



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

ANÁLISE NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DE MILHO DECORRENTES DA APLICAÇÃO DE LODO DE ESGOTO DOMÉSTICO¹

Giovanni de Oliveira Garcia², Morgana Scaramussa Gonçalves³, Heitor Rodrigues
Ribeiro⁴, Afonso Zucoloto Venturin⁵, Marjorie de Freitas Spadetto⁶

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a produção e a nutrição em plantas de milho decorrente da aplicação de lodo de esgoto doméstico provenientes da estação de esgoto doméstico do Município de Jerônimo Monteiro foi montado um experimento no delineamento inteiramente casualizados com três tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos constituíram na adubação mineral, utilização de lodo de esgoto equivalente a dose de nitrogênio recomendada para a cultura e aplicação de lodo de esgoto com complementação da adubação mineral. Ao final do experimento as sementes produzidas foram pesadas enquanto que a análise nutricional foi feita na fase de floração e os resultados obtidos mostraram que a aplicação de lodo de esgoto doméstico aumentou o peso de sementes por vaso e os teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, manganês, cobre e boro e cobre nas plantas de milho. Por outro lado os demais nutrientes avaliados não sofreram alterações significativas.

Palavras - chave: biossólidos; adubação; *Zea mays*.

ABSTRACT

In order to evaluate the yield and nutrition in maize plants due to application of sewage sludge from the sewage station in the city of Jeronimo Monteiro was mounted an experiment in completely randomized design with three treatments and five replications. The treatments in mineral fertilizers, use of sewage sludge equivalent to nitrogen recommended for the cultivation and application of sewage sludge with total mineral fertilizer. At the end of the experiment the seeds were weighed while the nutritional analysis was done at flowering and the results showed that application of sewage sludge increased the weight of seeds per pot and foliar concentrations of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, zinc, manganese, copper and boron and copper in maize. On the other hand the others nutrients did not change significantly.

Keywords: biosolids; composting; *Zea mays*.

Trabalho recebido em 16/12/2010 e aceito para publicação em 11/07/2011

¹ Trabalho desenvolvido no Programa Institucional de Iniciação Científica da Universidade Federal do Espírito Santo e com apoio do CNPq

² Engenheiro Agrônomo, D.S., Prof. do Depto. de Engenharia Rural, CCAUFES, Alegre, ES, giovanni@cca.ufes.br

³ Acadêmica de agronomia, Depto. de Engenharia Rural, CCAUFES, Alegre, ES, morganascg@hotmail.com

⁴ Acadêmico de agronomia, Depto. de Engenharia Rural, CCAUFES, Alegre, ES, heitor_pancas@hotmail.com

⁵ Acadêmico de agronomia, Depto. de Engenharia Rural, CCAUFES, Alegre, ES, afonsozv@hotmail.com

⁶ Acadêmica de agronomia, Depto. de Engenharia Rural, CCAUFES, Alegre, ES, marjorie_vni@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

Nas estações de tratamento de efluentes é gerado o biossólido, também chamado de lodo de esgoto, rico em matéria orgânica e apresenta em sua composição alguns nutrientes de interesse agrônomico. Por outro lado também existe a presença de poluentes como metais pesados, patógenos e compostos químicos persistentes são fatores que podem provocar impactos ambientais negativos (PIRES, 2006).

Desde 1927, esse resíduo orgânico vem sendo usado como fertilizante nos Estados Unidos (MELO e MARQUES, 2000), porém no Brasil está ainda não é uma técnica muito utilizada, devido a falta de conhecimento e diretrizes técnicas que auxiliam sua utilização fundamentada em leis que garanta uma disposição segura.

O lodo de esgoto apresenta propriedades semelhantes a outros resíduos orgânicos de origem animal. Por questão de segurança sanitária, não se recomenda o uso desse material na horticultura e para os cultivos com produtos consumidos crus e que tenham contato direto com o resíduo, sendo indicado para culturas perenes e anuais como milho, trigo, cana-de-açúcar e sorgo (SANEPAR, 1997).

