

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

RAFAEL VILELA REZENDE

**MICRONUTRIENTES NO PERFIL DO SOLO EM CANA-DE-AÇÚCAR
FERTILIZADA COM RESÍDUOS ORGÂNICOS**

**Uberlândia – MG
Agosto – 2010**

RAFAEL VILELA REZENDE

**MICRONUTRIENTES NO PERFIL DO SOLO EM CANA-DE-AÇÚCAR
FERTILIZADA COM RESÍDUOS ORGÂNICOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Regina Maria Quintão Lana

**Uberlândia – MG
Agosto – 2010**

RAFAEL VILELA REZENDE

**MICRONUTRIENTES NO PERFIL DO SOLO EM CANA-DE-AÇÚCAR
FERTILIZADA COM RESÍDUOS ORGÂNICOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Agronomia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para obtenção do
grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 17 de agosto de 2010.

Prof^a. Dr^a. Adriane de Andrade Silva
Membro da Banca

M. Sc. Marcos Vieira de Faria
Membro da Banca

Prof^a. Dr^a. Regina Maria Quintão Lana
Orientadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por todas as oportunidades e por dar-me saúde, força, paciência e coragem para enfrentar os momentos difíceis.

À Universidade Federal de Uberlândia, pela oportunidade e pelo suporte para realização do curso.

A Prof^a. Dr. Regina Maria Quintão Lana, pelo acolhimento, confiança, atenção e orientação.

A Prof. Dra. Adriane de Andrade Silva pela orientação, paciência e confiança.

A toda equipe do Laboratório de Análise de Solos (LABAS), pela amizade e experiências compartilhadas durante os vários anos de trabalho.

Agradeço a minha mãe, Mara, e ao meu pai, David, pela total dedicação, amor, confiança e apoio, e aos tantos sacrifícios que fizeram para que eu concluísse as diversas etapas de minha vida.

Aos meus irmãos, Paulo e Vânia, pelo apoio, incentivo, conselhos e amizade.

Agradeço aos amigos e colegas pela compreensão, críticas, alegrias e tristezas compartilhadas.

A 41^o turma de Agronomia pelo convívio, amizade e por todos os momentos alegres e inesquecíveis que passamos.

A todos que de alguma forma colaboraram com o meu percurso acadêmico. Àqueles que torceram e acreditaram em minhas capacidades.

RESUMO

REZENDE, Rafael Vilela Rezende. **Micronutrientes no perfil do solo em cana-de-açúcar fertilizada com resíduos orgânicos**. 2010. 35 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.¹

O presente trabalho objetivou avaliar a dinâmica de micronutrientes no solo, advindos de adubação com dejetos orgânicos e adubação mineral em cana-de-açúcar. O experimento foi conduzido no município de Uberlândia-MG, na área experimental da Cia. Mineira de Açúcar e Álcool do Triângulo Mineiro Ltda. O experimento foi montado em esquema de blocos casualizados, com fatorial de parcelas subdivididas no espaço em 5x2x6 (tipo de adubo, gesso agrícola e profundidade). A variedade de cana-de-açúcar plantada foi a RB 867515 de ciclo médio/tardia. Os tratamentos, aplicados no fundo do sulco de plantio, foram às fontes de adubos cama de frango, cama de peru, esterco bovino, adubo compostado e fertilizante mineral, todos combinados com e sem gesso agrícola. Realizaram-se as amostras de solo para análise de ferro, manganês, cobre e zinco, retiradas na linha de plantio nas profundidades 0-15, 15-30, 30-45, 45-60, 60-75 e 75-90 cm. O uso de resíduos orgânicos promoveu incremento nos teores de cobre, ferro e zinco, comparado a adubação mineral, para pelo menos uma das fontes orgânicas utilizadas. A aplicação de gesso agrícola provocou pouca alteração nos teores de micronutrientes ao longo do perfil do solo. Os teores dos micronutrientes no solo estiveram abaixo do nível crítico de Classes de interpretação de disponibilidade de micronutrientes, portanto ao se aplicar os resíduos orgânicos, estes não causarão fitotoxides à cultura da cana-de-açúcar.

Palavras chave: *Saccharum officinalis*, Minerais traço, dejetos de origem animal.

¹ Orientadora: Regina Maria Quintão Lana - UFU.

ABSTRACT

REZENDE, Rafael Vilela Rezende. **Trait elements in soil profile in Sugar cane with fertilized organic manure.** 2010. 35 f. Monograph (Graduation in Agronomy) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.¹

The present work aimed to evaluate the movement of trace elements in the soil, arising from fertilization with organic manure and mineral fertilizers in sugar cane. The experiment was conducted in the municipality of Uberlândia-MG, The area of research is located at farm the Cia Mineira de Açúcar e Álcool do Triângulo Mineiro Ltda. The design arranged in randomized blocks, with factorial split plot in space 5x2x6 (type of fertilizer, phosphogypsum and depth). The variety of sugar-cane was planted RB 867515th cycle medium/late. The treatments, applied at the bottom of the furrow were chicken litter, turkey litter, cattle manure, compost and mineral fertilizer all combined with and without phosphogypsum. Soil samples for analysis of copper, iron, manganese, and zinc were removed within the row at depths 0-15, 15-30, 30-45, 45-60, 60-75 and 75-90 cm. The use of organic waste promoted increase in levels of copper, iron and zinc, compared to mineral fertilizer for at least one of the organic sources used. The application of gypsum resulted in little change in levels of micronutrients throughout the soil profile. The micronutrients in the soil were below the critical level of classes in interpretation of available micronutrients, so when applying organic waste, these will not cause phyto toxic for sugar cane culture.

Keywords: *Saccharum officinalis*, micronutrients, organic waste.

¹ Supervisor: Regina Maria Quintão Lana - UFU.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	07
2 REVISÃO DE LITERATURA	09
2.1 A importância dos micronutrientes para a cana-de-açúcar	09
2.2 Função de cada nutriente	10
2.3 Sintomas de deficiência de micronutrientes na cana-de-açúcar	11
2.4 Uso de resíduos orgânicos	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Localização da área do experimento	13
3.2 Clima da região	13
3.3 Caracterização físico-química do solo na área experimental	14
3.4 Caracterização dos fertilizantes utilizados	15
3.5. Adubos e delineamento estatístico	15
3.6 Coleta de amostras e análise de solo	20
3.7 Análises estatísticas	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1 Cobre	22
4.2 Ferro	25
4.3 Manganês	27
4.4 Zinco	29
5. CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.) é uma gramínea de clima tropical com grande importância econômica para o Brasil, pois é matéria prima para produção de açúcar, etanol e biomassa com potencial para geração de energia elétrica. Nas últimas décadas a busca por combustíveis renováveis encontrou no etanol produzido com a cana um biocombustível que pode substituir a gasolina comum emitindo menos CO₂ para a atmosfera.

O Brasil, como maior produtor mundial de etanol de cana-de-açúcar, ocupa posição de liderança da tecnologia de sua produção, portanto possui grande perspectiva para suprir a demanda de biocombustíveis.

A União Européia propôs adicionar 10% de combustíveis renováveis no combustível utilizado no setor dos transportes públicos até o ano de 2020 (PARLAMENTO EUROPEU, 2008). Para atender essa demanda é muito provável que seja necessário a importação do etanol.

Novas pesquisas estão produzindo um biocombustível inédito de cana-de-açúcar que chega em fase experimental as ruas de São Paulo, trata-se do diesel de cana que pretende substituir em 10% o diesel derivado de petróleo na frota dos ônibus paulistas (CANAL RURAL, 2010). A nova tecnologia utiliza microrganismos para transformar o sumo extraído de cana em um diesel parecido com o do combustível fóssil, produzindo o biocombustível de segunda geração que em testes preliminares apresentou 9% de redução de gases com o mesmo rendimento dos motores (ANGOP, 2010).

Entre os fatores inerentes ao cultivo que interferem no aumento de produção, deve se atentar para tipo de solo, disponibilidade de água, manejo fitossanitário, condições ambientais e fertilidade do solo.

Quanto à fertilidade, a cultura da cana-de-açúcar é bastante exigente, e o solo deve suprir as exigências em macro e micronutrientes, pois, segundo a Lei de Liebig ou lei do mínimo, em que o nutriente essencial à cultura que não estiver na quantidade adequada, será o limitante ao crescimento da planta.

