

## TEORES DE MICRONUTRIENTES NAS FOLHAS DE MILHO FERTILIZADAS COM LODO DE CURTUME

### CONTENTS OF MICRONUTRIENTS IN THE LEAVES OF CORN FERTILIZED WITH TANNING MUD

Jácomo Divino BORGES<sup>1</sup>; Rosana Gonçalves BARROS<sup>1</sup>; Eli Regina Barboza de SOUZA<sup>1</sup>; Juarez Patrício de OLIVEIRA JÚNIOR<sup>1</sup>; Wilson Mozena LEANDRO<sup>1</sup>; Itamar Pereira de OLIVEIRA<sup>2</sup>; Maurízia de Fátima CARNEIRO<sup>3</sup>; Ronaldo Veloso NAVES<sup>1</sup>; Peter Ernst SONNENBERG<sup>1</sup>

1. Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás. [rosanagbarros@hotmail.com](mailto:rosanagbarros@hotmail.com); 2. Embrapa - Arroz e Feijão; 3. AgenciaRural.

**RESUMO:** A presente pesquisa foi conduzida em vasos em casa de vegetação na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA-Arroz e Feijão, no município de Santo Antônio de Goiás, GO, nas coordenadas 16°27' de latitude S e 49°17' de longitude W Gr., e 823 m de altitude. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições, sendo estes: testemunha, doses de 113,1 ml.vaso<sup>-1</sup> de lodo de curtume (36 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>)-Lodo36; 226,2 ml.vaso<sup>-1</sup> de lodo de curtume (72 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>)-Lodo72; 452,4 ml.vaso<sup>-1</sup> de lodo de curtume (144 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>)-Lodo144; 904,8 ml. vaso<sup>-1</sup> de lodo de curtume (288 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>)-Lodo288; 1,256 g.vaso<sup>-1</sup> do formulado (NPK) 04-30-16 + Zn (400 kg.ha<sup>-1</sup>)-Químico, e 1,256 g.vaso<sup>-1</sup> de (NPK) 04-30-16 + Zn (400 kg.ha<sup>-1</sup>) + 452,4 ml.vaso<sup>-1</sup> de lodo de curtume (144 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>)-Lodo 144 + Químico. As análises químicas do solo (substrato) foram realizadas nas camadas de 0-20 cm e de 20-40 cm. Foi quantificada a fitomassa verde da parte aérea, e os teores de cobre, ferro, manganês e zinco. Nas folhas das plantas de milho, o cobre, em todos os tratamentos com lodo de curtume e com adubação química, manteve seus teores próximos dos teores da testemunha. O teor de ferro do tratamento Químico foi maior e significativamente diferente dos teores dos demais tratamentos. O comportamento do manganês, nos diferentes tratamentos, não seguiu um padrão definido, tendo sido constatado maior teor deste elemento no tratamento Lodo72, que diferiu estatisticamente dos demais. Com relação ao elemento zinco, o maior teor encontrado nas folhas foi no tratamento Lodo144 + Químico, que diferiu estatisticamente dos demais tratamentos analisados. Nos tratamentos onde foi aplicado somente o lodo de curtume, a produção de fitomassa verde das plantas de milho tendeu a ser crescente com as doses do lodo. A adubação química associada ao lodo de curtume (Lodo144 + Químico) proporcionou a maior produção de fitomassa verde de plantas de milho.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduo industrial. *Zea mays*. Nutrição de plantas.

### INTRODUÇÃO

O constante aumento na geração de resíduos gerados no meio ambiente, particularmente nos cursos d'água, na atmosfera ou no solo, tem sido proporcional ao crescimento e ao desenvolvimento das populações urbanas. Esses vêm se transformando em um dos maiores problemas ambientais da atualidade. Em oposição às comodidades da sociedade moderna, os problemas causados por estes resíduos constituem uma série ameaça para a qualidade de vida (OLIVEIRA, 1995; SILVA, 1995).

No mercado brasileiro, várias empresas atuam na área de recuperação de resíduos industriais, evitando a contaminação do meio e oferecendo a seus parceiros (empresas, técnicos, pesquisadores, agricultores, pecuaristas), produtos para nova utilização. No setor agropecuário, tais produtos podem agregar valores e melhorar a

produtividade das culturas e forragens (BARROS et al., 2003).

O uso de resíduos industriais na agricultura, como fonte de nutrientes para as plantas cultivadas, tem resultado em maior incremento destas, em economia de fertilizantes químicos e na recuperação físico-química do solo (FOLLE et al., 1995, MILLER et al., 1995, SILVA, 1995).

