

## ATRIBUTOS DO SOLO SOB SUCESSIVAS APLICAÇÕES DE DEJETOS LÍQUIDOS DE SUÍNOS EM SISTEMA DE PASTAGEM NA REGIÃO DO CERRADO

ANA CAROLINA P. DE VASCONCELOS<sup>1</sup>, THIAGO P. SIQUEIRA<sup>2</sup>, REGINA MARIA Q. LANA<sup>3</sup>, ADRIANE DE A. SILVA<sup>4</sup>, JOVAIR L. DA CUNHA<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Eng<sup>a</sup>. Agrônoma, Mestranda em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais (ICIAG/UFU), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG, Fone: (0xx34) 3218-2225, ramal 231, acvasconcelos11@gmail.com.

<sup>2</sup> Graduando em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais (ICIAG/UFU), Uberlândia - MG.

<sup>3</sup> Eng<sup>a</sup>. Agrônoma, Prof<sup>a</sup>. Doutora, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais (ICIAG/UFU), Uberlândia - MG.

<sup>4</sup> Zootecnista, Prof<sup>a</sup>. Doutora, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais (ICIAG/UFU), Monte Carmelo - MG.

<sup>5</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Prof. Doutor, Departamento de Gestão Ambiental (IFTM/Uberaba), Uberaba - MG.

Apresentado no  
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015  
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

**RESUMO:** O monitoramento da aplicação de dejetos nos solos agrícolas é fundamental para a destinação racional deste resíduo. Objetivou-se avaliar as alterações nas propriedades químicas do solo com aplicações de dejetos líquidos de suínos por 5 anos consecutivos. O experimento foi instalado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), Campus Uberaba, sendo os resultados avaliados no 5º ano de aplicação sucessiva de dejetos líquidos de suínos na área. Realizou-se a avaliação dos teores de cálcio, magnésio, cobre, zinco, matéria orgânica (MO), relações de H+Al, bases e sódio na CTC e a relação de bases, nas profundidades 0-2,5 cm, 2,5-10 cm e 10-20 cm. Os tratamentos foram determinados com doses crescentes de dejetos líquidos de suínos: Controle (0), 100, 200, 300 e 600 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano. O maior acúmulo de MO foi observada na camada superficial. A aplicação dos dejetos proporcionou um aumento da relação de bases em todas as profundidades estudadas, reduziu a presença de (H+Al) na CTC total do solo. A redução da acidez foi influenciada pelo aumento da dose, promovendo um aumento das bases na CTC do solo. Houve aumento de 25% no teor de sódio na CTC total.

**PALAVRAS-CHAVE:** resíduo orgânico, sustentabilidade, *Brachiaria brizantha*

## SOIL PROPERTIES UNDER SUCCESSIVE APPLICATIONS OF LIQUID SWINE MANURE ON PASTURE SYSTEM IN THE CERRADO

**ABSTRACT:** The monitoring of the application of manure in agricultural soils is essential for the rational allocation of this residue. The aim of this study was to evaluate changes in chemical properties of the soil with applications of pig slurry for 5 consecutive years. The experiment was conducted at the Federal Institute of Education, Science and Technology, Campus Uberaba and the results are evaluated in the 5th year of successive application in the area. We conducted an evaluation of the levels of calcium, magnesium, copper, zinc, organic matter (OM), H+Al, bases and sodium in CTC at depths from 0 to 2.5 cm, 2.5-10 cm and 10-20 cm. The treatments were determined with increasing doses of pig slurry: control (0), 100, 200, 300 and 600 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>. The largest accumulation of OM was observed in the surface layer. The application of manure resulted in an increase of the ratio of bases at all depths studied, reduced the presence of (H+Al) in soil total CEC. The decrease in acidity is influenced by increasing the dose causing an increase of the bases in soil CEC. There was a 25% increase in the sodium content in the total CEC.

**KEYWORDS:** organic waste, sustainability, *Brachiaria brizantha*

## INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas para a expansão da suinocultura tem sido o excesso de produção de dejetos. Esses dejetos, quando mal manejados, causam a poluição do solo e dos lençóis freáticos, além do odor desagradável em áreas circunvizinhas. A preocupação do impacto deste dejetos sobre o ambiente cresce em importância, pois, além da limitação de área, sua distribuição em áreas mais distantes das unidades de produção não é economicamente viável (GIROTTO, 2007). Por outro lado, o uso racional destes resíduos na agricultura, pode reduzir a dependência dos agricultores com fertilizantes industriais, transformando estes resíduos em insumos úteis e econômicos com um mínimo de contaminação ambiental.

Ademais, sabe-se que o solo possui, dependendo de sua capacidade de troca, grande capacidade de reter grandes quantidades de substâncias orgânicas e inorgânicas, fazendo desse recurso uma das alternativas mais razoáveis para a destinação ambientalmente adequada de resíduos (OLIVEIRA, 2006), prevista na lei 12.305/2010, tanto do ponto de vista econômico, como para a produção de alimentos ou como fonte energética, com o processo de biodigestão anaeróbia do dejetos, gerando o biogás metano.

Com isso, a aplicação de dejetos líquidos de suínos (DLS) tem sido apontada por muitos pesquisadores como excelente alternativa de fornecimento de nutrientes às culturas, promovendo melhorias nos parâmetros físicos, químicos e biológicos do solo (KONZEN e ALVARENGA, 2008). Por outro lado, outros pesquisadores têm levantado dados que indicam que não há somente benefícios, mas também problemas, principalmente relacionados ao acúmulo de elementos, como o cobre (Cu) e zinco (Zn) (GIROTTO, 2007). De fato, existe a preocupação de que o uso desta tecnologia ao longo do tempo, conforme o tipo de solo ou níveis de adubação usados poderia concentrar nutrientes no perfil do solo, lixiviando os elementos para o lençol freático. Ainda, Rech et al. (2008) destacam que o DLS, devido ao suplemento mineral oferecido aos animais, contém apreciáveis quantidades de metais pesados, como Cu e Zn, que quando aplicados ao solo, funcionam como nutrientes, mas que em doses elevadas, podem provocar toxidez às plantas.