Entre as formas de suprir as necessidades da cultura da cana-de-açúcar, está o uso de resíduos orgânicos, que pode ser uma boa alternativa para diminuir os custos de produção e contribuir para a sustentabilidade do setor sucroalcooleiro.

A expansão das áreas cultivadas com cana-de-açúcar se dá em solos de cerrado, que se caracterizam pela baixa fertilidade natural. Com o aumento da produtividade decorrente do

avanço tecnológico, as plantas extraem mais nutrientes do solo, e deficiências podem se observar inclusive nos minerais traços.

Além disso, as grandes altas dos preços dos fertilizantes minerais nos últimos anos, tornam-se necessário incentivar as pesquisas e o uso adequado de fertilizantes orgânicos.

A adubação orgânica melhora a estrutura física do solo, aumentando a aeração e a retenção de água, reduzindo a erosão provocada pelo excesso de chuvas. Também mantém mais estáveis o pH e a temperatura do solo contribuindo beneficemente para o desenvolvimento de microrganismos no solo e para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a dinâmica de micronutrientes no perfil do solo, advindos de adubação com dejetos orgânicos, comparados com a adubação mineral em diferentes profundidades na cultura da cana-de-açúcar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A importância dos micronutrientes para a cana-de-açúcar

Micronutrientes são aqueles elementos requeridos em pequenas quantidades por culturas, animais e seres humanos, no entanto não são menos importantes e nem possuem função secundária. Também conhecidos como elementos-traço ou minerais traço, têm a principal função de constituir grupos protéicos em metal-proteína e atuar na ativação de reações enzimáticas, com exceção a cloro e boro (GUPTA, 2001).

De acordo com Abreu et al. (2001), o emprego de grandes quantidades de calcário, que incorporado na camada de 0-10 cm com recomendações para a camada de 0-20 cm, diminui a disponibilidade da maioria dos micronutrientes às plantas. Os mesmos autores afirmaram que os fertilizantes NPK são cada vez mais concentrados, apresentando pouquíssimas ou nenhuma quantidade de micronutrientes, estes que antes estavam presentes nesses adubos como impurezas.

É fundamental o conhecimento da extração e exportação de nutrientes pela cultura da cana-de-açúcar, na Tabela 1, está apresentada em gramas por 100 toneladas de colmo a exportação (colmo) e extração (total) dos micronutrientes boro, cobre, ferro, manganês e zinco.

Tabela 1. Extração e exportação de micronutrientes em gramas para produção de 100 toneladas de colmos (ORLANDO FILHO, 1993).

Partes da planta	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- (g 100 t ⁻¹) -----				
Colmo	149	234	1393	1052	369
Folhas	86	105	5525	1420	223
Total	235	339	7318	2470	592

Mesmo sendo freqüente a deficiência de Zn e B nos solos de Minas Gerais, tem-se pouca informação de trabalhos de calibração para interpretar a disponibilidade de micronutrientes no solo. Na Tabela 2, segundo a quinta aproximação de interpretação incluem-se classes de disponibilidade para Zn, Mn, Fe e Cu, extraídos com Mehlich 1, e para B, extraído com água quente (CFSEMG, 1999).

Tabela 2. Classes de interpretação da disponibilidade para os micronutrientes.

Micronutrientes	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio ¹	Bom	Alto
	-----(mg dm^{-3})-----				
Zinco disponível (Zn) ²	$\leq 0,4$	0,5 – 0,9	1,0 – 1,5	1,6 – 2,2	$> 2,2$
Manganês disponível (Mn) ²	≤ 2	3 – 5	6 - 8	9 – 12	> 12
Ferro disponível (Fe) ²	≤ 8	9 - 18	19 - 30	31 – 45	> 45
Cobre disponível (Cu) ²	$\leq 0,3$	0,4 – 0,7	0,8 – 1,2	1,3 – 1,8	$> 1,8$
Boro disponível (B) ³	$\leq 0,15$	0,16 – 0,35	0,36 – 0,6	0,61 – 0,9	$> 0,9$

¹ O limite superior desta classe indica o nível crítico. ² Método Mehlich⁻¹. ³ Método água quente.

A cultura da cana-de-açúcar apresenta sensibilidade à deficiência por ferro, zinco, manganês, cobre, boro, cloro, molibdênio e silício (GUPTA, 2001).

A cana-de-açúcar pode apresentar uma “fome oculta”, que é quando a insuficiência do elemento traço não causa sintomas de deficiência, porém causa perda de produtividade (ORLANDO FILHO et al., 2001).

2.2 Função de cada nutriente

O ferro é necessário para a síntese de clorofilas, sendo constituinte fundamental dos citocromos, da ferridoxina e de algumas enzimas, como a catalase e as peroxidases. Atua como carreador de elétrons, no processo de oxidação e redução alternadas, passando pelas formas Fe^{++} e Fe^{+++} (MATTA; LOUREIRO, 2008).

Entre as funções do manganês na planta, estão à ativação de enzimas e a participação na reação de fotólise da água, na formação, multiplicação e funcionamento dos cloroplastos e na evolução do oxigênio no sistema fotossintético. Também atua no metabolismo do nitrogênio e nos compostos cíclicos, como precursor de aminoácidos, fenóis, ligninas e hormônios (MELARATO et al., 2002).

Segundo Malavolta et al. (1997) o zinco atua de forma direta na formação do triptofano, que é um precursor da auxina-AIA, e também participa de forma indireta na síntese de proteínas, evidenciando que este atua no metabolismo do nitrogênio.

De acordo com Matta e Loureiro, (2008) o cobre está presente nas folhas, principalmente como parte estrutural da plastocianina, no cloroplasto, e atua no sistema de transporte de elétrons da fotossíntese. Também catalisa a redução final do oxigênio molecular como cofator da citocromo oxidase. Além disso, o cobre participa de outras oxidases importantes, como a Cu-Zn-superóxido dismutase e a ascorbato oxidase. O cobre também está envolvido no processo de lignificação, presente nas enzimas-chave fenolase e lacase.

2.3 Sintomas de deficiência de micronutrientes na cana-de-açúcar

Os sintomas de deficiência dos micronutrientes ferro, manganês, zinco e cobre na cana-de-açúcar aparecem primeiramente nas folhas mais novas, devido a serem parcialmente móveis na planta.

Segundo Gascho et al. (1993), a deficiência de ferro na cana-de-açúcar forma lâminas retorcidas e necróticas nas folhas que se estendem da ponta à base.

Orlando Filho et al. (2001) observaram que sintomas de deficiência de manganês nas folhas podem ocorrer em solos com altos valores de pH limitando a disponibilidade deste micronutriente, que por ser parcialmente móvel na planta aparecem inicialmente nas folhas mais novas e ocorrem da ponta até o meio da folha, marcado pela presença de clorose internerval.

Nas regiões de solos sob vegetação de cerrado é comum aparecer deficiência de zinco em cana-de-açúcar. Estas deficiências em cana se apresentam como pequenas e assimétricas manchas de clorose internerval na base das folhas mais novas (GASCHO et al., 1993). Níveis excessivos de fósforo no solo podem induzir deficiências de zinco (OLSEN, 1972).

No cobre os sintomas aparecem primeiro nas folhas mais novas, estas se tornam cloróticas e murchas, contudo sem manchas necróticas e com envergamento do limbo foliar com possível quebra (ORLANDO FILHO et al., 2001). Esses autores relataram ainda que altos valores de pH do solo e altos teores de matéria orgânica diminuem a disponibilidade de cobre para a planta.

2.4 Uso de resíduos orgânicos

Os fertilizantes orgânicos podem provir de matéria prima vegetal ou animal. Os esterco animais vêm sendo utilizados na agricultura há milênios, o confinamento de animais

em estábulos gera uma grande quantidade de dejetos, camas e restos de alimentos que após serem compostados (mineralizados), podem ser utilizados como fertilizantes (KIEHL, 1985).

De acordo com Norvell (1972), além de ser fonte de micronutrientes, os adubos orgânicos podem aumentar a solubilidade dos nutrientes já existentes no solo através da sua decomposição por microrganismos, ou reduzir a concentração através da atividade iônica e da formação de complexos solúveis com ânions de ácidos orgânicos.

