

## USO DE BIOSSÓLIDO E O ACÚMULO DE CÁLCIO, MAGNÉSIO E POTÁSSIO EM PLANTAS DE MILHO

**Walas Permanhane Sturião<sup>1</sup>, Victor Maurício da Silva<sup>1</sup>, Aline Azevedo Nazário<sup>1</sup>, Gabriel Pinto Guimarães<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Mestrando em Produção Vegetal, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo – CCA-UFES. Alto Universitário, Cx. P. 16, CEP: 29500-000, Alegre, ES. [agro\\_es@hotmail.com](mailto:agro_es@hotmail.com).

**Resumo-** O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de doses e granulometrias de bioossólido sobre o acúmulo de cálcio, magnésio e potássio na fase de desenvolvimento inicial do milho, em solos com teores variáveis de argila. O experimento foi montado em DBC, num esquema fatorial 2x4x3, com três repetições. Os fatores foram: dois tipos de solos, quatro dosagens de bioossólido e três granulometrias do lodo. Nos solos utilizados, a menor granulometria (G1) se sobressaiu em relação as demais para o acúmulo de Ca, Mg e K. O solo de textura média (1) apresentou melhores resultados de acúmulo, no período avaliado. O uso de bioossólido é uma fonte viável de carbono e outros nutrientes ao solo para cultivo do milho.

**Palavras-chave:** Lodo de esgoto, *Zea mays*.

**Área do Conhecimento:** Ciências Agrárias: Agronomia

### Introdução

Do tratamento do esgoto resulta a produção do lodo de esgoto, que é um resíduo que necessita de uma adequada disposição final para não causar problemas ambientais. O lodo de esgoto quando tratado e processado recebe o nome de bioossólido.

Entre as diversas alternativas existentes para a disposição do bioossólido, a sua utilização para fins agrícolas, apresenta-se como uma das mais convenientes, por ser rico em nutrientes e possuir alto teor de matéria orgânica. É amplamente recomendada sua aplicação como fertilizante e condicionador de solo (BARBOSA, 2006).

O lodo de esgoto tem apresentado bons resultados como fertilizante para diversas culturas, dentre elas soja, trigo milho, feijão (NASCIMENTO et al. 2004), entre outras, sendo portanto, um fertilizante potencial em diversas condições de solo e clima.

A cultura do milho é vastamente cultivada no Brasil, com grandes possibilidades de absorver grande parte do bioossólido produzido no país. Entretanto ainda são necessárias informações para fornecer bases seguras à normatização, manejo, fiscalização e controle da aplicação do lodo de esgoto de origem urbana na agricultura.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de doses e granulometrias de bioossólido sobre o acúmulo de cálcio, magnésio e potássio na fase de desenvolvimento inicial do milho, em solos com teores variáveis de argila.

### Metodologia

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo com coordenadas geográficas de 20° 45' S, 41° 29' W e altitude de 150m.

O bioossólido utilizado no ensaio foi coletado na Estação de Tratamento de Esgoto de Pacotuba, em Cachoeiro de Itapemirim/ES, pertencente à Foz do Brasil. Após passar por tratamento prévio com cal virgem, o material foi seco, destorroado e submetido a digestões sulfúricas para determinação de N; nitroperclórica, para determinação dos elementos P, K, Ca, Mg, Na, Zn, Cu, Mn, Fe e Pb (MALAVOLTA et al., 1989), e combustão em mufla, para determinação do conteúdo de matéria orgânica (KIEHL, 1985) (Tabela 1).

O experimento foi montado em delineamento em blocos casualizados num esquema fatorial 2x4x3 com três repetições. Sendo dois tipos de solos, quatro dosagens e três granulometrias do bioossólido.

Utilizou-se dois latossolos de texturas diferentes, um de textura média (solo 1) e outro argiloso (solo 2), que foram coletados, secos ao ar e a sombra, destorroados e tamisados em peneiras de 2mm. Amostras foram retiradas para caracterização física e química (TABELA 2), de acordo com Embrapa (1997).