Assim, a utilização de resíduos orgânicos no solo vem a ser um dos pré-requisitos para a produção agrícola sustentável. A adição ao solo de nutrientes via aplicação de DLS é uma alteração antropogênica que contribui para a transformação dos solos agrícolas, podendo ampliar sua capacidade produtiva, reduzir ou até impossibilitar seu uso. Ainda, com o aumento de dispositivos legais severos contra a descarga de poluentes nos recursos hídricos tem aumentado o interesse no uso do solo para disposição, tratamento e utilização de efluentes líquidos em geral (GONÇALVES et al., 2009), tornando o monitoramento das áreas com aplicação de DLS fundamental para a destinação racional deste resíduo.

Com isso, o presente trabalho de pesquisa teve o objetivo de avaliar o uso de diferentes doses de DLS após cinco anos de aplicações sucessivas e avaliar os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), Cu, Zn, MO, relações de acidez potencial (H + Al), as bases e o sódio (Na) na capacidade de troca de cátions total (CTC) e a relação de bases em solo do bioma cerrado cultivados com a forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, na região do Triângulo Mineiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi avaliado desde 2005, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) - Campus Uberaba, localizado no município de Uberaba-MG, em parceria com a Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Os dados deste trabalho são do 5º ano de aplicação sucessiva de DLS na área (ano agrícola 2009-2010). A área experimental está localizada a uma altitude de 795 m e suas coordenadas geográficas são 19° 39' 19" S e 47° 57' 27" W, com relevo plano. O clima da região é classificado, segundo Köppen, como Aw, tropical quente, com inverno frio e seco.

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2006) e apresenta textura arenosa na camada de 0 a 10 cm e textura média na profundidade de 10 a 20 cm. O solo da área experimental é coberta pela forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu utilizada para pastejo.

Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso (DBC), com quatro repetições, sendo os tratamentos dispostos no esquema fatorial de parcelas subdivididas (split plot), com as profundidades de amostragem nas subparcelas. Cada parcela tinha a dimensão de 4 m x 4 m (16 m<sup>2</sup>) e a distância entre as parcelas de 0,5 m. Durante as coletas desprezou-se uma área de bordadura definida em 0,5 m em todo o contorno da parcela, ou seja, a parcela útil possuía 3 m x 3 m (9 m<sup>2</sup>).

Foram avaliadas três profundidades (0-2,5 cm, 2,5-10 cm e 10-20 cm). O solo foi amostrado em cada parcela retirando-se 4 sub-amostras, que foram homogeneizadas para a obtenção de uma amostra composta por profundidade. As amostras de solo foram realizadas no início e ao final do experimento, com uso de trado tipo caneca, sendo retiradas três amostras por parcela na área útil, para compor uma amostra composta, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e enviadas ao Laboratório de Análises de Solo da UFU. As análises químicas (Tabela 1) foram realizadas segundo metodologia descrita pela EMBRAPA (2011).

TABELA 1. Caracterização química do solo anterior à instalação do experimento. **Chemical characterization of soil prior to installation of the experiment.**

Profundidade (cm)	pH	M.O	V	CTC	SB	H + Al	Al		
	CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	%	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					
0-10	4,5	19,0	22,8	31,1	7,1	24,0	2,4		
10-20	4,4	18,0	19,5	34,8	6,8	28,0	3,8		
	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg dm <sup>-3</sup>	-----mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			-----mg dm <sup>-3</sup> -----				
0-10	51	1,1	5,0	1,0	0,20	3,72	48,0	5,91	7,18
10-20	48	0,8	5,0	1,0	0,19	4,04	50,0	5,51	7,58

Caracterização realizada conforme metodologias descritas em EMBRAPA (2011).

pH - Utilizando o extrator CaCl<sub>2</sub>; MO - Matéria orgânica; V - Saturação por bases; CTC - Capacidade de troca catiônica; SB - Soma de bases

O DLS foi obtido do sistema de criação de suínos confinados em galpões de recria e terminação, pertencente ao IFTM, Campus Uberaba. O DLS foi coletado na lagoa de estabilização após um período de aproximadamente 60 dias. Optou-se pela utilização do DLS mais concentrado, isto é, com média de sólidos totais (ST) variando entre 4 a 6%, concentração superior a do efluente da lagoa de estabilização (menor que 1%). A obtenção do substrato mais concentrado se deu através da retirada do líquido sobrenadante, utilizando-se para isto um tanque de sucção tratorizado. A distribuição do DLS foi manual utilizando-se tambores graduados.

Os tratamentos utilizados foram determinados com doses crescentes de DLS: Tratamento Controle: 0 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>; Tratamento 2: 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, Tratamento 3: 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, Tratamento 4: 300 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, Tratamento 5: 600 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. Optou-se, durante a condução do experimento, realizar a quantificação dos tratamentos em função da unidade de volume (m<sup>3</sup>). A análise do DLS apresentou a seguinte composição em percentagem: N = 2,9915; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 2,6233; K<sub>2</sub>O = 1,425; Cu = 0,0036; Zn = 0,008; MO = 35,51.

A avaliação da disponibilidade de nutrientes e balanceamento das bases, Na e acidez potencial em relação à CTC em pH 7,0, foram realizadas conforme metodologia de EMBRAPA (2011).

Para analisar os atributos de solo, levou-se em consideração o efeito das cinco doses de DLS, as três profundidades de amostragem do solo e quatro repetições. Os dados obtidos foram submetidos a análises estatísticas, utilizando-se o programa SISVAR. Os resultados para o fator quantitativo (doses de DLS) foram submetidos à análise de regressão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 1, que a utilização de DLS em doses crescentes promoveu aumentos significativos ( $P \leq 0,05$ ) nos teores de Ca no solo, em todas as profundidades avaliadas. Para a profundidade de 0 a 2,5 cm, o teor de Ca no solo ( $2,1$  e  $7,1$   $\text{cmolc dm}^{-3}$ ) apresentou comportamento linear à medida que se aumentou as doses de DLS, nas doses de 0 e  $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Assim, obteve-se um aumento de  $5,0 \text{ cmolc dm}^{-3}$  de Ca com a aplicação de DLS na camada superficial.