Para a correta recomendação dos resíduos orgânicos, deve-se observar o custo do produto, disponibilidade próxima ao local de aplicação, pois o frete poderá inviabilizar sua utilização, as dificuldades de manejo, como forma de aplicação ou a necessidade de maquinários específicos, as diferenças entre os tratamentos culturais e as necessidades nutricionais da cultura implantada (SILVA, 2005).

A composição dos esterco animais é bastante variável, visto que depende da espécie animal em particular, da idade do animal, do material utilizado como cama, da alimentação do animal e do tratamento dado a matéria prima esterco (KIEHL, 1985).

Para Vitorino (2009), a cama de frango é o material utilizado para forrar o piso de uma instalação avícola e que recebe excrementos, penas e restos de ração durante o crescimento das aves. Os materiais mais utilizados são sabugo de milho triturado, maravalhas e casca de arroz.

Até recentemente, era recomendado aplicar cama de frango baseado na quantidade de nitrogênio presente na cama e nas exigências das culturas (SILVA, 2005). Atualmente, atendendo as normas de segurança ambiental, é sugerido que a recomendação seja feita com base no conteúdo de P_2O_5 da cama (MENEZES et al., 2004).

No Brasil a produção de perus foi implementada na região Sul e mais recentemente está avançando para o Cerrado com grande participação da região do Triângulo Mineiro (VITORINO, 2009).

Conforme Kiehl (1985), “A compostagem é um processo biológico de transformação da matéria orgânica crua em substâncias húmicas, estabilizadas, com propriedades e características completamente diferentes do material que lhe deu origem”.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área do experimento

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2007/2008, em nível de campo, na área experimental da Cia. Mineira de Açúcar e Álcool do Triângulo Mineiro Ltda. (CMAA), localizada na rodovia BR 497, km 28, Fazenda Lago Azul, município de Uberlândia-MG (nas coordenadas geográficas: 19° 04' 06.39" latitude sul, 48° 33' 59.86" longitude oeste e altitude de 720 m).

3.2 Clima da região

O clima predominante de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Aw, caracterizado como tropical chuvoso, megatérmico, típico de savanas, com inverno seco. A precipitação pluviométrica mensal e a temperatura média para a região de Uberlândia para o período de janeiro de 2007 a agosto de 2008, segundo dados meteorológicos coletados pelo Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos (LCRH) do Instituto da Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, estão apresentados nas Figuras 1 e 2. Observa-se que a temperatura média do mês mais frio foi superior a 15 °C e a precipitação do mês mais seco variou entre 37,5 a 0,0 mm de um ano para o outro.

O regime de umidade do solo de acordo com a Soil Taxonomy é “ustic”, com número de dias secos acumulados superior a 90 e inferior a 180 dias. A temperatura média do solo a 50 cm de profundidade está em torno de 22 °C, com diferença entre as temperaturas médias do verão e do inverno inferior a 5 °C, sendo classificado pela Soil Taxonomy como “Isohyperthermic”, (EMBRAPA, 1982).

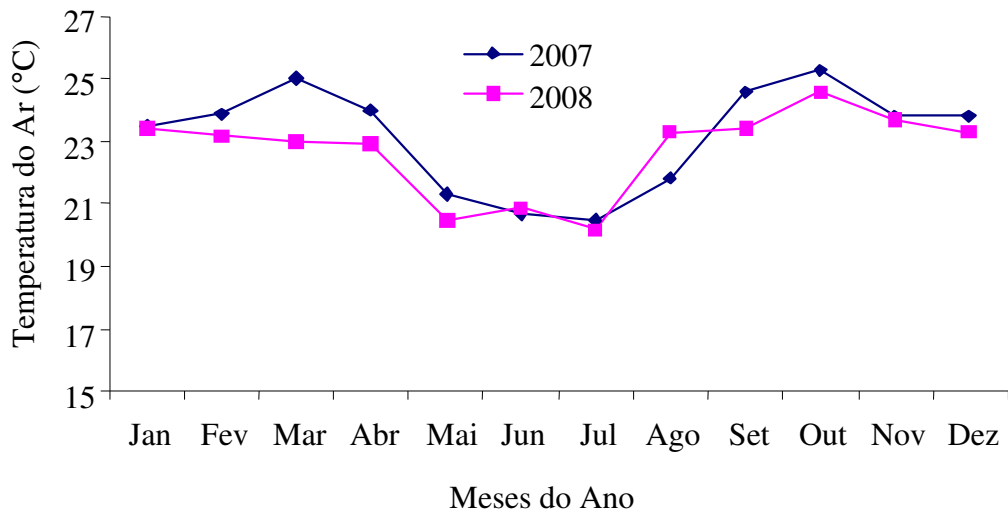


Figura 1. Temperatura média mensal no período de janeiro a dezembro nos anos de 2007 e 2008, para a região de Uberlândia, MG.

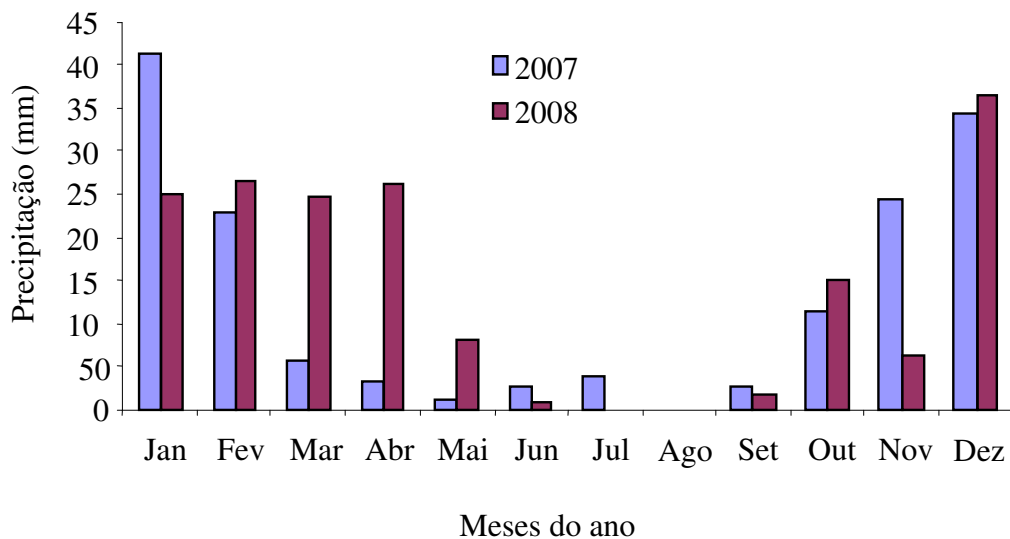


Figura 2. Distribuição da precipitação pluviométrica média mensal no período de janeiro a dezembro nos anos de 2007 e 2008, para a região de Uberlândia, MG.

3.3 Caracterização físico-química do solo na área experimental

O estudo foi conduzido em área recém iniciada com a cultura da cana-de-açúcar, anteriormente sob pastagem degradada de braquiária (*Brachiaria decumbens*). A unidade de solo é o Latossolo Vermelho distrófico (LVd), textura média, fase cerradão tropical e relevo suave ondulado (EMBRAPA, 1999). Esta unidade de solo é formada na região pelo

retrabalhamento de sedimentos do arenito Bauru e representa cerca de 60% da região do Triângulo mineiro.

Antes da implantação do experimento (abril de 2007), foram coletadas amostras de solo, na área experimental da fazenda, no município de Uberlândia-MG, para a caracterização físico-química do mesmo (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Caracterização física do solo da área experimental, amostrado nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm, em abril de 2007.

Prof.	AF	AG	Silte	Argila	ADA	Dp	Ds	DMG	Clas. Text. ¹
cm	..... g kg ⁻¹ .....					..... kg dm ⁻³		mm	
0-25	351	344	67	238	200,4	2,78	1,62	0,65	F.A.A ²
25-50	373	372	46	209	197,2	2,74	1,64	0,42	F.A.A

Prof = Profundidade; AF = Areia Fina; AG = Areia Grossa; ADA = Argila Dispersa em Água; Dp = Densidade de Partícula pelo método do anel de Koppek; Ds = Densidade do Solo pelo método do anel volumétrico; DMG = Diâmetro Mediano Geométrico de agregado. Areia, Silte e Argila pelo método NaOH 0,1 mol l⁻¹, (EMBRAPA, 1997). ¹Classificação textural de acordo com Ferreira & Dias Júnior (2001). ²F.A.A = Franco-argilo-arenosa.