Em regiões de clima tropical predominam solos intemperizados, com baixa concentração de matéria orgânica e

nutrientes (BRADY, 1989). Nesse sentido, a utilização agrícola do lodo de esgoto pode vir a apresentar benefícios sociais pela disposição final menos impactante do resíduo no ambiente e agrônomicos tais como a elevação do pH do solo (SILVA *et al.*, 2001), redução da acidez potencial (BERTON *et al.*, 1989) e aumento na disponibilidade de macronutrientes (DAROS *et al.*, 1993; BERTON *et al.*, 1997).

Pesquisas correlacionando a aplicação de lodo de esgoto têm mostrado aumentos na produção de matéria seca e grãos por espécies de interesse agrônomico (BERTON *et al.*, 1997). Em alguns casos, os aumentos são equiparáveis ou superiores aos obtidos com a adubação mineral recomendada para a cultura (SILVA *et al.*, 2001). Nesse contexto, o lodo de esgoto tem sido estudado como fertilizante na produção de várias culturas, dentre elas o milho com resultados positivos (PEREIRA *et al.*, 1997; SILVA *et al.*, 2002).

BISCAIA & MIRANDA (1996) avaliaram a importância da adição de lodo para o incremento potencial produtivo do solo e a nutrição das plantas, permitindo a elevação da produtividade. Do mesmo modo, SIMONETE *et al.* (2003) avaliando o efeito da aplicação de lodo de esgoto na nutrição mineral em plantas de milho verificaram o aumento do acúmulo de

macronutrientes com a aplicação do resíduo.

Diante do exposto teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação de lodo de esgoto na nutrição mineral e produtividade do milho em um Latossolo Vermelho álico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em vasos com capacidade de 15 litros, no período de agosto de 2009 a junho de 2010 na área experimental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do

Espírito Santo com coordenadas geográficas de 20° 45' S, 41° 29' W e altitude de 150 m.

Os dados climáticos (Tabela 1) foram coletados numa estação meteorológica, localizada próxima ao experimento. De posse dos dados climáticos foi estabelecido um manejo de irrigação onde a evapotranspiração da cultura foi corrigidos pontualmente, em cada vaso, por meio do balanço de água do solo com base numa frequência de irrigação de três dias.

Tabela 1 - Médias das variáveis climáticas dos dados climáticos durante o período experimental.

Variável climática	Valores
Temperatura média (°C)	27,40
Umidade relativa média (%)	71,50
Pressão Atmosférica (mPa)	997,9
Melocidade média do vento (m s ⁻¹)	1,44
Radiação solar média (KJm ²)	987,4
Precipitação total acumulada (mm)	391,22

O solo utilizado no preenchimento dos vasos foi retirado do perfil natural de um Latossolo Vermelho álico onde após coletado foi seco ao ar, destorroado e passado em peneiras de 2 mm. Do montante do material de solo foi retirado

uma amostra a qual foi encaminhada para laboratório para determinação de análise de rotina (Tabela 2) conforme metodologia proposta pela EMBRAPA (2009).

Tabela 2 – Valores das características químicas do solo utilizado para o preenchimento dos vasos no experimento com o lodo de esgoto

Características	Valor
pH	5,7
Fósforo (mg dm ⁻³)	7
Potássio (mg dm ⁻³)	35
Cálcio (cmmolc dm ⁻³)	1,8
Magnésio (cmmolc dm ⁻³)	0,9
Sódio (mg dm ⁻³)	32
Alumínio (cmmolc dm ⁻³)	0
H+AL (cmmolc dm ⁻³)	2
CTC total (cmmolc dm ⁻³)	4,9
CTC efetiva (cmmolc dm ⁻³)	2,9
Saturação por bases (%)	59,4
Relação cálcio/magnésio	2
Relação cálcio/potássio	20,1
Relação magnésio/potássio	10
Soma de bases (cmmolc dm ⁻³)	2,9

O lodo de esgoto utilizado no experimento foi proveniente da estação de tratamento de esgoto de Pacotuba. Parte do material foi retirada e encaminhado ao laboratório para caracterização química (Tabela 3) conforme estabelecido pela EMBRAPA (2009).