Tabela 1- Caracterização química do bio sólido utilizado no experimento.

Características	Valor
Ph	6,1
Nitrogênio (dag kg <sup>-1</sup> )	1,1
Fósforo (dag kg <sup>-1</sup> )	0,4
Potássio (dag kg <sup>-1</sup> )	0,1
Cálcio (dag kg <sup>-1</sup> )	0,8
Magnésio (dag kg <sup>-1</sup> )	0,3
Enxofre (dag kg <sup>-1</sup> )	0,6
Carbono (dag kg <sup>-1</sup> )	8,0
Matéria orgânica (dag kg <sup>-1</sup> )	13,0
Zinco (mg kg <sup>-1</sup> )	465,3
Ferro (mg kg <sup>-1</sup> )	14130,0
Manganês (mg kg <sup>-1</sup> )	118,5
Cobre (mg kg <sup>-1</sup> )	73,3
Boro (mg kg <sup>-1</sup> )	3,0

Tabela 2- Características físico-químicas dos solos utilizados como substrato juntamente com o bio sólido.

Características	Solo 1	Solo 2
pH	5,6	5,3
Fósforo (mg dm <sup>-3</sup> )	3,0	3,0
Potássio (mg dm <sup>-3</sup> )	43,0	69,0
Cálcio (cmolc dm <sup>-3</sup> )	1,0	1,2
Magnésio (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,7	0,8
Sódio (mg dm <sup>-3</sup> )	3,0	-
Alumínio (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,0	0,1
H+AL (cmolc dm <sup>-3</sup> )	3,7	4,5
CTC potencial (cmolc dm <sup>-3</sup> )	5,5	6,7
CTC efetiva (cmolc dm <sup>-3</sup> )	1,8	2,3
Saturação por bases (%)	33,0	32,7
Relação cálcio/magnésio	1,4	1,5
Relação cálcio/potássio	9,1	6,78
Relação magnésio/potássio	6,3	4,52
Soma de bases (cmolc dm <sup>-3</sup> )	1,8	2,18
Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	1,18	0,99
Densid. de partículas (g cm <sup>-3</sup> )	2,7	2,6
Areia (g Kg <sup>-1</sup> )	610,6	302,56
Silte (g Kg <sup>-1</sup> )	54,47	63,40
Argila (g Kg <sup>-1</sup> )	335,22	634,04

A **Dose 1**: dosagem de bio sólido equivalente a dose de nitrogênio recomendada de acordo com Embrapa (1997), (20g bio sólido /vaso, mais complementação com P e K), **Dose 2**: dosagem de bio sólido equivalente a duas vezes a dose de nitrogênio recomendada (40g bio sólido

/vaso, mais complementação de P e K), **Dose 3**: dose de bio sólido equivalente a três vezes a dose de nitrogênio recomendada (60g bio sólido /vaso, mais complementação de P e K), **Dose 4**: dose de bio sólido equivalente a quatro vezes a dose de nitrogênio recomendada (80g bio sólido /vaso, mais complementação de P e K), o que corresponde a 40, 80, 120, 160 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Para a adubação fosfatada a fonte utilizada foi KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, já a adubação potássica não suprida pela fonte KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, utilizou-se Cloreto de potássio (KCl).

As granulometrias do lodo consistiram-se em diâmetros de 0,153-0,5mm (G1); 0,5-1,0mm (G2) e 1,0-2,0mm (G3), para obtenção destas utilizou-se de conjunto de peneiras com as respectivas malhas para as G1, G2 e G3.

Os solos tiveram sua acidez corrigida pelo método da saturação de bases para valor de 70%, como preconizado por Prezotti (2007), tendo sido umedecido à capacidade de campo e permanecendo 20 dias incubados, até o momento da aplicação dos tratamentos.