Tabela 4. Caracterização química do solo da área experimental, amostrado nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm, em fevereiro de 2007.

Prof.	pH H ₂ O	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	V	m	MO
cm		.. mg dm ⁻³ ..		..... cmol _c dm ⁻³ .....							..... % .....		dag kg ⁻¹
0-25	5.7	6.9	18.0	0.0	1.1	0.2	1.8	1.4	1.4	3.2	43.0	0.0	2.1
25-50	5.2	0.7	15.0	0.2	0.5	0.1	2.0	0.6	0.8	2.6	24.0	24.0	0.8

Prof = profundidade; P, K = (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) P disponível (extrator Mehlich-1); Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); SB = Soma de Bases; t = CTC efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio (EMBRAPA, 1997), M.O. = Método Colorimétrico.

3.4 Caracterização dos fertilizantes utilizados

Foram utilizados os resíduos orgânicos cama de frango e de peru, esterco bovino, adubo compostado proveniente da estabilização de material orgânico a base de camas de aves em material humificado e, ainda, um formulado químico recomendado para a cultura da cana-de-açúcar. As camas de aves passaram por um período de estabilização, para posterior aplicação no solo. Foram coletadas amostras compostas dos resíduos orgânicos para posterior análise de caracterização, conforme resultados apresentados nas Tabelas 5, 6, 7 e 8.

Tabela 5. Caracterização química e físico-química da cama de frango utilizada no experimento em Uberlândia, MG.

Determinações	Base seca – 110°C	Umidade Natural
pH em CaCl ₂ 0,01 mol L ⁻¹	...	6,7
Densidade (g cm ⁻³)	...	0,588
Umidade Total (%)	...	45,34
Materiais Inertes (%)	...	7,07
Matéria orgânica total (%)	39,50	18,80
Carbono Total (%)	21,94	9,70
Carbono orgânico (%)	17,50	7,74
Resíduo Mineral Total (%)	61,24	29,14
Resíduo Mineral Solúvel (%)	31,38	13,88
Resíduo Mineral Insolúvel (%)	29,86	14,21
N total (%)	1,60	0,76
P total (%)	1,76	0,84
K total (%)	0,30	0,14
Ca total (%)	4,12	1,96
Mg total (%)	0,77	0,37
S total (%)	0,40	0,19
Cu total (mg kg ⁻¹)	500	238
Mn total (mg kg ⁻¹)	1009	480
Zn total (mg kg ⁻¹)	701	334
Fe total (mg kg ⁻¹)	12316	5861
B total (mg kg ⁻¹)	20	10
Na total (mg kg ⁻¹)	4960	2360
Relação C/N (C total e N total)	14/1	13/1

¹/Análises realizadas no LABAS-ICIAG-UFU; ²/ C total (oxidação da matéria orgânica com solução 0,17 mol L⁻¹ de dicromato de potássio e titulação do excesso de dicromato com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,5 mol L⁻¹); ³/ N (método micro-kjeldhal); ⁴/ P (método do vanadato-molibdato); ⁵/ K, Ca e Mg (espectrofotometria de chama); ⁶/ S (método gravimétrico); ⁷/ Cu, Mn, Zn e Fe (espectrofotometria de absorção atômica).

Tabela 6. Caracterização química e físico-química da cama de peru utilizada no experimento em Uberlândia, MG.

Determinações	Base seca – 110°C	Umidade Natural
pH em CaCl ₂ 0,01mol L ⁻¹	....	8,2
Densidade (g cm ⁻³)	....	0.366
Umidade Total (%)	....	15.88
Materiais Inertes (%)	....	1.19
Matéria orgânica total (%)	58,10	48,19
Carbono Total (%)	32,28	26,45
Carbono orgânico (%)	29,53	24,20
Resíduo Mineral Total (%)	42,74	35,45
Resíduo Mineral Solúvel (%)	18,77	15,38
Resíduo Mineral Insolúvel (%)	23,97	19,88
N total (%)	2,24	1,86
P total (%)	1,94	1,61
K total (%)	3,31	2,74
Ca total (%)	2,75	2,28
Mg total (%)	0,70	0,58
S total (%)	0,48	0,40
Cu total (mg kg ⁻¹)	303	251
Mn total (mg kg ⁻¹)	637	528
Zn total (mg kg ⁻¹)	448	371
Fe total (mg kg ⁻¹)	6348	5265
B total (mg kg ⁻¹)	50	41
Na total (mg kg ⁻¹)	55088	45689
Relação C/N (C total e N total)	14/1	14/1

¹/Análises realizadas no LABAS-ICIAG-UFU; ²/ C total (oxidação da matéria orgânica com solução 0,17 mol L⁻¹ de dicromato de potássio e titulação do excesso de dicromato com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,5 mol L⁻¹); ³/ N (método micro-kjeldhal); ⁴/ P (método do vanadato-molibdato); ⁵/ K, Ca e Mg (espectrofotometria de chama); ⁶/ S (método gravimétrico); ⁷/ Cu, Mn, Zn e Fe (espectrofotometria de absorção atômica).

Tabela 7. Caracterização química e físico-química do esterco bovino utilizada no experimento em Uberlândia, MG.

Determinações	Base seca – 110°C	Umidade Natural
pH em CaCl ₂ 0,01mol L ⁻¹	....	8,3
Densidade (g cm ⁻³)	....	0,526
Umidade Total (%)	....	56,03
Materiais Inertes (%)	....	0,39
Matéria orgânica total (%)	39,10	17,04
Carbono Total (%)	21,72	9,43
Carbono orgânico (%)	19,32	8,39
Resíduo Mineral Total (%)	61,36	26,74
Resíduo Mineral Solúvel (%)	12,19	5,29
Resíduo Mineral Insolúvel (%)	49,17	21,43
N total (%)	1,34	0,58
P total (%)	0,92	0,40
K total (%)	1,87	0,82
Ca total (%)	1,22	0,53
Mg total (%)	0,33	0,14
S total (%)	0,25	0,11
Cu total (mg kg ⁻¹)	39	17
Mn total (mg kg ⁻¹)	197	86
Zn total (mg kg ⁻¹)	135	59
Fe total (mg kg ⁻¹)	11452	4990
B total (mg kg ⁻¹)	50	22
Na total (mg kg ⁻¹)	16626	7245
Relação C/N (C total e N total)	16/1	16/1

¹/Análises realizadas no LABAS-ICIAG-UFU; ²/ C total (oxidação da matéria orgânica com solução 0,17 mol L⁻¹ de dicromato de potássio e titulação do excesso de dicromato com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,5 mol L⁻¹); ³/ N (método micro-kjeldhal); ⁴/ P (método do vanadato-molibdato); ⁵/ K, Ca e Mg (espectrofotometria de chama); ⁶/ S (método gravimétrico); ⁷/ Cu, Mn, Zn e Fe (espectrofotometria de absorção atômica).

Tabela 8. Caracterização química e físico-química do Fertilizante Orgânico Valoriza-S¹ (Compostado) utilizado no experimento em Uberlândia, MG.

Determinações	Umidade Natural
pH em CaCl ₂ 0,01mol L ⁻¹	7,8
Umidade Total (%)	30
Matéria orgânica total (%)	38
N total (%)	2,7
P total (%)	4,2
K total (%)	2,0
Ca total (%)	4,2
Mg total (%)	1,32
S total (%)	0,78
Cu total (mg kg ⁻¹)	81,50
Mn total (mg kg ⁻¹)	445
Zn total (mg kg ⁻¹)	476,75
Fe total (mg kg ⁻¹)	11000
B total (mg kg ⁻¹)	182
Na total (mg kg ⁻¹)	4400
Relação C/N (C total e N total)	12,75/1

¹/Análise disponibilizada pela Valoriza Fertilizantes.