A cultivar de milho indicadora utilizada no experimento foi o PL 6880, sendo o plantio feito manualmente, nos vasos com quatro sementes por vaso. Aos 15 dias após o plantio foi feito o desbaste, permanecendo uma planta por vaso. Os demais tratos culturais foram feitos manualmente ao longo do ciclo da cultura.

O delineamento experimental utilizado no experimento foi o inteiramente casualizado com 3 tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos constituíram na adubação nitrogenada a partir da adubação mineral de plantio com sulfato de amônio (testemunha), adubação de plantio com lodo de esgoto e adubação mineral de plantio com sulfato de amônio acrescido com lodo de esgoto. A adubação nitrogenada de cobertura seguiu as mesmas diretrizes da feita no momento do plantio e os demais nutrientes exigidos pela cultura no momento do plantio e cobertura foram corrigidos igualmente em todos os tratamentos. A determinação da dose de

lodo de esgoto a ser aplicada correspondente ao tratamento com lodo de esgoto foi obtida em função da concentração de nitrogênio presente no

lodo (Tabela 3) e a requerida pela cultura no Estado do Espírito Santo conforma descrito por PREZOTTI, *et al.* (2007).

Tabela 3 - Valores médios das características químicas do lodo de esgoto utilizado no experimento

Características	Valor
pH	6,1
Nitrogênio (dag kg ⁻¹)	1,1
Fósforo (dag kg ⁻¹)	0,4
Potássio (dag kg ⁻¹)	0,1
Cálcio (dag kg ⁻¹)	0,8
Magnésio (dag kg ⁻¹)	0,3
Enxofre (dag kg ⁻¹)	0,6
Carbono (dag kg ⁻¹)	8,0
Matéria orgânica (dag kg ⁻¹)	13,0
Zinco (mg kg ⁻¹)	465,3
Ferro (mg kg ⁻¹)	413,0
Manganês (mg kg ⁻¹)	118,5
Cobre (mg kg ⁻¹)	73,3
Boro (mg kg ⁻¹)	3,0

Para avaliar os efeito da aplicação do lodo de esgoto na nutrição mineral do cultivar de milho PL 6880, na fase do ciclo fenológico correspondente a floração, foram coletadas folhas localizadas abaixo da inserção da espiga de cada unidade experimental e encaminhadas ao laboratório para determinação dos teores de macro e micronutrientes conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (2009). Os dados obtidos foram analisados por meio de análise de variância e para comparar a testemunha com os demais tratamentos foi utilizado o teste de Tukey, adotando-se um nível de 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de lodo de esgoto afetou significativamente a concentração foliar dos macro e micronutrientes nas plantas de milho. Na Tabela 4 encontra-se o resultado do teste de comparação de médias para cada característica avaliada em função dos tratamentos aplicados.

Tabela 4 – Valores médios¹ dos macro e micronutrientes foliares e peso de sementes por vaso obtidos durante a floração para cada tratamento aplicado

Características	Tratamentos		
	Adubação Mineral	Adubação Mineral + Lodo de Esgoto	Lodo de Esgoto
Nitrogênio (dag Kg ⁻¹)	1,82 B	2,77 A	2,80 A
Fósforo (dag Kg ⁻¹)	0,19 B	0,26 A	0,27 A
Potássio (dag Kg ⁻¹)	1,30 B	1,77 A	1,84 A
Cálcio (dag Kg ⁻¹)	0,20 B	0,31 A	0,31 A
Magnésio (dag Kg ⁻¹)	0,17 B	0,28 A	0,29 A
Enxofre (mg Kg ⁻¹)	0,16 B	0,20 A	0,20 A
Zinco (mg Kg ⁻¹)	43,80 B	47,60 A	48,20 A
Ferro (mg Kg ⁻¹)	348,80 A	345,80 A	329,80 A
Manganês (mg Kg ⁻¹)	110,20 B	122,60 A	118,8 A
Cobre (mg Kg ⁻¹)	5,20 B	6,00 A	7,00 A
Boro (mg Kg ⁻¹)	19,38 B	23,56 A	21,00 A
Peso de sementes por vaso (g)	38,70 C	61,99 A	52,15 B

¹ Médias seguidas da mesma letra em linha, não diferem entre si a 5% de significância.