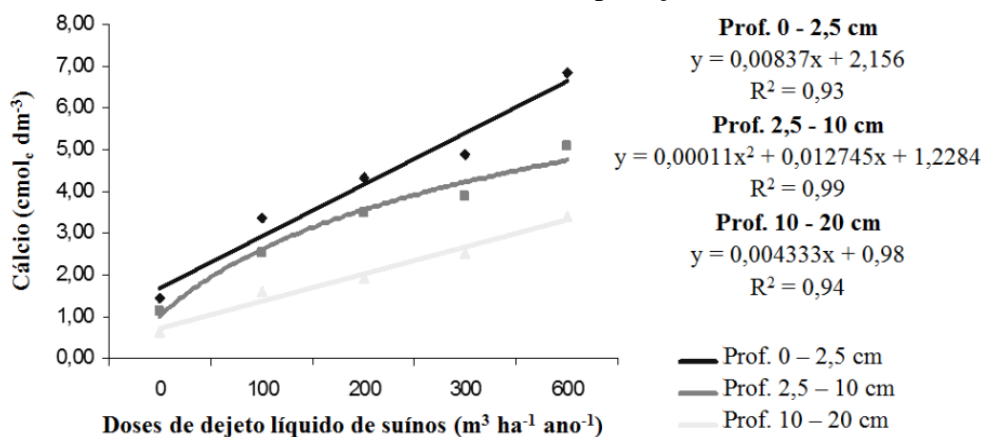


FIGURA 1. Teores de cálcio no solo em função de doses de DLS, Uberaba, MG, 2010.

Ainda, o Ca apresentou maior mobilidade no solo e obteve aumentos significativos em função das doses. É importante ressaltar este fato, pois com a aplicação sucessiva de DLS na mesma área, pode-se ter lixiviação do Ca até maiores profundidades, causando melhor distribuição desse elemento ao longo do perfil. Com relação à profundidade de 2,5 a 10 cm (Figura 1), houve acréscimos nos teores de Ca com aumentos das doses de DLS de forma quadrática, sendo a dose máxima que proporcionou maiores teores de Ca no solo de  $580 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Já o Ca na profundidade de 10 a 20 cm mostrou resposta linear, com  $0,98 \text{ cmolc dm}^{-3}$  e  $3,61 \text{ cmolc dm}^{-3}$  de Ca nas doses de DLS de 0 e  $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , respectivamente. Segundo CFSEMG (1999), teores de Ca acima de  $2,40 \text{ cmolc dm}^{-3}$  é considerado como um teor adequado para diversas culturas.

Na Figura 2 observou-se que, com a aplicação de DLS na superfície do solo ocorreu acréscimos lineares significativos ( $P \leq 0,05$ ) nos níveis de Mg nas profundidades avaliadas. Nas profundidades de 0 a 2,5 e 2,5 a 10 cm não se obteve diferenças significativas. Já na profundidade de 10 a 20 cm, observou-se que o tratamento controle apresentou um acúmulo de  $0,14 \text{ cmolc dm}^{-3}$  e com a dose de  $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , houve um acúmulo de  $0,32 \text{ cmolc dm}^{-3}$  de Mg no solo. Porém, de acordo com CFSEMG (1999), teores de  $0,14$  e  $0,32 \text{ cmolc dm}^{-3}$  de Mg é considerado como um teor baixo no solo. Ou seja, mesmo não realizando a aplicação de Mg no tratamento controle, houve uma pequena disponibilização desse elemento, porém em baixos teores, não promovendo mudança de classe de interpretação de acordo com a CFSEMG (1999).

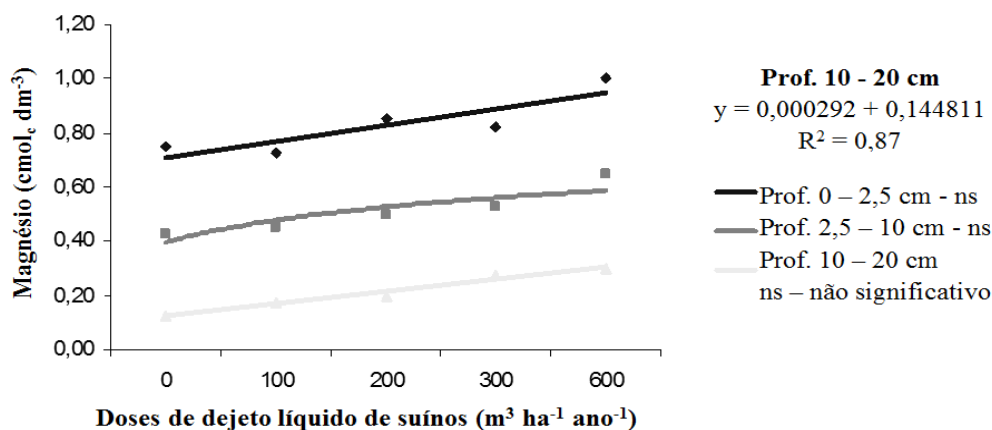


FIGURA 2. Teores magnésio no solo, em função de doses de DLS, Uberaba, MG, 2010.

Ainda, em relação ao teor de Mg ao longo do perfil do solo, não foram observados incrementos significados de concentração que poderiam trazer problemas de contaminação em profundidade.

De acordo com a análise de regressão (Figura 3), observa-se que os teores de Cu no solo aumentaram em todas as profundidades avaliadas em função das doses aplicadas, sendo encontradas concentrações maiores na camada superficial, resultando em acúmulo de Cu especialmente na camada de 0 a 2,5 cm, embora seja observado uma tendência de migração para as camadas mais profundas.