3.5. Delineamento estatístico

A área experimental necessária para a implantação da pesquisa foi de 0,9 ha, dividida em quatro blocos com 10 parcelas cada de 10 m x 15 m, perfazendo um total de 40 parcelas, separadas entre si por 1,5 m. O espaçamento entre linhas de 1,5m, perfazendo um total de 10 linhas de plantio/parcela, sendo que a área-útil da parcela foi constituída de apenas 8 linhas, ficando 2 para a bordadura. O preparo do solo consistiu em operações sucessivas de subsolagem, gradagem pesada, gradagem niveladora e abertura de sulcos de 50 cm de profundidade com sulcador.

Inicialmente toda a área agrícola recebeu, para a correção do solo, de acordo com os resultados da análise de solo a aplicação de 3,50 t ha⁻¹ de calcário e 1,50 t ha⁻¹ de gesso agrícola a lançar na área toda, em quantidades visando atingir saturação por bases de 60%,

recomendada pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999) para a cultura da cana-de-açúcar.

O controle de plantas infestantes foi feito com a aplicação do herbicida Glifosato na quantidade de 3,50 L ha⁻¹, em jato dirigido.

O delineamento da área experimental foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial de parcelas subdivididas no espaço em 5x2x6 (tipo de adubo, gesso agrícola e profundidade). A variedade de cana-de-açúcar plantada foi a RB 867515 de ciclo médio/tardia, denominada de “cana-de-ano e meio”, esta variedade foi escolhida de acordo com a época de plantio e as condições climáticas da região e também por possuir maiores produtividades. Os adubos utilizados foram os seguintes resíduos orgânicos: cama de frango (CF), cama de peru (CP), compostado (AC) e esterco bovino (EB). A testemunha foi constituída pelo fertilizante mineral MAP (fosfato monoamônico com 44% de P₂O₅ solúvel em H₂O) de recomendação tradicional para a cana, todos combinados com a presença (com G) e a ausência de gesso agrícola (sem G) previamente misturado ao adubo.

A aplicação dos fertilizantes ocorreu no mesmo dia do plantio, manualmente, no fundo do sulco de plantio e incorporadas com o auxílio de um rastelo, esta operação foi realizada em maio de 2007. A quantidade de dejetos orgânicos e adubo mineral, aplicado no sulco de plantio (Tabela 9) basearam-se na quantidade de P₂O₅ presente no adubo, e na necessidade da cultura da cana-de-açúcar, segundo a CFSEMG (1999) que é de 140 kg ha⁻¹. As mudas foram cobertas com até 14 cm de solo.

Tabela 9. Quantidade de fertilizante orgânico e mineral utilizada em cada tratamento.

Fertilizantes	Espaçamento entre sulco (m)	Parcela (m ²)	Quant./ 10m sulco (kg)	Total ha ⁻¹ (kg)
Adubação mineral (AM)	1,5	150	0.31	208
Cama de Frango (CF)	1,5	150	6.0	4800
Cama de Peru (CP)	1,5	150	4.3	3425
Esterco Bovino (EB)	1,5	150	16.7	13333
Compostado (AC)	1,5	150	3.6	2858
Gesso Agrícola (G)	1,5	150	1.50	1650

3.6 Coleta de amostras e análise de solo

As amostras de solo foram coletadas na linha de plantio, nas profundidades de 0-15; 15-30; 30-45; 45-60; 60-75 e 75-90 cm, em julho de 2008. As determinações de campo e as

amostras para esta pesquisa foram realizadas ao acaso em cada parcela que compõem os diferentes tratamentos. A coleta do solo foi feita com o instrumento trado do tipo holandês, no qual era feito toaleta a cada profundidade, para evitar possíveis contaminações. O solo foi colocado em saco plástico limpo, devidamente identificado e enviado ao laboratório.

As amostras de solo foram secas ao ar (TFSA), peneiradas (malha de 2 mm) e submetidas a extração com solução de DTPA (EMBRAPA, 1997). As determinações analíticas dos micronutrientes nos extratos de solo foram feitas por espectrofotometria de absorção atômica convencional com chama ar/acetileno.

As análises químicas para diagnosticar no solo (EMBRAPA, 1997) os micronutrientes: ferro, zinco, manganês e cobre, foram realizadas no Laboratório de Análise de Solos (LABAS) do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

3.7 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o programa SISVAR (FERREIRA, 2008). Os resultados constaram de análise de variância, sendo utilizado o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, em esquema de parcela subdivididas no espaço, tendo como fatores da parcela os tipos de adubos com e sem gesso agrícola e suas interações nas subparcelas que foram avaliadas nas profundidades 0-15, 15-30, 30-45, 45-60, 60-75 e 75-90 cm.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Cobre

Para os teores de cobre no solo nenhuma interação foi significativa (Tabela 10), portanto as variáveis fertilizante, profundidade e gesso foram analisadas separadamente. O coeficiente de variação foi de 48,60 sendo classificado como alto (acima de 20), portanto houve muita variação entre as parcelas.

Tabela 10. Análise de variância para o micronutriente cobre.

FV	GL	S	QM	F	Probabilidade ¹
TRAT	4	1.235583	0.308896	6.071	0.0001
GEDSO	1	0.001500	0.001500	0.029	0.8639
PROF	5	1.290333	0.258067	5.072	0.0002
BLOCO	3	2.149500	0.716500	14.083	0.0000
TRAT*GEDSO	4	0.421417	0.105354	2.071	0.0866
TRAT*PROF	20	0.748417	0.037421	0.735	0.7856
GEDSO*PROF	5	0.006000	0.001200	0.024	0.9998
TRAT*GEDSO*PROF	20	0.833583	0.041679	0.819	0.6882
erro	177	9.005500	0.050879		
Total corrigido	239	15.691833			
CV (%) =	48.60				
Média geral:	0.4641667	Número de observações:	240		

¹ Significativo para probabilidade < 0.05.

Para a variável fertilizante, Tabela 11, em todos os tratamentos em que se aplicaram fontes orgânicas os teores de Cu variaram entre 10 a 53% superior ao valor obtido no tratamento com adubação mineral. O maior teor de cobre foi obtido com o uso da cama de frango que apresentou teor de 0,567 mg dm⁻³, porém esta não diferiu da cama de peru e do adubo compostado. Apesar de o tratamento com aplicação de adubo mineral ter apresentado a menor média (0.369 mg dm⁻³), ele não diferiu dos tratamentos esterco bovino e adubo compostado.

Os maiores teores de Cu no solo, encontrados para o tratamento cama de frango, podem ser explicados pela maior presença deste micronutriente neste dejetos, 500 mg kg⁻¹ de Cu total a base seca (Tabela 5), sendo 66% maior que a cama de peru que com 303 mg kg⁻¹ de Cu total a base seca (Tabela 6), é o segundo dejetos com maior teor deste elemento.

Tabela 11. Teores de cobre (mg dm^{-3}) no solo submetido a diferentes fertilizantes.

Fertilizantes				
Adubo Mineral	Cama de Frango	Cama de Peru	Esterco Bovino	Adubo Compostado
0.369 c	0.567 a	0.519 ab	0.408 bc	0.458 abc
CV (%): 48,60; DMS: 0,127				

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Para a variável profundidade (Tabela 12), ocorreram diferenças, sobressaindo à profundidade de 0 a 15 cm apresentando $0,580 \text{ mg dm}^{-3}$ de cobre, porém esta não diferiu das profundidades de 15 a 30 e 30 a 45 cm. Apresentando apenas $0,358 \text{ mg dm}^{-3}$ a profundidade de 75 a 90 cm obteve as menores médias de cobre no solo, porém esta não diferiu das profundidades 60 a 75, 45 a 60 e 30 a 45 cm.

Nas profundidades avaliadas observou-se uma amplitude nos teores entre $0,358$ a $0,580 \text{ mg dm}^{-3}$ de cobre. Segundo a CFSEMG (1999), os teores apresentados encontram-se de acordo com as classes de interpretação como muito baixo ($\leq 0,3 \text{ mg dm}^{-3}$) e baixo ($0,4$ a $0,7 \text{ mg dm}^{-3}$).

Tabela 12. Teores de cobre (mg dm^{-3}) no solo avaliado em diferentes profundidades.