Normalmente, estes resíduos contêm nutrientes e matéria orgânica, podendo ser usados em áreas de cultivo, onde podem proporcionar a correção da acidez do complexo coloidal e condicionar as propriedades físicas do solo. No entanto, esses resíduos podem trazer consigo diferentes teores de metais tóxicos, como cádmio, cálcio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, ferro, manganês, molibdênio, níquel, zinco, e compostos orgânicos persistentes no ambiente e patogênicos, que podem entrar, gradualmente, e acumular na

cadeia trófica animal, pois podem ser como outros macronutrientes e micronutrientes, absorvidos pelas plantas, das quais muitas espécies animais se alimentam (TIBAU, 1983; MALAVOLTA, 1994; MCGRATH et al., 1995; OLIVEIRA, 1995; SILVA, 1995).

BORGES (2003), estudando os efeitos do lodo de curtume e de seus componentes fertilizantes no desenvolvimento, na produção de fitomassa verde, de fitomassa seca e de grãos em plantas de milho (*Zea mays* L.), cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo, verificou que a associação lodo de curtume e adubação química, nas doses aplicadas, proporcionou resultados favoráveis para a produção da cultura do milho, em todas as características analisadas, sugerindo que esta forma de uso do lodo de curtume é viável, podendo substituir, em parte, as doses do adubo químico.

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar a translocação de elementos químicos adicionados ao substrato de cultivo pela incorporação do lodo de curtume, em diferentes doses, com particular interesse pelos teores de micronutrientes acumulados nas folhas de plantas jovens de milho (*Z. mays*), híbrido BR 205.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação instalada na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, unidade Arroz e Feijão (Embrapa-Arroz e Feijão), no município de Santo Antônio de Goiás, GO, nas coordenadas 16°27' de latitude S e 49°17' de longitude W Gr., e 823 m de altitude.

O cultivo desenvolveu-se em vasos, constituídos por tubos de PVC com um metro de altura e 200 mm de diâmetro, espaçados 0,70 m entre linhas e entre vasos na linha. Estes foram fixados em suporte de madeira para evitar sua queda em decorrência de possíveis acidentes, durante as avaliações. Internamente, os tubos foram revestidos com sacos plásticos transparentes com 0,20 mm de espessura, para evitar a drenagem e a conseqüente exportação de nutrientes para o meio externo.

Os vasos foram preenchidos com substrato constituído por Latossolo Vermelho-Escuro retirado na área interna de formação vegetacional natural do Cerrado na Fazenda Capivara (Embrapa-Arroz e Feijão). Foi aberto um perfil até a profundidade de um metro, considerando-se as camadas de 20 cm em 20 cm. Nos vasos, este material foi colocado em camadas, na mesma seqüência de posição em que

as camadas do substrato foram retiradas no ambiente natural. Para as análises físico-químicas, as amostras de solo foram retiradas nas camadas de 0-20 cm e de 20-40 cm.

Foi determinada, em cada camada, a umidade do substrato antes do mesmo ter sido colocado nos tubos, para que a mesma pudesse ser mantida constante durante a condução do experimento, ou seja, a reposição de água no substrato dos vasos somente seria realizada para repor as perdas provocadas pelos processos de por evaporação e de evapotranspiração.

Foram considerados sete tratamentos, assim identificados: 1) Testemunha; 2) 113,1 ml.vaso<sup>-1</sup> de lodo de curtume (36 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) - Lodo36; 3) 226,2 ml.vaso<sup>-1</sup> de lodo de curtume (72 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) - Lodo72; 4) 452,4 ml.vaso<sup>-1</sup> de lodo de curtume (144 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) - Lodo144; 5) 288 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de lodo de curtume (904,8 ml. vaso<sup>-1</sup>) - Lodo288; 6) 1,256 g.vaso<sup>-1</sup> do formulado (NPK) 04-30-16 + Zn (400 kg.ha<sup>-1</sup>) - Químico; 7) 1,256 g.vaso<sup>-1</sup> de (NPK) 04-30-16 + Zn (400 kg.ha<sup>-1</sup>) + 452,4 ml.vaso<sup>-1</sup> de lodo de curtume (144 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) - Lodo144 + Químico.