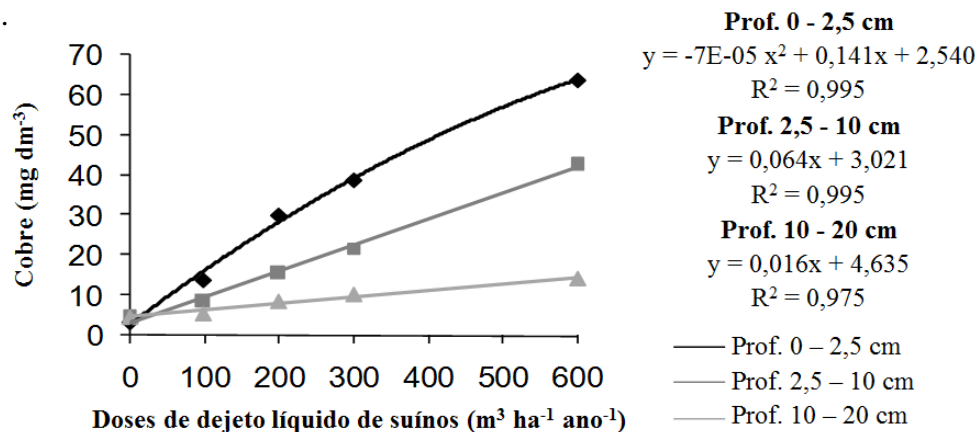


FIGURA 3. Teores de cobre no solo, em função de doses de DLS, Uberaba, MG, 2010.

A aplicação de DLS influenciou significativamente a disponibilidade de Cu e a sua distribuição no perfil do solo (Figura 3). Resultados semelhantes aos apresentados pelo presente estudo foram relatados por Mattias et al. (2010), que analisando as alterações químicas de Cu no solo, em função da adubação com DLS (0, 40 e 80 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), aplicadas antes da implantação da cultura de verão na sucessão aveia/milho, nas profundidades de 0 a 2,5 cm, 2,5 a 5,0 cm e 5,0 a 7,5 cm, também encontraram concentrações de Cu maiores na camada superficial, que como neste experimento, diminuiu em profundidade.

Scherer e Nesi (2007) alertaram para a possibilidade de movimentação vertical do Cu associado à moléculas orgânicas, com observação de acúmulo do elemento até 50 cm de profundidade em áreas com aplicação de DLS. Girotto et al. (2010) também observaram, após seis anos de aplicações sucessivas de DLS, uma tendência de migração do Cu para as camadas mais profundas do solo, reforçando a ideia de transporte vertical devido ao acúmulo nas camadas superficiais do solo. Estes resultados reforçam que o monitoramento da aplicação de dejetos é fundamental para a disposição ambientalmente correto deste resíduo.

Outro fator de destaque é que os teores acima de 40 mg dm<sup>-3</sup> já são considerados ideais pela CFSEMG (1999). Assim, os teores de Cu observados (Figura 3) estão muito acima do nível crítico, segundo a CFSEMG (1999). De acordo com as classes de interpretação da disponibilidade de micronutrientes, um teor superior a 1,8 mg dm<sup>-3</sup> é classificado como alto e, no tratamento controle, o teor já se encontrava 80% superior a esse limite. Nos tratamentos onde foram aplicados DLS, os teores variaram entre 636 e 3.312% superiores aos recomendados pela literatura.

No entanto, quando se verifica o valor da faixa crítica estabelecida pela CETESB (2005), o teor de Cu utilizado como referência de qualidade de solo é de 35 mg dm<sup>-3</sup> e, o valor crítico, no qual é necessário realizar alguma interferência no meio, é dado quando o Cu possui teores acima de 60 mg dm<sup>-3</sup>. Para solos agrícolas, o valor de área de proteção máxima, antes de realizar intervenção, é de 200 mg dm<sup>-3</sup> de Cu no solo, valor muito acima do acumulado neste experimento.

Na camada mais superficial a maior dose de Cu identificada no presente estudo já se encontra próximo dos 50% do limite de qualidade do solo. Mesmo não se observando sintomatologia de toxidez, deve-se monitorar todas as áreas em que há acúmulo de nutrientes e, provavelmente, serão os micronutrientes que irão indicar a dose recomendada de dejetos que deverá ser aplicada anualmente, pois são exigidos em menores quantidades, sendo os primeiros a se acumularem. A movimentação do Cu nas camadas superficiais deve-se ao preenchimento dos sítios de adsorção nessas camadas, o que permite que os elementos se movimentem para camadas mais profundas do

perfil dos solos.

Analisando-se a Figura 4, observa-se que com a aplicação de DLS houve acúmulo significativo ( $P \leq 0,05$ ) nos níveis de Zn, nas camadas de 0 a 2,5 cm, 2,5 a 10 cm e 10 a 20 cm de profundidade, com aplicação de 100, 200, 300 e 600  $m^3 ha^{-1} ano^{-1}$ , obtendo modelos quadráticos para todas as curvas.

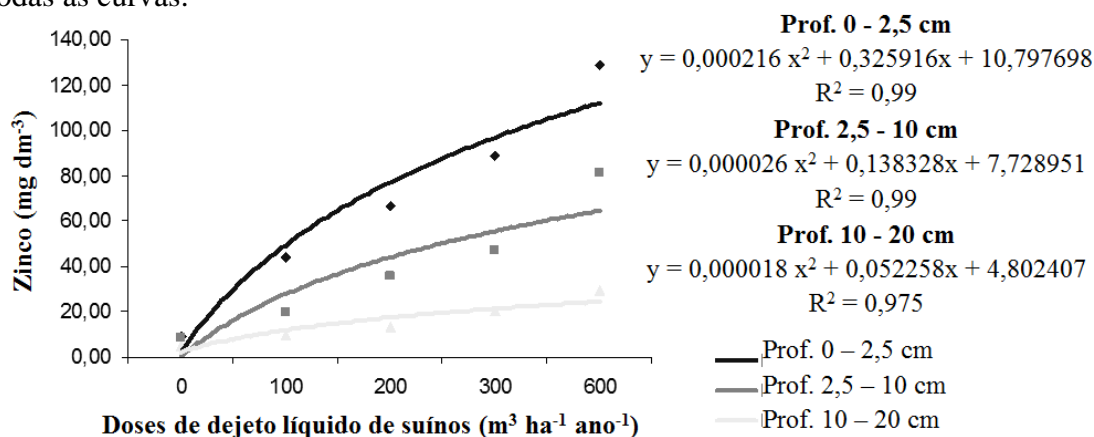


FIGURA 4. Teores de zinco no solo, em função de doses de DLS, Uberaba, MG, 2010.