Profundidades (cm)					
0 - 15	15 - 30	30 - 45	45 - 60	60 - 75	75 - 90
0.580 a	0.525 ab	0.478 abc	0.430 bc	0.415 bc	0.358 c
CV (%): 48,60; DMS: 0,1454					

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Mattias et al. (2003) observaram que o Cu teve incremento significativo na profundidade de 0 a 2,5 cm, com teor médio superior a 100 mg L^{-1} , com aplicação de $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de esterco líquido de suínos, e na profundidade de 10 a 20 cm os teores encontravam-se semelhantes aos observados na testemunha sem aplicação. Esperava-se que o mesmo comportamento ocorreria neste experimento em que o acréscimo do micronutriente avaliado concentrou-se em uma pequena fração da profundidade, próxima do local no sulco onde se aplicaram os resíduos, porém neste trabalho, os maiores teores desse nutriente foram notados nas primeiras camadas de solo, bem acima da profundidade onde se aplicaram os fertilizantes.

Não era esperada muita movimentação do cobre, pois a baixa movimentação deste nutriente pode ser decorrente da complexação do metal pela matéria orgânica, presente nos resíduos.

A imobilidade do Cu também foi observada por Williams et al. (1987), Dowdy et al. (1991) e Chino et al. (1992) em experimentos de campo com a aplicação de elevadas doses de lodo de esgoto, monitorados por períodos de respectivamente 9, 14 e 12 anos.

A imobilidade do cobre normalmente é atribuída a formação de complexos organometálicos estáveis (WILLIAMS et al., 1980; TAYLOR et al., 1995) e de baixa solubilidade. Além da complexação com substâncias orgânicas, Matos et al. (1996) salientaram que a imobilidade do Cu pode ser devida também a sua ligação a frações não trocáveis do solo o que foi comprovado por Amaral Sobrinho et al. (1997), os quais verificaram em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo com baixos teores de matéria orgânica, que o Cu adicionado via resíduo siderúrgico estava quase que totalmente ligado a fração residual e a óxidos de Fe e Mn.

Para a variável gesso agrícola (Tabela 13), não ocorreu diferença estatística entre os tratamentos com e sem aplicação de gesso. Portanto a aplicação de gesso agrícola no fundo do sulco de plantio não alterou os teores de cobre no perfil do solo, sugerindo que este não promoveu a solubilização do cobre presente nos fertilizantes orgânicos utilizados neste trabalho (cama de frango, cama de peru, esterco bovino e adubo compostado).

Tabela 13. Teores de cobre (mg dm^{-3}) no solo submetidos à aplicação com e sem gesso agrícola.

Gesso agrícola	
Com gesso	0.4667 a
Sem gesso	0.4617 a
CV (%): 48,60; DMS: 0,0575	

Médias não significativas a 5 % de probabilidade pelo teste de F.

Segundo Ribeiro Filho et al. (2001), a adição de gesso não alterou a distribuição de cobre em decorrência possivelmente da competição do cálcio pelos novos sítios de adsorção, desfavorecendo a associação desse elemento a esses sítios. O gesso costuma ser associado à solubilidade dos metais por meio do deslocamento desse pelo complexo de troca pelo Ca^{2+} .

4.2 Ferro

Para os teores de ferro no solo apenas a interação tratamento-gesso foi significativa (Tabela 14), portanto a variável profundidade foi analisada separadamente. O coeficiente de variação foi classificado como alto (acima de 20), portanto houve muita variação entre as parcelas.

Tabela 14. Análise de variância para o micronutriente ferro.

FV	GL	S	QM	F	Probabilidade ¹
TRAT	4	70.608333	17.652083	4.332	0.0023
GESSO	1	18.704167	18.704167	4.590	0.0335
PROF	5	6523.020833	1304.604167	320.135	0.0000
BLOCO	3	73.445833	24.481944	6.008	0.0006
TRAT*GESSO	4	72.358333	18.089583	4.439	0.0019
TRAT*PROF	20	77.291667	3.864583	0.948	0.5272
GESSO*PROF	5	33.820833	6.764167	1.660	0.1467
TRAT*GESSO*PROF	20	63.741667	3.187083	0.782	0.7328
erro	177	721.304167	4.075165		
Total corrigido	239	7654.295833			
CV (%) =	24.19				
Média geral:	8.3458333	Número de observações:	240		

¹ Significativo para probabilidade < 0.05.

Para as médias dos teores de ferro no solo (Tabela 15), avaliando-se as diferenças entre aplicação ou não de gesso, observou-se diferenças, sendo que a aplicação de gesso foi superior para os tratamentos adubação mineral, cama de peru e adubo compostado. Já para o tratamento esterco bovino a condição sem aplicação de gesso agrícola foi superior a com aplicação de gesso agrícola. E para o fertilizante cama de frango não houve diferença entre a aplicação com e sem gesso agrícola.

Avaliando-se as diferenças entre os tratamentos observou-se que sem a aplicação de gesso agrícola houve diferença, sobressaindo o esterco bovino com teor de 9,875 mg dm⁻³, porém não diferiu do tratamento com o uso da cama de frango. Com 6,917 mg dm⁻³ o tratamento adubo compostado obteve o menor teor de cobre, porém não diferiu dos tratamentos com uso de adubo mineral, cama de peru e cama de frango. Com a aplicação de gesso agrícola não houve diferença entre os tratamentos.

Tabela 15. Teores de ferro (mg dm^{-3}) no solo submetido a diferentes fertilizantes com e sem aplicação de gesso agrícola.

Gesso Agrícola	Fertilizantes				
	Adubo Mineral	Cama de Frango	Cama de Peru	Esterco Bovino	Adubo Compostado
Com gesso	8,417 Aa	8,250 Aa	9,125 Aa	8,667 Ba	8,667 Aa
Sem gesso	7,208 Bb	8,458 Aab	7,875 Bb	9,875 Aa	6,917 Bb
CV (%): 24,19; DMS Fertilizantes: 1,607 e DMS Gesso: 1,150					

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, e minúscula na linha, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

A Tabela 16 apresenta os teores médios de ferro no solo para a variável profundidade, em que ocorreu diferença, sobressaindo à profundidade de 30 a 45 cm com $14,600 \text{ mg dm}^{-3}$ de ferro, porém esta não diferiu da profundidade de 0 a 15 cm. Inferior a estas com $12,525 \text{ mg dm}^{-3}$, a profundidade de 45 a 60 cm ainda foi superior as profundidades de 15 a 30, 60 a 75 e 75 a 90 cm.

Tabela 16. Teores de ferro (mg dm^{-3}) no solo avaliado em diferentes profundidades.

Profundidades (cm)					
0 - 15	15 - 30	30 - 45	45 - 60	60 - 75	75 - 90
13,425 ab	2,775 c	14,600 a	12,525 b	3,725 c	3,025 c
CV (%): 24,19 ; DMS: 1,301					

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Os baixos teores de ferro verificados na profundidade de 15 a 30 cm podem ser explicados pela maior concentração de raízes absorventes de nutrientes nesta profundidade, ocasionando em maior absorção deste nutriente. Outro fator que pode estar relacionado com os baixos teores encontrados de Fe, apesar de ser o metal em grande concentração nos resíduos (Tabelas 5 a 8), pode estar relacionado com o relato de Nascimento et al. (2004) que observaram aumento relativamente pequeno de disponibilidade no solo de Fe com aplicação de Lodo de esgoto, indicando encontrar-se no resíduo em formas de baixa disponibilidade, como, por exemplo, óxidos de ferro.

Demattê et al. (2003) observaram que a dinâmica dos elementos do solo, entre eles a matéria orgânica e a presença do ferro nos solos tropicais, ainda não está totalmente compreendida, o que dificulta a utilização prática deste elemento em estudos. O mesmo

pensamento pode ser aplicado em estudos com utilização de resíduos orgânicos uma vez que um grande volume de inter-relações ocorre.

Os teores de Fe observados neste experimento encontram-se dentro da faixa de ocorrência nos solos brasileiros, que segundo Silva et al. (1998) é de até 35 mg dm⁻³.

De acordo com a Tabela 2 (CFSEMG, 1999), os teores de ferro se enquadram em níveis baixo (9-18 mg dm⁻³) de disponibilidade no solo nas profundidades de 0 a 15, 30 a 45 e 45 a 60 cm. Já nas profundidades de 15 a 30, 60 a 75 e 75 a 90 os níveis de ferro do solo estiveram em muito baixo (≤ 8 mg dm⁻³).