Foram utilizados 2dm<sup>3</sup> de substrato por vasos, sendo semeados 4 sementes de milho, variedade Incaper 203, por vaso. Após o desbaste, ficaram duas plantas por vaso, as quais foram cultivadas por 40 dias. Durante o ensaio, manteve-se 80 % de umidade do solo, a capacidade de campo, mediante pesagem diária dos vasos e irrigação para complementação da água perdida por evapotranspiração.

Para determinar os efeitos da adubação com bio sólido sobre o acúmulo de cálcio, magnésio e potássio nas plantas de milho, ao final do experimento, coletou-se as plantas a uma altura de 5cm do solo e em seguida secagem em estufa a ±65°C até atingir peso constante. Posteriormente, foi realizada a determinação de matéria seca da parte aérea. O material vegetal foi submetido à análise nutricional, por meio de digestão nitroperclórica (MALAVOLTA et al., 1989) para análise química, Espectrofotometria de Absorção Atômica para Ca e Mg, e Fotômetro de Chama para K.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão utilizando o software SISVAR®.

## Resultados

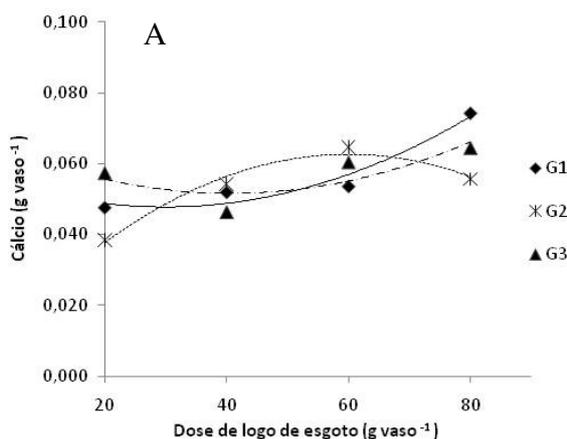
O bio sólido proporcionou um incremento de Matéria Seca (MS) nas plantas de milho com o aumento da dose aplicada (tabela 3).

De acordo com os objetivos gerais e das características dos tratamentos procedeu-se o desdobramento estatístico das Doses dentro de cada nível dos Solos e das Granulometrias utilizados.

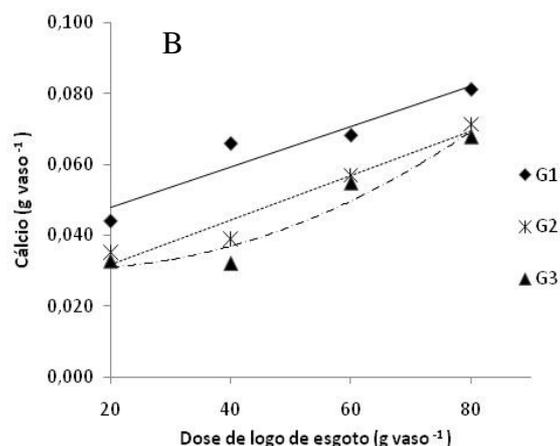
Tabela 3- Produção de matéria seca do milho (g) em função das doses e das granulometrias do biossólido.

Doses (g vaso <sup>-1</sup> )	20	40	60	80
<b>Solo 1</b>				
<b>G1</b>	4,319	5,666	8,046	8,973
<b>G2</b>	3,659	5,437	5,780	5,076
<b>G3</b>	4,778	3,047	5,335	6,715
<b>Solo2</b>				
<b>G1</b>	4,085	6,574	6,997	7,789
<b>G2</b>	3,437	4,272	5,890	6,285
<b>G3</b>	3,690	3,872	5,178	6,123