Os incrementos de Zn no solo, na profundidade de 0 a 2,5 cm foram 4,69 a 13,67 vezes superiores ao tratamento não fertilizado. Já para as profundidades de 2,5 a 10 cm e 10 a 20 cm, estes acúmulos foram de 136 a 876% e 83 a 461% respectivamente, em comparação ao controle. Além disso, pode-se observar uma tendência de migração do Zn para camadas mais profundas do solo, demonstrando que o seu acúmulo pode resultar numa movimentação deste elemento no perfil. O maior acúmulo de Zn na camada superficial pode ser atribuído às aplicações sucessivas de DLS em superfície. Esta concentração faz com que elementos que são considerados pouco móveis na forma livre no solo, como o Zn, passem a ser móveis quando a capacidade máxima de retenção de Zn pelo solo for alcançada. Ainda, o valor limite de Zn estabelecido pela CETESB (2005) regulamenta que o valor de Zn nos solos agrícolas seja de 300  $mg dm^{-3}$  no solo. Levando isto em consideração, o maior valor encontrado de Zn foi de 2,33 vezes menor do que o valor definido pela CETESB (2005) como referência.

Com relação aos teores de MO, de acordo com a Figura 5, observou-se incremento do seu teor no solo em função das doses de DLS em todas as profundidades avaliadas, demonstrando ajuste linear para as profundidades de 0 a 2,5 cm e 2,5 a 10 cm e ajuste quadrático para a profundidade de 10 a 20 cm, ambos significativos.

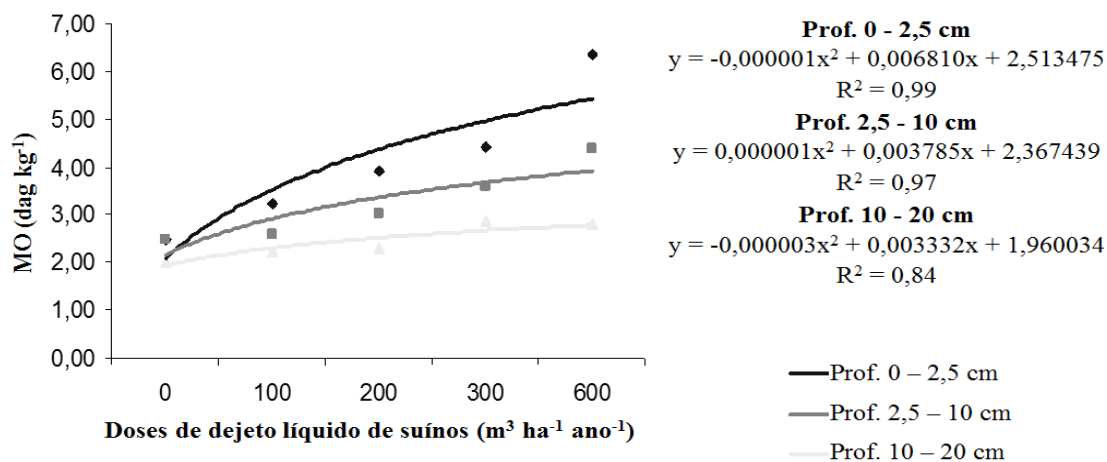


FIGURA 5. Teores de matéria orgânica no solo, em função de doses de DLS, Uberaba, MG, 2010.

Os teores de MO observados sem a aplicação de DLS (Figura 5) foram de 2,55 e 2,40  $dag kg^{-1}$ , respectivamente, para as profundidades de 0 a 2,5 cm e 2,5 a 10 cm. A cada  $m^3 ha^{-1}$  de DLS adicionado, há um incremento de 0,0064 e 0,0034  $dag kg^{-1}$  para as profundidades de 0 a 2,5 cm e

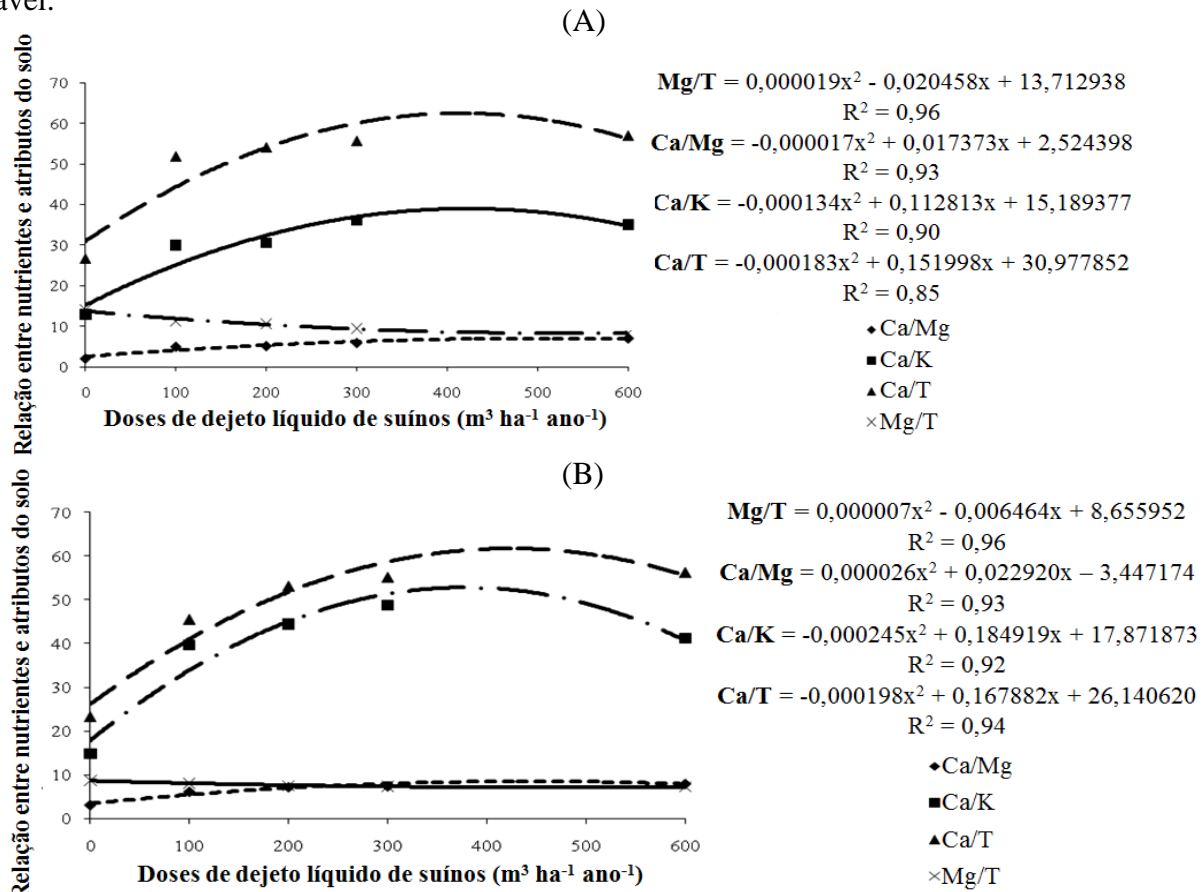
2,5 a 10 cm, respectivamente. Nota-se que os maiores teores de MO foram alcançados na dose 600 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, ocasionando um aumento de 157% na profundidade de 0 a 2,5 cm e 77% na profundidade de 2,5 a 10 cm (Figura 5). Ressalta-se que 99,75 e 97,10% da variação no teor de MO do solo nas profundidades de 0 a 2,5 cm e 2,5 a 10 cm, respectivamente, foram devidos ao DLS adicionado. Ainda de acordo com a Figura 5, nota-se que na profundidade de 10 a 20 cm, à medida que as doses de DLS aumentam, houve um acréscimo no teor de MO, atingindo o valor máximo de 2,88 dag kg<sup>-1</sup> na dose de 555 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. A partir dessa dose houve decréscimo no teor de MO. O uso da adubação orgânica promove o aumento da atividade microbiana, pois é a principal fonte de nutrientes e energia para os microrganismos de solo e, conseqüentemente, acelera o processo de mineralização dos compostos orgânicos fazendo com que os efeitos do DLS no teor de MO no solo sejam muito baixos.