4.3 Manganês

Para os teores de manganês no solo apenas a interação tratamento-gesso foi significativa (Tabela 17), portanto a variável profundidade foi analisada separadamente. O coeficiente de variação foi classificado como alto (acima de 20), portanto houve muita variação entre as parcelas.

Tabela 17. Análise de variância para o micronutriente manganês.

FV	GL	S	QM	F	Probabilidade ¹
TRAT	4	46.084333	11.521083	4.253	0.0026
GESSO	1	27.405042	27.405042	10.117	0.0017
PROF	5	132.144708	26.428942	9.756	0.0000
BLOCO	3	268.695792	89.565264	33.063	0.0000
TRAT*GESSO	4	34.597667	8.649417	3.193	0.0146
TRAT*PROF	20	31.362167	1.568108	0.579	0.9236
GESSO*PROF	5	17.814708	3.562942	1.315	0.2596
TRAT*GESSO*PROF	20	21.363833	1.068192	0.394	0.9912
erro	177	479.481708	2.708936		
Total corrigido	239	1058.949958			
CV (%) =	48.88				
Média geral:	3.3670833	Número de observações:	240		

¹ Significativo para probabilidade < 0.05.

Para os teores de manganês no solo (Tabela 18), avaliando as diferenças entre aplicação com e sem gesso, observou-se diferenças para os tratamentos com uso de cama de

frango e esterco bovino, em que o tratamento sem aplicação de gesso agrícola foi superior para ambos. Nos demais tratamentos e profundidades não ocorreram diferenças entre a aplicação com e sem gesso agrícola.

Tabela 18. Teores de manganês (mg dm^{-3}) no solo submetido a diferentes fertilizantes com e sem aplicação de gesso agrícola.

Gesso Agrícola	Fertilizantes				
	Adubo Mineral	Cama de Frango	Cama de Peru	Esterco Bovino	Adubo Compostado
Com gesso	2,683 Aa	3,175 Ba	3,346 Aa	3,063 Ba	2,879 Aa
Sem gesso	3,592 Aabc	4,475 Aab	3,313 Abc	4,646 Aa	2,500 Ac
CV (%): 48,88; DMS Fertilizantes: 1,310 e DMS Gesso: 0,938					

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, e minúscula na linha, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Avaliando-se as diferenças entre os tratamentos, observou-se que sem a aplicação de gesso agrícola houve diferença entre os tratamentos, o maior teor de manganês ($4,646 \text{ mg dm}^{-3}$) foi obtido no tratamento com aplicação de esterco bovino, porém este tratamento só diferiu do tratamento com aplicação do adubo compostado e cama de peru. Já com a aplicação de gesso agrícola não houve diferença entre os fertilizantes.

Avaliando os teores médios de manganês nas profundidades amostradas do solo (Tabela 19), ocorreram diferenças, sobressaindo à profundidade de 0 a 15 cm com $4,715 \text{ mg dm}^{-3}$ de ferro, porém esta não diferiu da profundidade de 15 a 30 cm que por sua vez não diferiu das profundidades de 30 a 45 e de 60 a 75cm. Com apenas $2,660$ a profundidade 45 a 60 cm obteve a menor média.

Tabela 19. Teores de manganês (mg dm^{-3}) no solo avaliado em diferentes profundidades.

Profundidades (cm)					
0 - 15	15 - 30	30 - 45	45 - 60	60 - 75	75 - 90
4,715 a	3,955 ab	3,223 bc	2,660 c	2,953 bc	2,698 c
CV (%): 48,88 ; DMS: 1,061					

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Os teores de Mn no perfil do solo tenderam a diminuir com o aumento da profundidade, com exceção da profundidade de 45 a 60 cm que obteve o menor teor de

manganês, fato que pode ser explicado pelo possível aumento do pH do solo, provocado pela adição desse resíduo (pH = 7,8) naquela profundidade, o mesmo foi observado por Silva et al. (2001) ao utilizar lodo de esgoto. Os teores médios de manganês observados estão dentro da faixa de interpretação de disponibilidade de micronutrientes da CFSEMG (1999) como baixo ($3-5 \text{ mg dm}^{-3}$) e muito baixo (até 2 mg dm^{-3}).

4.4 Zinco

Para os teores de zinco no solo nenhuma interação foi significativa (Tabela 20), portanto as variáveis fertilizante, profundidade e gesso agrícola foram analisadas separadamente. O coeficiente de variação de 96,76 foi classificado como alto (acima de 20), portanto houve muita variação entre as parcelas.

Tabela 20. Tabela de análise de variância para o micronutriente zinco.

FV	GL	S	QM	F	Probabilidade ¹
TRAT	4	0.765667	0.191417	3.094	0.0171
GESSO	1	0.176042	0.176042	2.845	0.0934
PROF	5	4.511208	0.902242	14.581	0.0000
BLOCO	3	0.300458	0.100153	1.619	0.1867
TRAT*GESSO	4	0.341667	0.085417	1.380	0.2426
TRAT*PROF	20	1.284833	0.064242	1.038	0.4202
GESSO*PROF	5	0.165208	0.033042	0.534	0.7503
TRAT*GESSO*PROF	20	0.930833	0.046542	0.752	0.7672
erro	177	10.952042	0.061876		
Total corrigido	239	19.427958			
CV (%) =	96.76				
Média geral:	0.2570833	Número de observações:	240		

¹ Significativo para probabilidade < 0.05.

Avaliando os teores médios de zinco no solo, observou-se diferença entre os fertilizantes (Tabela 21), sobressaindo-se o tratamento com uso de cama de frango com $0,340 \text{ mg dm}^{-3}$ diferindo apenas do tratamento com uso de adubo mineral, porém todas fontes orgânicas estudadas neste experimento obtiveram teores de zinco entre 16 e 83% maiores que o da adubação mineral.

Nenhum dos tratamentos estudados neste trabalho foi eficiente em prover a disponibilidade de zinco no solo ideal para a cana-de-açúcar, estando esta disponibilidade em baixo e muito baixo, conforme a Tabela 1 (CFSEMG, 1999) de classes de interpretação da disponibilidade para os micronutrientes.

Tabela 21. Teores de zinco (mg dm^{-3}) no solo submetido a diferentes fertilizantes.

Fertilizantes				
Adubação Mineral	Cama de Frango	Cama de Peru	Esterco Bovino	Adubo Compostado
0,185 b	0,340 a	0,302 ab	0,215 ab	0,244 ab
CV (%): 96,76; DMS: 0,140				

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Nenhum dos tratamentos estudados neste trabalho foi eficiente em prover a disponibilidade de zinco no solo ideal para a cana-de-açúcar, estando estes teores classificados em muito baixo, conforme a Tabela 2 (CFSEMG, 1999) de classes de interpretação da disponibilidade para os micronutrientes.

Para a variável profundidade (Tabela 22), ocorreu diferenças entre os teores médios de zinco, sendo que a profundidade de 0 a 15 cm com $0,518 \text{ mg dm}^{-3}$ foi superior a todas as demais. Com $0,343 \text{ mg dm}^{-3}$ a profundidade de 15 a 30 cm foi superior as profundidades inferiores a ela, porém não diferiu da profundidade de 30 a 45 cm. Com apenas $0,123 \text{ mg dm}^{-3}$ a profundidade de 75 a 90 cm obteve o menor teor médio de zinco no solo, porém esta não diferiu das profundidades 30 a 45, 45 a 60 e 60 a 75 cm.

Tabela 22. Teores de zinco (mg dm^{-3}) no solo avaliado em diferentes profundidades.

Profundidades (cm)					
0 - 15	15 - 30	30 - 45	45 - 60	60 - 75	75 - 90
0,518 a	0,343 b	0,243 bc	0,158 c	0,160 c	0,123 c
CV (%): 96,76; DMS: 0,160					

Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Para a variável gesso agrícola (Tabela 23), não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos com e sem uso de gesso, portanto o uso de gesso agrícola no fundo do sulco de plantio não alterou os teores de zinco no perfil do solo, nem proporcionou aumento da

disponibilidade dos micronutrientes presentes nas fontes orgânicas utilizadas neste trabalho (cama de frango, cama de peru, esterco bovino e adubo compostado).