Com isso observa-se nas figuras 1, 2 e 3, respectivamente, o acúmulo de cálcio (Ca),



$$\begin{aligned} \text{G1} \quad y &= 1\text{E-}05x^2 - 0,0006x + 0,0569 & R^2 &= 0,944 \\ \text{G2} \quad y &= -2\text{E-}05x^2 + 0,0019x + 0,0064 & R^2 &= 0,974 \\ \text{G3} \quad y &= 9\text{E-}06x^2 - 0,0008x + 0,0671 & R^2 &= 0,657 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{G1} \quad y &= 0,0006x + 0,0363 & R^2 &= 0,9079 \\ \text{G2} \quad y &= 0,0006x + 0,0192 & R^2 &= 0,9468 \\ \text{G3} \quad y &= 9\text{E-}06x^2 - 0,0002x + 0,0319 & R^2 &= 0,9406 \end{aligned}$$

**Figura 1** – Acúmulo de cálcio nas plantas de milho em função das doses do lodo de esgoto, para os solos 1 (A) e 2 (B).

A G2 teve comportamento quadrático no Solo 1, com aumento máximo do teor de Ca até a dose de 60g biossólido vaso<sup>-1</sup>, e tendendo a diminuir com doses maiores que isto. Já no solo 2 apresentou ajuste linear positivo com o aumento das doses de biossólido no substrato.

A G3 apresentou ajuste quadrático para os dois solos, porém mais nitidamente positivo no solo 2.

As doses de lodo utilizadas neste trabalho, não apresentaram significância na comparação com as granulometrias e os dois solos. Houve apenas interação significativa entre as granulometrias e os solos estudados.

magnésio (Mg) e potássio (K) nas plantas de milho de acordo com os tratamentos utilizados. De maneiras gerais há um comportamento parecido para todos os elementos, também para os dois solos utilizados no cultivo, com predomínio para o modelo linear, exceto o comportamento quadrático da G2 no solo 1 para todos os nutrientes em questão, demonstrando uma continuidade das informações obtidas.

Houve um bom ajuste para todas as variáveis, que apresentaram alto coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>).

Os teores de Ca nos solos 1 e 2 foram próximos, sem diferença significativa (Fig. 1). Mas o ajuste foi diferenciado para as granulometrias nestes dois solos. No solo 1 a G1 teve comportamento quadrático positivo, já para o solo 2 foi linear, mas atingindo os mesmos teores com a dose máxima de biossólido utilizada.

No solo de textura argilosa (2), houve maior teor de Ca nas plantas que tiveram tratamento com menor granulometria do lodo de esgoto, não diferindo as granulometrias 2 e 3.

Em solo de textura média (1), não houve diferença significativa no teor de Ca nas plantas, em função das diferentes granulometrias do lodo de esgoto.

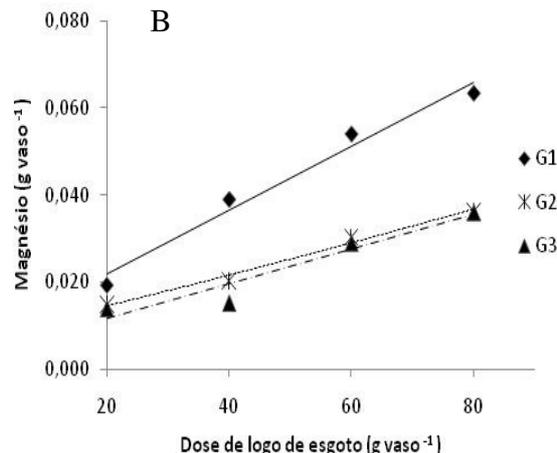
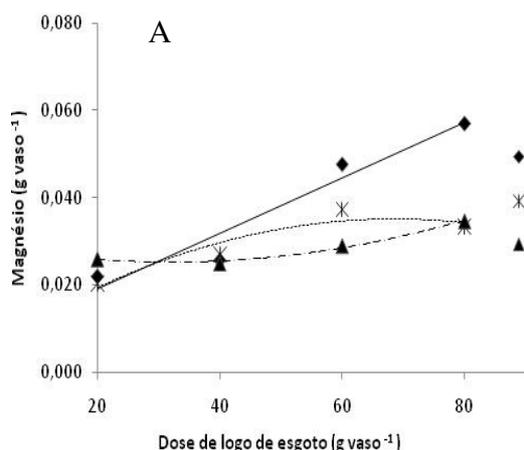
Considerando o Mg (Fig. 2), a G1 apresentou crescimento linear no teor deste nutriente nas folhas de milho cultivado nos solos 1 e 2. Já o G2 apresentou ajuste quadrático para estes solos, com um comportamento semelhante ao ocorrido no solo 1 para o elemento Ca, com tendência a diminuição de acúmulo em dose de biossólido maior que 60 g vaso<sup>-1</sup>, o oposto do ocorrido no solo 2. Contudo não houve um

