.; IDRIS, A.; OMAR, S. Analysis metal during composting of the tannery sludge using physicochemical and spectroscopic techniques. **Journal of Hazardous Materials**, v.165, p.111-119, 2009.

KABATA-PENDIAS, H. **Trace elements in Soils and Plants**, 4.ed. Boca Ratón, Florida: CRC Press, 2011. 534p.

LOPES, R.S.; FONSECA, D.M.; OLIVEIRA, R.A.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; ANDRADE, A.C.;

- STOCK, L. A.; MARTINS, C. E. Disponibilidade de matéria seca em pastagens de capim-elefante irrigadas. **Ciência Agrotecnológica**, v.27, p.1388-1394, 2003
- LIU, X.; SHEN, Y.; LOU, L.; DING, C.; CAI, Q. Copper tolerance of the biomass crops Elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumach), Vetiver grass (*Vetiveria zizanioides*) and the upland reed (*Phragmites australis*) in soil culture. **Biotechnology Advances**, v.27, p.633-640, 2009.
- MACDONALD, C.A.; CLARK, I.M.; ZHAO, F.L.; HIRSCH, P.R.; SINGH, B.K.; MCGRATH, S. P. Long-term impacts of zinc and copper enriched sewage sludge additions on bacterial, archaeal and fungal communities in arable and grassland soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v.43, p.932-941, 2011.
- MENCH, M.; SCHWITZGUEBEL, J.P.; SCHROEDER, P.; BERT V.; GAWRONSKI, V.; GUPTA, S. Assessment of successful experiments and limitations of phytotechnologies: contaminant uptake, detoxification and sequestration, and consequences for food safety. **Environmental Science Poluentes**, v.1, p.876-900, 2009.
- MOTA, V.J.G.; REIS, S.T.; SALES, E.C.J.; ROCHA JUNIOR, V.R.; OLIVEIRA, F.G.; WALKER, S.F.; MARTINS, C.E.; CÓSER, A.C., Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio em pastagem de capim-elefante no período seco do ano no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1191-1199, 2010.
- NOGUEIRA, T.A.R.; FRANCO, A.; HE, Z.; BRAGA, V.S.; FIRME, L.P.; ABREU-JUNIOR, C.H. Short-term usage of sewage sludge as organic fertilizer to sugarcane in a tropical soil bears little threat of heavy metal contamination. **Journal of Environmental Management**, v.114, p.168-177, 2013.
- SAEG. **SAEG: Sistema para análises estatísticas**, versão 9.1. Viçosa: UFV, 2007.
- SOUZA, L.C.F.; CANTERAS, F.B.; MOREIRA, S. Analyses of heavy metals in sewage and sludge from treatment plants in the cities of Campinas and Jaguariúna, using synchrotron radiation total reflection X-rayfluorescence. **Radiation Physics and Chemistry**, v.95, p. 342-345, 2014.
- SUCHKOVA, N.; TSIRIPIDIS, I.; ALIFRAGKIS, D.; GANOULIS, J.; DARAKAS, E.; SAWIDIS, T. H. Assessment of phytoremediation potential of native plants during the reclamation of an area affected by sewage sludge. **Ecological Engineering**, v.69, p.486-491, 2014.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos/ UFRGS, 174p. Boletim Técnico, 5, 1995.
- ZHANG, X.; XIA, H.; LI, Z.; ZHUANG, P.; GAO, B.O. Potential of four forage grasses in remediation of Cd and Zn contaminated soils. **Bioresource Technology**, v.101, p.2063-2066, 2010.