A maior concentração de MO na camada de 0 a 2,5 cm foi devido à aplicação do dejetos ser superficial ao solo. Ainda, o acúmulo de MO nas camadas subsuperficiais (2,5 a 10 cm e 10 a 20 cm) pode em parte ser explicado pela aplicação sucessiva durante vários anos de DLS que, pela melhoria da fertilidade do solo e propriedades físicas do mesmo, proporcionaram um bom crescimento radicular da forrageira, onde à medida que a planta desenvolve seu sistema radicular durante vários anos, parte deste é perdida como material morto no solo.

De acordo com CFSEMG (1999), os teores de MO em todas as profundidades encontram-se em níveis médios nas classes de interpretação. Isto demonstra que mesmo que o DLS tenha baixo teor de MO, as aplicações sucessivas mantém os níveis em condições adequadas para o crescimento vegetal, pois os ácidos orgânicos, resultantes da decomposição da MO, aceleram a solubilização de minerais do solo aumentando a disponibilidade de nutrientes às plantas.

Salienta-se que a avaliação da MO é complexa e deve ser realizada em função de um conjunto de indicadores específicos (atributos) e suas inter-relações, já que se tem verificado que indicadores isolados não são suficientes para explicar a perda ou o ganho potencial dos cultivos de determinado solo (CARNEIRO et al., 2009).

Observa-se na Figura 6.A, um efeito significativo (P ≤ 0,05) quanto à relação entre nutrientes na profundidade de 0 a 2,5 cm. A relação Ca:Mg, encontra-se adequada após a aplicação de DLS e manteve-se próximo a 4:1. Com relação Ca:K observa-se que houve um incremento quando aplicado o DLS foi aplicado e, após esta aplicação, independente da dosagem, o valor encontrou-se estável.



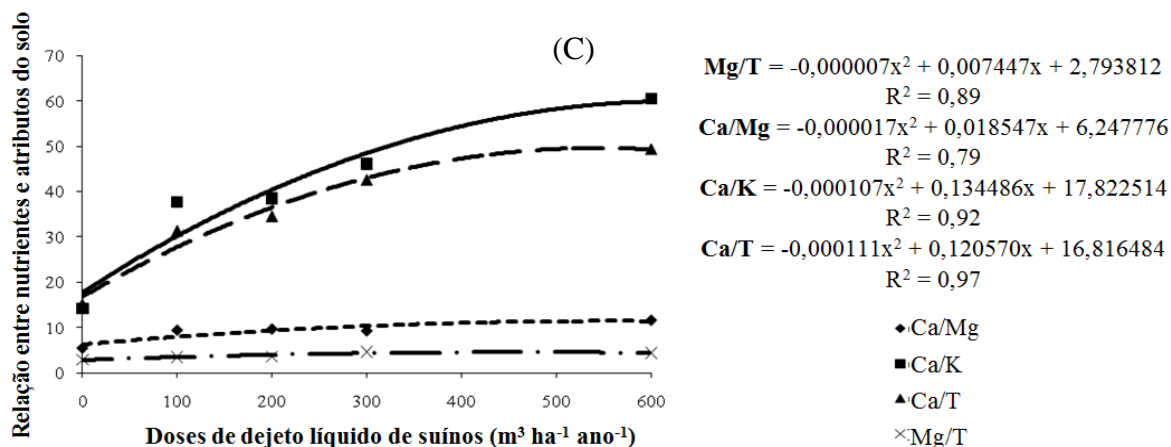


FIGURA 6. Relação de nutrientes e CTC a pH 7,0 (T) no solo, na profundidade de 0 a 2,5 cm (A), 2,5 a 10 cm (B) e 10 a 20 cm (C), submetidos a doses crescentes de DLS, Uberaba, MG, 2010.