acúmulo de Mg quantitativamente maior nas plantas de milho cultivadas em vaso com solo 2 que com solo 1.

O G3 para o Mg no solo 1 foi quadrático, e para o solo 2 foi linear, mas apresentando um acúmulo similar de Mg.

Nos dois solos estudados o efeito das granulometrias sobre o acúmulo de Mg foram os mesmos ocorridos para o Ca. No solo 2, a

G1 apresentou um comportamento mais pronunciado que as demais granulometrias que tiveram acúmulos parecidos. Já as plantas dos tratamentos com solo 1 e com a agranulometria 0,153-0,5mm (G1), apresentaram maior teor de Mg, que as demais granulometrias estudadas, 0,5-2,0mm, sendo estas últimas iguais estatisticamente.



$$G1 \quad y = 0,0006x + 0,0063$$

$$R^2 = 0,935$$

$$G2 \quad y = -7E-06x^2 + 0,0009x + 0,0038$$

$$R^2 = 0,9026$$

$$G3 \quad y = 4E-06x^2 - 0,0003x + 0,0295$$

$$R^2 = 0,9902$$

$$G1 \quad y = 0,0007x + 0,0072$$

$$R^2 = 0,9758$$

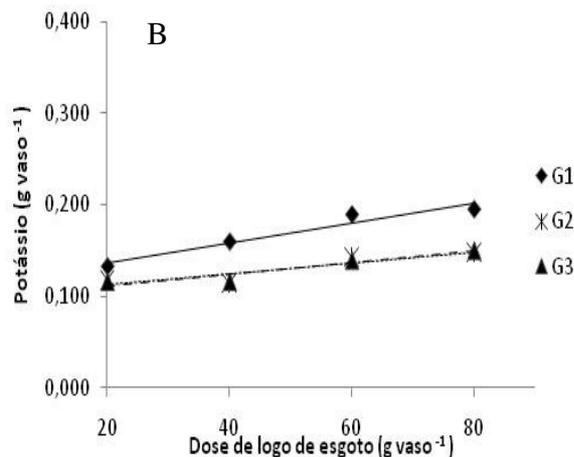
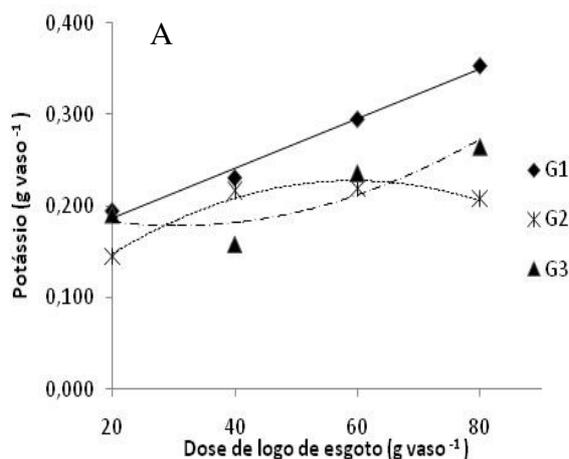
$$G2 \quad y = 4E-07x^2 + 0,0003x + 0,0078$$

$$R^2 = 0,9865$$

$$G3 \quad y = 0,0004x + 0,0037$$

$$R^2 = 0,9241$$

**Figura 2** – Acúmulo de magnésio nas plantas de milho em função das doses do lodo de esgoto, para os solos 1 (A) e 2 (B).