A aplicação de lodo de esgoto proporcionou maiores valores dos em todos os nutrientes avaliados, exceto o ferro (Tabela 4). Segundo os limites de interpretação de teores foliares de macro e micronutrientes considerados adequados para a cultura do milho (Coelho *et al.*, 2002), observa-se que os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre e boro, encontram-se dentro dos padrões considerados adequados para a cultura quando submetidos aos tratamentos com lodo de esgoto em comparação ao tratamento com adubação mineral.

Analisando os teores de manganês e zinco (Tabela 4), verifica-se que a aplicação de lodo de esgoto proporcionou maiores valores quando comparado com a adubação mineral. No entanto, os teores foliares destes micronutrientes são considerados adequados independentemente do tratamento aplicado.

A adubação mineral não proporcionou efeito significativo nos teores foliares acumulado pelo milho até estágio da floração (exceto para o ferro, manganês e zinco), sugerindo que os nutrientes adicionados via lodo de esgoto

foram suficientes para atender à exigência nutricional da cultura.

Resultado semelhante foi observado por NASCIMENTO *et al.* (2004) para absorção de nitrogênio por plantas de milho cultivadas em solos tratados com lodo de esgoto. Do mesmo modo, SIMONETTE *et al.* (2003) verificaram que os tores foliares de nitrogênio, enxofre, fósforo, potássio, cálcio e magnésio em plantas de milho aumentaram com a aplicação de lodo de esgoto.

JARAUSCH-WEHRHEIM *et al.* (2001) avaliando a distribuição e o acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e ferro em plantas de milho (*Zea mays* L.) decorrentes da aplicação de lodo de esgoto após dois anos em um solo de textura arenosa, verificaram que a aplicação do resíduo não influenciou na distribuição dos nutrientes nas diferentes partes das plantas, mas refletiu em níveis foliares mais adequados quando comparados com a fertilização mineral.

MARTINS *et al.* (2003) observaram que a adição de doses crescentes de lodo de esgoto aplicados de forma única e parcelada em 2, 3 e 4 anos aumentou significativamente as concentrações de zinco nas folhas. Por outro lado as nas concentrações de ferro e manganês diminuíram, enquanto que a concentração de cobre não sofreu alterações. Segundo os

autores, a absorção do zinco, ferro e manganês pelo milho foi significativamente reduzida pela adição de calcário no lodo de esgoto.

MARTINS DOS ANJOS & MATTIAZZO (2000) observaram que o aumento dos teores de cobre e zinco em plantas de milho foi decorrente da disponibilidade desses metais adicionados via biossólido.

A aplicação de lodo de esgoto aumentou o peso de sementes por vaso das plantas de milho (Tabela 4) confirmando os resultados de diversos autores para grãos (HIGGINS,1984; RAPPAPORT *et al.*, 1988; MARTINS *et al.*, 2003). O aumento na produção de grãos para os tratamentos com lodo de esgoto em relação à testemunha (adubação mineral) podem estar relacionados com o fornecimento de nutrientes às plantas, como o nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, cobre, zinco, ferro e manganês, todos presentes no lodo de esgoto (Tabela 3).em quantidades que permitiram atingir esse resultado. Do mesmo modo, os resultados positivos no incremento da produção também está relacionado ao possível efeito do lodo nas propriedades físicas do solo.