Em relação às bases Ca e Mg ocupando a CTC a pH 7,0 (T) observou-se que o Ca está adsorvido em mais de 50% da CTC a pH 7,0 (T) (Figura 6.A), o que é considerado ideal de acordo com a CFSEMG (1999). Como o Ca e Mg tem comportamento antagônico, observa-se que com o aumento das doses de DLS, houve uma pequena redução no teor de Mg. Independente da dose foi observado que as relações encontraram-se dentro dos limites considerados como bons pela literatura, caracterizando um aumento do nutriente Ca, porém não ultrapassando os níveis toleráveis. As relações entre estes nutrientes mais altas são obtidas com doses de  $600 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , com exceção da relação Mg/T, que apresentou um declínio com o aumento das doses. Na profundidade de 2,5 a 10 cm, o mesmo comportamento foi observado (Figura 6.B), seguindo uma tendência semelhante ao comportamento observado na camada de 0 a 2,5 cm.

Já na profundidade de 10 a 20 cm (Figura 6.C), há uma menor capacidade de retenção de nutrientes, pois geralmente nesta camada há mais cargas ocupadas por fontes de acidez. Assim observou-se uma menor relação entre os nutrientes e a CTC a pH 7,0. Esta redução foi maior onde foram aplicadas as menores doses ( $100$  e  $200 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ ), observando uma alteração no teor de Ca:K, pois como o K é monovalente, havendo uma tendência de lixiviação deste elemento, sendo observado maiores teores na subsuperfície. Um solo adequado deveria apresentar o complexo de troca saturado com 65% de cálcio, 10% de magnésio e 5% do potássio trocáveis. Contudo, observa-se que as culturas distintas admitem ampla variação na saturação de Ca e Mg no complexo de troca e nas relações Ca:Mg no solo (CFSEMG, 1999).

Na Figura 7, observou-se que a acidez potencial (H + Al), foi influenciada pelas doses de DLS aplicadas. Conforme se aumentou a dose, a acidez potencial ocupou menos a CTC total do solo. Assim, no tratamento com ausência de DLS, a CTC total do solo apresentou as porcentagens das cargas do solo ocupadas pelas fontes da acidez de 77, 60 e 46% para as profundidades de 0 a 2,5 cm, 2,5 a 10 cm e 10 a 20 cm, respectivamente.

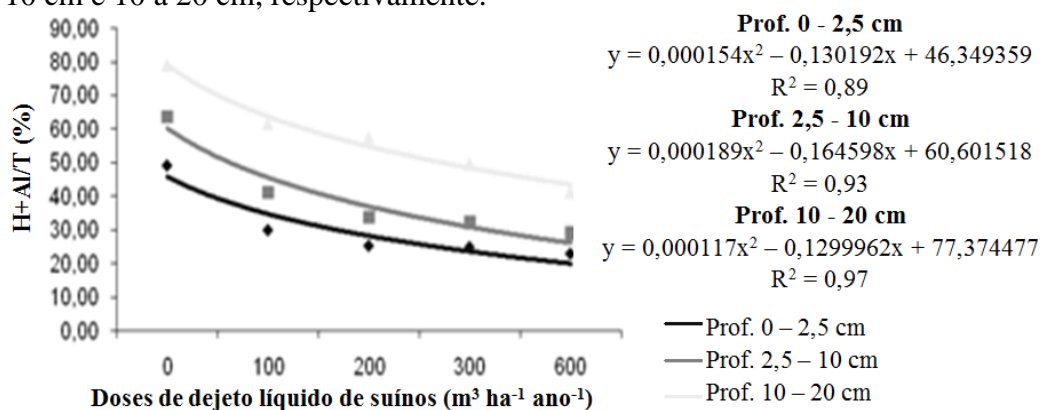


FIGURA 7. Relação da acidez potencial no solo, em três camadas do perfil do solo, submetidos a doses crescentes de DLS, Uberaba, MG, 2010.

Na dose mais elevada de DLS ( $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) houve uma redução significativa, com as porcentagens de cargas ocupadas por 41, 29 e 21 %, respectivamente. A redução da porcentagem de cargas ocupadas com fontes de acidez faz com que seja possível uma maior adsorção de elementos benéficos, como as bases (Ca, Mg e K) (Figura 8).

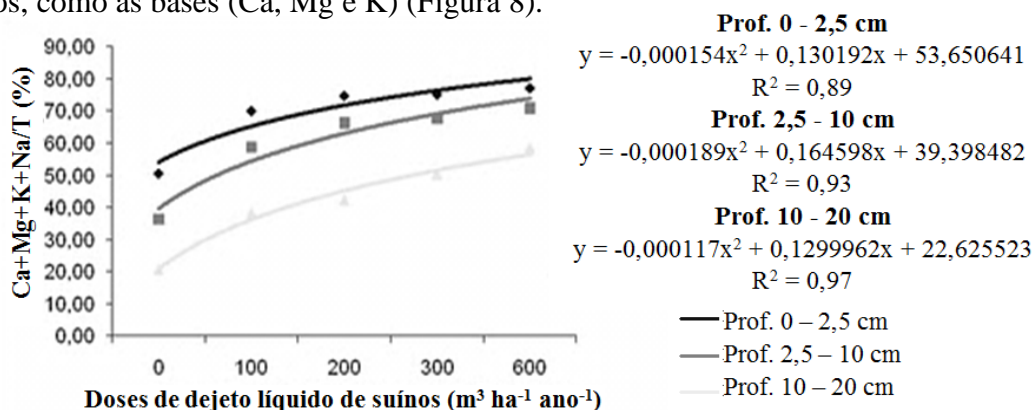


FIGURA 8. Relação de bases e sódio com a CTC total, em três camadas do perfil do solo submetidos a doses crescentes de DLS, Uberaba, MG, 2010.

Estes resultados são expressivos, pois a aplicação de DLS influencia a redução dos teores de acidez total do solo pelo acúmulo de MO, que funciona como um tamponante do solo e complexa tanto o  $\text{Al}^{3+}$  quanto o  $\text{H}^+$  trocável. Como esse experimento é do quinto ano de aplicações consecutivas de DLS, observou-se um efeito residual pelo acúmulo de MO.

Na Figura 8, observa-se que as bases, fornecidas pelo DLS, ocuparam as cargas do solo que foram liberadas. Houve aumento das bases em ambas às profundidades, em função das doses aplicadas. O acúmulo foi mais significativo nas camadas mais superficiais onde foi aplicado o DLS. O incremento das bases no solo, em relação ao tratamento controle, foi de 52% na camada de 0 a 2,5 cm e de 180 % superior na camada de 10 a 20 cm.