A calagem, nos tratamentos Químico e Lodo144 + Químico, foi realizada aos 30 dias antes da semeadura, em 20 de agosto de 2003, tendo sido usado calcário dolomítico, na dose de 16,90 g vaso<sup>-1</sup>, correspondendo a 5,38 Mg.ha<sup>-1</sup>. Nos demais tratamentos não houve adição de calcário no substrato.

O lodo de curtume usado nesta pesquisa foi obtido na empresa Fuga Couros Ltda., estabelecida no município de Hidrolândia, GO, após ter sido tratado na Estação de Tratamento de Efluentes da empresa. Este resíduo, nas respectivas doses estabelecidas, foi adicionado ao substrato dos vasos aos 20 dias antes da semeadura. As principais características do lodo de curtume, resultante das análises laboratoriais realizadas no Solocria Laboratório Agropecuário Ltda., em Goiânia, GO, constam da Tabela 1.

A semeadura consistiu da colocação de duas sementes de milho (*Zea mays* L.), híbrido BR 205, por vaso, objetivando garantir a manutenção final de uma planta por vaso, tendo sido eliminada a planta excedente, aos sete dias após a emergência (DAE). A adubação química, nos tratamentos Químico e Lodo144 + Químico, foi adicionada simultaneamente com a semeadura, misturando-se o adubo na camada de 0 a 20 cm, abaixo e ao lado das sementes, em 19 de setembro de 2003. O formulado NPK 04-30-16 + Zn, ao ser analisado, apresentou 5,1% de N, 29,2% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 26,2% de K<sub>2</sub>O (solúvel) e 0,28% de Zn.

Os tratos fitossanitários foram realizados quando necessários e a adubação de cobertura foi adicionada aos 30 DAE, usando-se 40 kg.ha<sup>-1</sup> (0,13 g.vaso<sup>-1</sup>) de uréia agrícola, com 44,8% de N, em

todos os tratamentos, exceto no tratamento testemunha.

**Tabela 1.** Características e teores médios dos elementos químicos do solo e do lodo de curtimento de couro, coletado e analisado após ser tratado em Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), resultante do beneficiamento de couro bovino na empresa Fuga Couros Ltda., no município de Hidrolândia, GO, 2003

Parâmetro	Profundidade (cm)	Análise do solo <sup>(1)</sup>		Análise do lodo <sup>(2)</sup>	
		Unidade	Resultado <sup>(3)</sup>	Unidade	Resultado
pH (CaCl <sub>2</sub> )	0-20	-	4,525	-	8,0
	20-40	-	4,750	-	
M.O.	0-20	(mmolc.dm <sup>-3</sup> )	11,500	(g.dm <sup>-3</sup> )	200,0
	20-40	(mmolc.dm <sup>-3</sup> )	9,500	-	
Cobre	0-20	(mg.dm <sup>-3</sup> )	2,750	(mg.dm <sup>-3</sup> )	0,4
	20-40	(mg.dm <sup>-3</sup> )	2,750	-	
Ferro	0-20	(mg.dm <sup>-3</sup> )	98,750	(mg.dm <sup>-3</sup> )	5,3
	20-40	(mg.dm <sup>-3</sup> )	59,500	-	
Manganês	0-20	(mg.dm <sup>-3</sup> )	25,500	(mg.dm <sup>-3</sup> )	8,4
	20-40	(mg.dm <sup>-3</sup> )	21,250	-	
Zinco	0-20	(mg.dm <sup>-3</sup> )	0,800	(mg.dm <sup>-3</sup> )	2,5
	20-40	(mg.dm <sup>-3</sup> )	0,350	-	

(1) Análises realizadas no Laboratório de Análises de Solo da Embrapa-Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. (2) Análises realizadas no Solocria Laboratório Agropecuário Ltda., Goiânia, GO. (3) Média de quatro repetições.

A fitomassa verde da parte aérea das plantas de milho foi obtida aos 50 DAE, tendo estas sido cortadas à altura do colo, e pesadas individualmente logo em seguida, em balança de precisão, com escala em gramas. Após esta operação, foram selecionadas folhas das plantas de cada tratamento, separadas por repetição em sacos de papel e transportadas para o laboratório, para secagem em estufa a 70 °C e posteriores análises químicas de seus elementos.

As análises químicas do solo foram realizadas no Laboratório de Análises de Solo da Embrapa-Arroz e Feijão, tendo sido consideradas as amostras coletadas nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm. As análises foliares foram realizadas no Solocria Laboratório Agropecuário Ltda., em Goiânia, GO.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições.