$$G1 \quad y = 0,0027x + 0,1332$$

$$R^2 = 0,988$$

$$G2 \quad y = -5E-05x^2 + 0,0061x + 0,0461$$

$$R^2 = 0,9602$$

$$G3 \quad y = 4E-05x^2 - 0,0023x + 0,2137$$

$$R^2 = 0,8112$$

$$G1 \quad y = 0,0011x + 0,115$$

$$R^2 = 0,9402$$

$$G2 \quad y = 0,0006x + 0,1012$$

$$R^2 = 0,8084$$

$$G3 \quad y = 0,0006x + 0,099$$

$$R^2 = 0,8898$$

**Figura 3** – Acúmulo de potássio nas plantas de milho em função das doses do lodo de esgoto, para os solos 1 (A) e 2 (B).

Quanto ao K (Fig 3), houve um crescimento linear para o G1, nos dois solos, e para o G2 e G3 no solo 2, mas sendo quadráticos no solo 1; negativo com a G2 e positivamente para G3. O G2 seguiu a mesma tendência de nível máximo de acúmulo de K que para Ca e Mg, aos 60 g vaso<sup>-1</sup>.

Mesmo com esse comportamento da G2 o solo 1 apresentou uma maior disponibilidade de K ao acúmulo na MS, que no solo 2. A resposta mínima ao acúmulo de K no solo 1 com a dose de 20 g vaso<sup>-1</sup> de biofósforo, corresponde aproximadamente ao nível máximo de 80 g vaso<sup>-1</sup> de biofósforo no solo 2.

O teor de K acumulado na planta, no período avaliado, foi maior no solo de textura média (solo 1), mesmo considerando que o solo 2 apresentava um teor maior de K. Comparando os dois solos utilizados observou-se que houve maior relevância nas repostas ao acúmulo de Ca, Mg e K nas plantas de milho à granulometria de menor diâmetro 0,5-1,0 (G1), ao ponto que G2 e G3 apresentaram menor efeito de acúmulo destes nutrientes em comparação com G1 e não tiveram distinção significativa entre si, no período avaliado.

## Discussão

A granulometria do lodo de esgoto utilizado, foi observado que a granulometria mais fina proporcionou teores maiores em relação as granulometrias mais grossas. Tal fato pode ser explicado pela maior superfície específica do material, ou seja, maior área de contato do lodo com o solo proporcionando maior decomposição/mineralização devido às partículas serem menores.

As plantas de milho responderam positiva e significativamente às doses de lodo adicionadas. Devido aos efeitos do lodo sobre a fertilidade do solo, e de acordo com suas características recomenda-se a suplementação de elementos essenciais com fertilizantes minerais, devido aos baixos teores de alguns elementos, notadamente de potássio, pouco encontrados no lodo de esgoto. Em concordância com essa observação, Rangel et al. (2002) adicionaram cloreto de potássio a parcelas experimentais que receberam lodo devido aos baixos teores deste elemento no resíduo (OLIVEIRA et al., 1995).

Gomes et. al (2007), observaram que os teores de Ca aumentaram linearmente na folha do milho proporcionalmente com as doses de lodo aplicado.

Em trabalho de Barbosa et al.(2007), parcelas que receberam o lodo de esgoto calado apresentaram aumentos significativos nos teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, pH e C orgânico, aumentando conseqüentemente a CTC e V %.