Na Figura 9, observa-se que o incremento de Na na CTC total do solo foi crescente em função da profundidade e dose de DLS aplicadas. Em ambas as profundidades avaliadas, o incremento médio de Na foi de 25% em relação ao controle. O Na ocupou na CTC do solo uma fração considerável, que poderia ser ocupada por outras bases importantes para a produtividade das culturas, como o Ca, Mg e K. Além disso, o Na é um elemento desagregador do solo, podendo promover processos de degradação física. Um aspecto importante é que quando se aplica DLS, a participação do Na deve ser considerada, pois na alimentação dos animais é fornecida uma grande quantidade deste nutriente. Queiroz et al. (2004) observou após 4 meses de aplicação de DLS o incremento de Na de 155%. Aumentando a concentração no solo de 9 para  $23 \text{ mg kg}^{-1}$ .

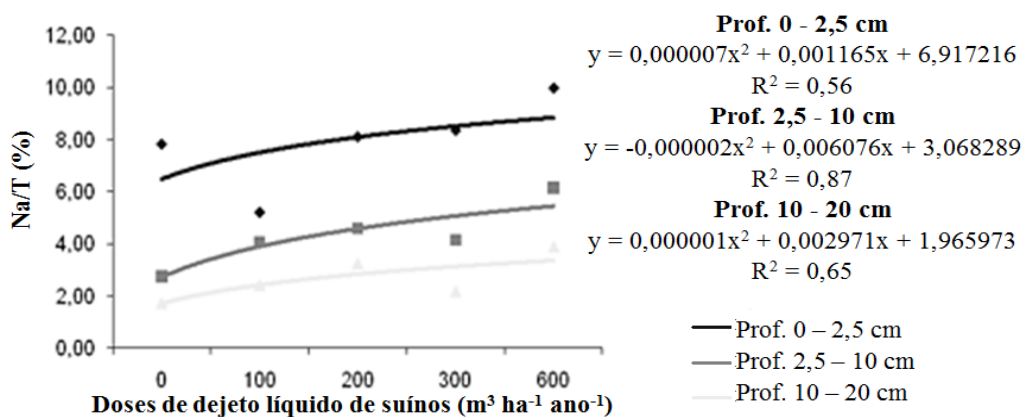


FIGURA 9. Relação do sódio com a CTC total, em três camadas do perfil do solo submetidos a doses crescentes de DLS, Uberaba, MG, 2010.

Enquanto as pesquisas para o estabelecimento de valores limites para aplicação de dejetos nas diversas culturas, clima e solos brasileiros encontram-se em andamento, alguns critérios podem ser

seguidos para disciplinar o uso de DLS no solo, como o fornecimento de dietas balanceadas para suínos que evitem excedentes de Cu e Zn; análise química dos DLS, para que as quantidades aplicadas sejam calculadas com base na composição e demanda da cultura; análise química do solo periódica, para conhecer e registrar a evolução do balanço de nutrientes; analisar periodicamente as águas de subsuperfície dos solos com aplicação de DLS, pois a qualidade da água do solo é o principal indicativo das perdas através do perfil; e acompanhar o comportamento das culturas, para a detecção de eventuais sintomas de deficiência ou fitotoxicidade de nutrientes ocasionados pela aplicação de DLS.

## CONCLUSÕES

Com a aplicação dos dejetos houve maior acúmulo de matéria orgânica na camada superficial, aumento da relação de bases, redução da (H+Al) e aumento das bases, na CTC total do solo.

Houve aumento nos teores de cálcio, magnésio, zinco no solo e de 25% no teor de sódio na CTC total, com a aplicação dos dejetos.

## REFERÊNCIAS

- CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D.; REIS, E.F. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **R.Bras.Ci.Solo**, 33:147-157, 2009.
- CETESB. - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (SP) - 2005. **Decisão de diretoria Nº195-2005-E**, 2005. Disponível em: <<http://www.cetesb.org.br>> Acesso em: 12 abril de 2013.
- CFSEMG - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa – MG, 1999. 359p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - **Sistema Brasileiro de classificação de Solos**. 2 ed. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, RJ. 2006. 306p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Documentos 132. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2011. 230p.
- GIROTTO, E. **Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquidos de suínos**. 2007. 121 f. Dissertação (mestrado) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2007.
- GIROTTO, E.; CERETTA, C.A.; BRUNETTO, G. et al. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquidos de suínos. **R.Bras.Ci.Solo**, 34:955-965, 2010.
- GONÇALVES, H.M.; BORGES, J.D.; SILVA, M.A.S. Acúmulo de metais pesados e enxofre no solo em áreas de influência de canais de vinhaça de fertirrigação. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 25, n. 6, p. 66-74, 2009.
- KONZEN, E.A.; ALVARENGA, R.C. Cultura do milho, fertilidade do solo e adubação orgânica. In: V Seminário Técnico da Cultura de Milho. 5. **Anais...** Editora CNPMS, 2008.
- MATTIAS, J.L.; CERETTA, C.A.; NESI, C.N. et al. Cobre, zinco e manganês em solos de duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina, com uso intensivo de dejetos líquidos de suínos. **R.Bras.Ci.Solo**, 34:1445-1454, 2010.
- OLIVEIRA, A.C.S. **Acúmulo de micronutrientes e de elementos tóxicos em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar fertirrigada com vinhaça**. 2006. 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.
- QUEIROZ, F.M.; MATTOS, A.F.; PEREIRA, O.G. et al. Características químicas de solo submetido ao tratamento com DLS e cultivado com gramíneas forrageiras. **Ci. Rural**, 34:1487-1492, 2004.
- RECH, C.; SCHOENHALS, M.; FOLLADOR, F.A.C. Influência da suinocultura na qualidade da água em microbacia agrícola no sudoeste do estado do Paraná. **Eng. Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 3, p. 254-273, 2008.
- SCHERER, E. E.; NESI, C. N. Sistemas de preparo do solo, doses e fontes de adubo nitrogenado na produtividade de milho. **Agropecuaria Catarinense**, 20:67-71, 2007.