O valor do pH e os teores de matéria orgânica do solo, e os teores de cobre, ferro, manganês e zinco do solo e do lodo de curtume, resultantes das análises laboratoriais, constam da Tabela 1.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores médios dos micronutrientes analisados nas folhas e o peso médio da fitomassa da parte aérea das plantas de milho estão apresentados na Tabela 2.

O cobre, em todos os tratamentos com lodo de curtume e com adubação química, manteve seus teores próximos dos teores da testemunha, não diferindo estatisticamente do teor obtido nesta (Tabela 2).

**Tabela 2.** Teores médios dos micronutrientes cobre, ferro, manganês e zinco analisados nas folhas e peso médio da fitomassa verde da parte aérea de plantas de milho (*Zea mays* L.) tratadas com diferentes doses de lodo de curtume e cultivadas em vasos, em condições de casa de vegetação. Santo Antônio de Goiás, GO, 2003

Tratamentos	mg.kg <sup>-1</sup> (1)				Fitomassa da parte aérea (g) (2)	
	Cu	Fe	Mn	Zn		
Testemunha	8,500 a	308,750 e	382,500 f	25,500 bc	36,17	e
Lodo36	8,750 a	292,250 f	579,250 d	23,500 bc	55,91	e
Lodo72	7,750 a	336,500 d	830,250 a	28,500 b	129,24	d
Lodo144	8,000 a	313,500 e	727,500 b	27,500 bc	183,30	cd
Lodo288	8,000 a	393,500 c	572,750 de	23,000 c	266,27	ab
Químico	8,000 a	450,000 a	565,000 e	28,250 bc	213,95	bc
Lodo144+Químico	8,750 a	425,250 b	666,000 c	38,000 a	274,57	a
C.V. (%)	8,22	1,35	0,98	8,09	14,90	

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não são significativamente diferentes entre si, ao nível de 5%, pelo teste Tukey. (1) e (2) Médias de quatro repetições.

O teor de ferro do tratamento Químico foi maior e significativamente diferente dos teores analisados nos demais tratamentos, evidenciando sua baixa disponibilidade para as plantas de milho na presença de outros elementos adicionados ao solo pelo lodo de curtume. Esta ocorrência está de acordo com MALAVOLTA et al. (1997), que citaram que a absorção do ferro é influenciada por outros cátions, como potássio, cálcio e magnésio, podendo o cobre, o zinco e o manganês induzirem deficiências deste elemento, presumivelmente, por inibição competitiva. Resultados similares foram obtidos por BORGES (2003), confirmando os dados obtidos nesta pesquisa.

O comportamento do manganês, nas folhas das plantas de milho, nos diferentes tratamentos, não seguiu um padrão definido, tendo sido constatado maior teor deste elemento no tratamento Lodo72, que diferiu estatisticamente dos demais (Tabela 2).

Com relação ao elemento zinco, o maior teor encontrado nas folhas das plantas de milho foi no tratamento Lodo144 + Químico, que diferiu estatisticamente dos demais tratamentos analisados, contudo este valor não chegou a ultrapassar o valor médio de zinco total normalmente encontrado nos solos, que é de 54 mg.kg<sup>-1</sup> (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 1984).

De acordo com MALAVOLTA et al. (1989), os valores normais de ocorrência de cobre e zinco variam de 6 mg.kg<sup>-1</sup> a 20 mg.kg<sup>-1</sup> e de 15 mg.kg<sup>-1</sup> a 50 mg.kg<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo que os teores encontrados neste trabalho estão dentro dos limites citados anteriormente.

Os teores de ferro e manganês, encontrados neste trabalho, estão acima dos recomendados por MALAVOLTA et al. (1989), de 50 mg.kg<sup>-1</sup> a 250

mg.kg<sup>-1</sup> e de 50 mg.kg<sup>-1</sup> a 150 mg.kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Considerando os elementos analisados, verifica-se que a adição de lodo de curtume ao solo foi benéfica, acrescentando ao mesmo os micronutrientes cobre, ferro, manganês e zinco, sendo que a concentração destes nas folhas das plantas de milho não atingiu níveis indesejáveis.

Nos tratamentos onde foi aplicado somente o lodo de curtume como fonte de nutrientes, a produção de fitomassa verde da parte aérea das plantas de milho tendeu a ser crescente com as doses do lodo. Estes resultados corroboram com os obtidos por BORGES (2003).

O valor médio da fitomassa verde obtida no tratamento com adubação química foi estatisticamente semelhante ao dos tratamentos Lodo144 e Lodo288 que possuem as maiores doses do lodo de curtume. A adubação química associada ao lodo de curtume (tratamento Lodo144 + Químico) proporcionou a maior produção de fitomassa verde de plantas de milho, sendo este o melhor dos tratamentos para esta variável.