Quando se compara o teor de potássio na planta entre os dois tipos de solos, esse teor foi maior quando a mesma foi cultivada no solo 1. Possivelmente, essa diferença ocorreu, devido ao menor poder tampão e CTC do solo 1 (textura média) comparado ao do solo 2 (textura muito argilosa). Deste modo, no solo 1, o potássio disponibilizado por meio da mineralização do lodo provavelmente ficará mais prontamente disponível (em solução) e passível de ser absorvido pelas plantas, uma vez que na fração mineral deste solo existe menor quantidade de cargas eletronegativas (comparado ao solo 2) que possam “competir” pelo K<sup>+</sup> com as plantas. Assim, com o potássio mais disponível em solução, os mecanismos de transporte (no caso do K, o transporte é principalmente por difusão) deste elemento até as raízes são favorecidos os teores de potássio na planta em função das doses do lodo de esgoto aplicado.

Apesar de ter menor condições de reserva de nutrientes, o solo 1 apresentou melhores resultados, possivelmente, devido ao pequeno espaço de tempo de desenvolvimento e condução das plantas de milho em vaso (ERNANI et al., 2007). Assim, possivelmente se as plantas permanessem em vaso por um período maior de tempo, o solo de textura argilosa (2) teria o potássio disponível por um período relativamente maior se comparado ao solo 1. (NOVAIS et al., 2007).

Simonete (2003), estudando o crescimento do milho em um argissolo de textura argilosa, utilizando lodo de esgoto, observou que os teores de Ca e Mg aumentaram linearmente com as doses de lodo aplicadas, 0 a 50Mg ha. Estes mesmos autores verificaram efeito inverso entre a quantidade de K no solo e o acúmulo de Ca e principalmente Mg nas plantas.

Gomes et. al, (2007), também observaram aumento no teor de Mg nas folhas.

## Conclusão

- A menor granulometria 0,53 – 1,00mm apresentou maior resultados nos acúmulo de Ca, Mg e K nas plantas de milho;
- O solo de textura média (1) foi o mais responsável aos tratamentos no acúmulo de Ca, Mg e K;
- Houve resposta positiva às doses crescentes de biofósforo utilizadas para o acúmulo de Ca, Mg e K nas plantas de milho;
- o lodo de esgoto (biofósforo) apresenta potencial de uso no cultivo do milho como fonte de carbono, Ca, Mg, e em menor quantidade K.

## Referências

- BARBOSA, G.M.deC.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O.R.; FONSECA, I.C.B. Efeito residual do lodo de esgoto na produtividade do milho safrinha. R. Bras. Ci. Solo, 31:601-605, 2006.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. Manual de métodos de análise de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 1997. 212 p.
- ERNANI, P. R. Alterações em algumas características químicas na camada arável do solo pela aplicação de gesso agrícola sob a superfície de campos nativos. R. Bras. Ci. Solo. 32:241-245, 2007.
- GOMES, S.B.V.; NASCIMENTO, C.W.A.; BIONDI, C.M. Produtividade e composição mineral de plantas de milho em solo adubado com lodo de esgoto. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, n.5, p.459-465, 2007
- KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1985. 492 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas - princípios e aplicações. Piracicaba, Potafos, 1989. 201 p.
- 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, v. 28, n. 2, 2004.
- NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. (Eds.). Fertilidade do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, p. 375-470, 2007.
- OLIVEIRA, F. C.; MARQUES, M. O.; BELLINGIERI, P. A.; PERECIN, D. Lodo de esgoto como fonte de macronutrientes para a cultura do sorgo granífero. Scientia Agrícola, Piracicaba, v. 52, p. 360-367, 1995.
- 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.
- RANGEL, O.J.P., SILVA, C.A., BETTIOL, W. & MANZATTO, C.W. Acúmulo de Mn, Zn, Cu, Ni e Pb em latossolo cultivado com milho sob efeito de fontes e doses de lodo de esgoto. In: FertBio, 3, 2002, Rio de Janeiro. Resumos... Rio de Janeiro: SBCS, 2002. CD ROM.
- SIMONETE, M. P; KIEHL, J, de C; ANDRADE, C, A; TEIXEIRA, C, F, A. Efeito do lodo de esgoto em um Argissolo e no crescimento e nutrição de milho. Pesquisa agropecuária brasileira- vol.38 no.10 Brasília, 2003.