4. CONCLUSÕES

- O lodo de esgoto doméstico proveniente da ETE de Jerônimo Monteiro apresenta reais possibilidades de uso agrícola, contanto que seja respeitada a dose adequada ao tipo de solo além das diretrizes técnicas fundamentadas nas exigências nutricionais da cultura instalada, e;
- A aplicação de lodo de esgoto doméstico aumentou o peso de sementes por vaso e os teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, manganês, cobre e boro e cobre nas plantas de milho.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CNPq pela concessão das bolsas de iniciação científica.

6. REFERÊNCIAS

- BERTON, R. S.; CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 13, p. 187-192, 1989.
- BERTON, R. S.; VALADARES, J. M. A. S.; CAMARGO, O. A.; BATAGLIA, O. C. Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO₃ na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 685-691, 1997.
- BRADY, N. C. **Natureza e propriedades do solo**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878 p.
- BISCAIA, R. C. M.; MIRANDA, G. M. Uso de lodo de esgoto calado na produção de milho. **Sanare**, Foz do Iguaçu, v.5, p.86-89, 1996.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; EXEL PITA, G. V.; ALVES, V. M. C. **Cultivo do Milho** Diagnose Foliar do Estado Nutricional da Planta. Comunicado Técnico: Embrapa 2002.
- DA ROS, C. O.; AITA, C.; CERETTA, C. A.; FRIES, M. R. Lodo de esgoto: Efeito imediato no milheto e residual na associação aveia-ervilhaca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.17, p.257-261, 1993.
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.
- HIGGINS, A. J. Land application of sewage sludge with regard to cropping systems and pollution potencial. **Journal Environment Quality**, Amsterdam, v.13, p.441-448, 1984.
- JARAUSCH-WEHRHEIM, B.; MOCQUOT B.; MENCH, M. Effect of long-term sewage sludge application on the distribution of nutrients in maize (*Zea mays* L.). **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.24, n.9, p.1347-1365, 2001
- MELO, W. J.; MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W. & CAMARGO, O. A., eds. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.109-141.

- MARTINS, A. L. C.; BATAGLIA, O. C.; CAMARGO, O. A. & CANTARELLA, H. Produção de grãos e absorção de Cu, Fe, Mn e Zn pelo milho em solo adubado com lodo de esgoto, com e sem calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.563-574, 2003.
- MARTINS DOS ANJOS, A. R.; MATTIAZZO, M. E. Metais pesados em plantas de milho cultivadas em latossolos repetidamente tratados com biossólido. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.769-776, 2000
- NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, D. A. S; MELO E. E. C.; OLIVEIRA, A. B.; Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.385-392, 2004
- PEREIRA JR, A. B.; VALIM, M. C. A.; SOUZA, J. L.; GONÇALVES, R. F. **Utilização de lodo gerado em processo anaeróbio tipo tanque Imhoff como insumo agrícola para a cultura do milho (*Zea mays* L.)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., Foz do Iguaçu, 1997. **Anais**. Foz do Iguaçu, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997. 398p.
- PIRES, M. M. A. **Uso agrícola do lodo de esgoto: aspectos legais**. Jaguariúna, 2006. Disponível em: <www.agencia.cnptia.embrapa.br>. Acesso em 19 de abril de 2009.
- PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo - 5ª Aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.
- RAPPAPORT, B.D.; MARTINS, D.C.; RENEAU JUNIOR, R.B. & SIMPSON, T.W. Metal availability in sludge-amended soils with elevated metal levels. **Journal Environment Quality**, Amsterdam, 17:42- 47, 1988.
- SANEPAR. **Manual técnico para utilização agrícola do lodo de esgoto no Paraná**. Curitiba, 1997. 96p.
- SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLIH.B.; PEXE, C. A.; BERNARDES, E. M. Efeito do lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, p. 831-840, 2001.
- SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. & SHARMA, R.D. **Alternativa agrônômica para o biossólido produzido no Distrito Federal. Efeito na produção de milho e na adição de metais pesados em Latossolo no Cerrado**. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.487-495, 2002.
- SIMONETE, M.A., KIEHL, J.C., ANDRADE, C.A., TEXEIRA, C.F.A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.10, p.1187-1195, 2003.