Tabela 23. Teores de zinco (mg dm^{-3}) no solo submetidos à aplicação com e sem gesso agrícola.

Gesso agrícola	
Com gesso	0,230 a
Sem gesso	0,284 a
CV (%): 96,76; DMS: 0,063	

Médias não significativas a 5 % de probabilidade pelo teste de F.

Os resultados obtidos para os teores de Cu, Fe, Mn e Zn, com relação a variável gesso agrícola sugerem que a calagem ($3,5 \text{ t ha}^{-1}$) e gessagem ($1,5 \text{ t ha}^{-1}$), previamente realizada, tenham sido eficientemente incorporada, em se tratando da cultura da cana-de-açúcar que requer sulcagem profunda, localmente facilitada pela textura do solo (cerca de 70% de areias).

5 CONCLUSÕES

O uso de resíduos orgânicos promoveu incremento nos teores de cobre, ferro e zinco, comparado a adubação mineral, para pelo menos uma das fontes orgânicas utilizadas.

A aplicação de gesso agrícola provocou pouca alteração nos teores de micronutrientes ao longo do perfil do solo.

Os teores dos micronutrientes no solo estiveram abaixo do nível crítico de Classes de interpretação de disponibilidade de micronutrientes, portanto ao se aplicar os resíduos orgânicos, estes não causarão fitotoxides à cultura da cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A. de.; FERREIRA, M. E.; BORKERT, C. M. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: zinco e cobre. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da.; RAIJ, B. van.; ABREU, C. A. de.(Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 355-369
- AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; VELLOSO, A.C.X.; OLIVEIRA, C. Solubilidade de metais pesados em solo tratado com resíduo siderúrgico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.9-16, 1997.
- AGÊNCIA ANGOLA PRESS. **Diesel de cana-de-açúcar será vendido a partir de 2011**. 2010. Disponível em: (http://www.portalangop.co.ao/motix/pt_pt/noticias/internacional/2010/6/29/Diesel-cana-acucar-sera-vendido-partir-2011,2269d004-1992-41c4-95c7-bc55a51db267.html). Acesso em: 22 jul. 2010.
- CANAL RURAL. **São Paulo testa diesel de cana-de-açúcar em ônibus**. 2010. Disponível em: (<http://www.canalrural.com.br/canalrural/jsp/default.jsp?uf=2§ion=Canal%20Rural&id=2978697&action=noticias>). Acesso em: 22 jul.2010.
- CHINO, M.; SHIGEKO, G.; KUMAZAWA, K.; OWA, N.; YOSHIOKA, O.; TAKECHI, N.; INANAGA, S.; INOU, H.; DELONG, C.; YOUSSEF, R.A. Behavior of zinc and copper in soil with long term application of sewage sludges. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v.38, p.159-167, 1992.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª** Aproximação. Viçosa, 1999. 359 p.
- DEMATTÊ, J.A.M.; EPIPHANIO, J.C.N.; FORMAGGIO, A.R. Influência da matéria orgânica e de formas de ferro na reflectância de solos tropicais. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 3, p. 451-464, set/dez. 2003.
- DOWDY, R.H.; LATTERELL, J.J.; HINESLY, T.D.; GROSSMAN, R.B.; SULLIVAN, D.L. Trace metal movement in na aeris ochraqualf following 14 years of annual sludge applications. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.20, p. 119-123, 1991.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Serviço de Produção de Informação, 1999. 412 p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação de aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro: Embrapa/SNLCS, 1982, 526 p.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, M. M.; DIAS JÚNIOR, M. de S. **Física do Solo**. 2001. 252 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Meio Ambiente), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

GASCHO, G.J.; ANDERSON, D.L.; BOWEN, J.E. Sugarcane. In: BENNETT, W.F. (Ed.) **Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants**. Saint Paul: APS Press, 1993. p. 37-42.

GUPTA, U. C. Micronutrientes e elementos tóxicos em plantas e animais. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da.; RAIJ, B. van.; ABREU, C. A. de. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 13-31

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica “Ceres”, 1985. 492 p.

MALAVOLTA, E. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MATOS, A.T.; FONTES, M.P.F.; JORDÃO, C.P.; COSTA, L.M. Mobilidade e formas de retenção de metais pesados em Latossolo Vermelho Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.379-386, 1996.

MATTA, F. M. Da.; LOUREIRO, M. E. **Nutrição mineral de plantas**. Faculdade da Amazônia. 2008. Disponível em: (<http://www.scribd.com/doc/2434865/Nutricao-mineral-de-plantas>) Acesso em: 21 jul. 2010.

MATTIAS, J. L.; MOREIRA, I. C. L. CERETTA, C. A.; POCOJESKI, E.; GIROTTO E.; TRENTIN, E. E. **Lixiviação de cobre, zinco e manganês no solo sob aplicação de dejetos líquidos de suínos**. Santa Maria: UFSM, 2003. 4 p.

MELARATO, M.; PANOBIANCO, M.; VITTI, G.C.; VIEIRA, R. D. Manganês e potencial fisiológico de sementes de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p.1069-1071, 2002.

MENEZES, J. F. S.; ALVARENGA, R. C.; SILVA, G. P.; KONZEN, E. A.; PIMENTA, F. F. **Cama de frango na agricultura: perspectivas e viabilidade técnica e econômica**. (Boletim técnico/ FESURV - ano 1 - n.3, fevereiro-2004), Rio Verde-GO: FESURV, 2004.

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 ciências do solo**, Viçosa, v. 28. p. 385-392, 2004.

OLSEN, S. R. Micronutrient interactions. In MORTVEDT, J. J., GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972. p. 243-261.

ORLANDO FILHO, J. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G. M. S.; OLIVEIRA, E. A.M. (Ed.). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1993. p. 133-146.

ORLANDO FILHO, J.; ROSSETTO, R.; CASAGRANDE, A. A. Cana-de-açúcar. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da.; RAIJ, B. van.; ABREU, C. A. de. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 355-369.

PARLAMENTO EUROPEU, **Pacote clima-energia**: "três vintes" até 2020. 2008. Disponível em: (<http://www.google.com.br/search?hl=pt-BR&q=brasil+maior+produtor+mundial+de+cana-de-a%C3%A7%C3%ACar&btnG=Pesquisa+Google&meta=&aq=f&oq=>), Acesso em: 19 ago. 2009.

RIBEIRO FILHO, M. R.; SIQUEIRA, J. O.; CURTI, N.; SIMÃO, J. B. P. Fracionamento e biodisponibilidade de metais pesados em solo contaminado, incubado com materiais orgânicos e inorgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 495 – 507, 2001.

SILVA, A. de A; **Potencialidade da recuperação de pastagem de *Brachiaria decumbens* fertilizada com camas e aviário e fontes minerais**. 2005. 152 f. (Mestrado em Ciências Veterinárias), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S. ZOTELLI, H. B.; PEXE, C. A.; BERNADES, E. M. Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto: nutrientes, metais pesados e produtividade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, p. 1 – 8, 1998.

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R. S.; ZOTELLI, H. B.; PEXE, C. A.; BERNADES, E. M. Efeito de lodo de esgoto na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 5, p. 831 – 840, maio 2001.

TAYLOR, R.W.; XIU, H.; MEHADI, A.A.; SHUFORD, J.W.; TADESSE, W. Fractionation of residual cadmium, copper, nickel, lead, and zinc in previously sludge-amended soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.26, p.2193-2204, 1995.

VITORINO, L. B; **Micronutrientes e metais pesados no solo e na cana-de-açúcar fertilizada com dejetos orgânicos e adubo mineral**. 2009. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

WILLIAMS, D.E.; VLAMIS, J.; PUKITE, A.H.; COREY, J.E. Trace element accumulation, movement, and distribution in the soil profile from massive applications of sewage sludge. **Soil Science**, Madison, v.129, p.119-132, 1980.

WILLIAMS, D.E.; VLAMIS, J.; PUKITE, A.H.; COREY, J.E. Metal movement in sludge-amended soils: a nine-year study. **Soil Science**, New Brunswick, v.143, p.124-131, 1987.