## CONCLUSÕES

1. Os teores de micronutrientes encontrados nas folhas das plantas de milho adubadas com lodo de curtume mostraram-se satisfatórios, podendo este resíduo industrial, por apresentar estas características, ser recomendado para uso agrônomico;
2. O uso do lodo de curtume adicionado em substrato cultivado com plantas de milho mostrou ser uma boa fonte de nutrientes para o desenvolvimento das plantas, conforme pôde ser constatado na produção de fitomassa verde da parte aérea destas.

**ABSTRACT:** This investigation aimed to study the accumulation of micronutrients in the leaves of corn plants fertilized with tanning mud. Therefor an experiment in pot culture was conducted in a greenhouse of the Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Arroz e Feijão) located at 16°27' latitude S, 49°17' longitude W Gr. And 823 m above sea level, in the county of Santo Antônio de Goiás, GO. The experimental design was completely randomized in four replications and the following treatments: Control, tanning mud at 113.1 ml pot<sup>-1</sup> (36 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) = Mud-36; tanning mud at 226.2 ml pot<sup>-1</sup> (72 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) = Mud-72; tanning mud at 452.4 ml pot<sup>-1</sup> (144 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) = Mud-144; tanning mud at 904.8 ml pot<sup>-1</sup> (288 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) = Mud-288; mineral fertilizer at 1.256 g pot<sup>-1</sup> of NPK 04-30-16 plus Zn (400 kg ha<sup>-1</sup>) = Chemical; and Mud-144 plus Chemical. The chemical soil analysis was accomplished in two layers, 0-20 cm and 20-40 cm. Further were analyzes the contents of copper, iron, manganese and zinc in the green matter. There was no significant difference in copper content among treatments. The treatment Chemical showed significantly higher content in iron than all others. Mud-72 was significantly superior to all other treatments in manganese content. The highest content of zinc was found in treatment Mud-144 plus Chemical, superior to all others. The yield of green matter tended to grow with increasing levels of tanning mud but the highest yield was found in treatment Mud-144 plus Chemical.

**KEYWORDS:** Industrial refuse. *Zea mays*. Plant nutrition.

## REFERÊNCIAS

- BARROS, R.G.; VERA, R.; SANTANA, J. G.; MORAIS, N.R.; LEANDRO, W.M. Compartimentação de metais em plantas de milho adubado com resíduos industriais em solo de cerrado de Goiânia-GO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCS, 2003. [CD-ROM].
- BORGES, J. D. **Efeitos do lodo de curtume nas culturas do milho (*Zea mays* L.) e do capim braquiarião [*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rick) Sapf.] cultivar Marandu em latossolo vermelho-amarelo.** 2003. 244 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.
- FOLLE, F.; SHUFORD, J. W.; TAYLOR, R. W.; MEHADI, A. A.; TADESSE, W. Effect of sludge treatment, heavy metals, phosphate rate, and pH on soil phosphorus. **Commun. Soil. Sci. Plant. Anal.** v. 26, n. 9-10, p. 1369-1381, 1995.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants.** Boca Raton: CRC Press, Inc., 1984. 315 p.
- MALAVOLTA, E. **Fertilizante e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados – mitos, mistificação e fatos.** Piracicaba: Produquímica, 1994. 153 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: Potafós, 1989. 201 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.
- MCGRATH, S. P.; CHAUDRI, A. M.; GILLER, K. E. Long-term effects of metals in sewage sludge on soils, microorganisms and plants. **Journal of Industrial Microbiology.** v. 14, p. 94-104, 1995.
- MILLER, R. W.; AL-KHZRAJI, M. L.; SISSON, D. R. Alfafa growth and absorption of cadmium and zinc from soils amended with sewage sludge. **Agriculture, Ecosystems and Enviroment.** v. 53, p. 179-184, 1995.
- OLIVEIRA, F. C. **Metais pesados e formas nitrogenadas em solos tratados com lodo de esgoto.** 1995. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

Teores de micronutrientes...

BORGES, J. D. et al.

SILVA, F. C. **Uso agronômico de lodo de esgoto: efeitos em fertilidade do solo e qualidade da cana de açúcar.** 1995. 170 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

TIBAU, A. O. **Matéria orgânica e fertilidade do solo.** São Paulo: Nobel, 1983. 220 p.