

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: ANÁLISE, PLANEJAMENTO E
GESTÃO AMBIENTAL**

**IMPACTO AMBIENTAL EM SISTEMA DE PASTAGEM SOB
APLICAÇÕES DE ESTERCO LÍQUIDO DE SUÍNOS**

JOVAIR LIBÉRIO DA CUNHA

**UBERLÂNDIA/MG
2009**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

JOVAIR LIBÉRIO DA CUNHA

**IMPACTO AMBIENTAL EM SISTEMA DE PASTAGEM SOB
APLICAÇÕES DE ESTERCO LÍQUIDO DE SUÍNOS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial à obtenção do título de doutor em Geografia.

Área de Concentração: Análise, Planejamento e Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr Luiz Nishiyama

Uberlândia/MG
INSTITUTO DE GEOGRAFIA

2009

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C972i Cunha, Jovair Libério da, 1955-
Impacto ambiental em sistema de pastagem sob
aplicações

de esterco líquido de suínos / Jovair Libério da Cunha. -
2009.

71 f. : il.

Orientador: Luiz Nishiyama.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Pro-
grama de Pós-Graduação em Geografia.

Inclui bibliografia.

1. Impacto ambiental - Teses. 2. Pastagens - Adubação -
Teses.
3. Suíno - Esterco - Teses. I. Nishiyama, Luiz. II.
Universidade
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
Geografia. III. Título.

CDU:

504.03

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Autor: JOVAIR LIBÉRIO DA CUNHA

**Título da Tese: IMPACTO AMBIENTAL EM SISTEMA DE
PASTAGEM SOB APLICAÇÕES DE ESTERCO LÍQUIDO DE
SUÍNOS**

Prof. Dr. Luiz Nishiyama (Orientador)

Prof. Dr. Leonardo de Oliveira Fernandes

Prof. Dr. Luiz Alfredo Pavanin

Prof. Dr. José Mauro Valente Paes

Prof^a. Dr^a. Vânia Silvia Rosolen

Data: 06 de Novembro de 2009

Resultado: Aprovado

À minha querida esposa Izabel
e ao meu filho Carlos Jovair, dedico esse trabalho.

“In memorian”

Á meus pais,
José Bento da Cunha e Maria Divina Gontijo.

Á meus Irmãos,
José Giovane da Cunha e Lázaro José Cunha.

Agradecimentos especiais

Ao meu tio Sr. Geraldo Martins Gontijo, pelo incentivo e apoio para o início de meus estudos no Colégio Agrícola de Bambuí, fato importante em minha carreira profissional sem o qual não teria chegado à obtenção do título de doutor.

Ao Dr. Antônio Batista Sancevero, que durante nosso convívio profissional e social na EPAMIG prestou-me um grande estímulo e apoio para prestar o vestibular para o curso de Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV).

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, na pessoa do Magnífico Reitor Prof. Dr. Eurípedes Ronaldo Ferreira Ananias, pelo apoio na condução dos trabalhos de campo. E à Digníssima Diretora Prof^a. Dr^a. Elaine Ciabotti, por acreditar e apoiar a pesquisa em nossa instituição.

À Universidade Federal de Uberlândia, na pessoa do Prof. Dr. Samuel do Carmo Lima, Diretor do curso de pós-graduação do Instituto de Geografia, pela atenção e cortesia dispensada aos pós-graduandos desta instituição.

Ao meu orientador Prof. Dr. Luis Nishiyama pelo apoio, convívio e compreensão a mim dispensados.

Aos Professores membros da Banca examinadora de qualificação e de defesa Prof^a. Dr^a. Vânia Silva Rosolen, ao Dr. José Mauro Valente Paes, e Prof. Dr. Leonardo de Oliveira Fernandes, Prof. Dr. Luiz Alfredo Pavanin pelas sábias e valorosas contribuições.

À Prof^a. Dr^a. Regina Célia Hadad, pela contribuição na defesa do projeto de pesquisa.

Aos Professores Mestres Paulo Vitorio Biulchi, Olegário Pinheiro de Souza e José Antônio Bessa pelo decisivo apoio à operacionalização dos trabalhos no campo experimental, enquanto coordenadores do DEPE.

Aos Pesquisadores MSc. Egídio Arno Konzen da EMBRAPA-CNPMS, Prof. Dr. Heitor Cantarella, Prof. Dr. Godofredo Cesar Vitti da ESALQ-USP, Prof^a. Dr^a. Maria Emília Mattiazzo-Prezotto da ESALQ-USP, Prof^a. Dr^a. Adriane de Andrade Silva da UFU, Prof. Dr. Luís César Drummond da Universidade Federal de Viçosa -UFV pelas valorosas sugestões no planejamento, condução e análise deste experimento.

Aos Professores Doutores Paulo Roberto Rezende Sá Santos e Adelar José Fabian pelos inestimáveis ensinamentos na área de fertilidade e física dos solos.

Aos Colegas Renato Farias do Valle Junior, Vera Lúcia Abdala, Antonio Hamilton Chaves, Waldemar Pamplona da Silva, Cléa Regina Fuchs, Othon Carlos da Cruz, Antonio Carlos Barreto pelo apoio, incentivo e amizade.

Ao Prof. Msc. Luiz Alberto Resende, Prof^ª. Msc. Sandra Maria Sousa Oliveira, Prof^ª. Mirian Dias Cardozo que como responsáveis pelo departamento de pedagogia apoiaram e incentivaram essa pesquisa.

Ao Prof. Dr. Wilson Jesus da Silva, Pesquisador da EMBRAPA pelo fornecimento dos dados meteorológicos utilizados nesta pesquisa.

À Prof^ª. doutoranda Renata Soares Serafim da FAZU, pela amizade e colaboração.

Ao Engenheiro Agrônomo Mauro Ferreira Machado, pela colaboração na interpretação da análise de solo da área experimental.

À Wolf Seeds pela doação das sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu usadas na implantação deste experimento.

Ao Sr. João de Oliveira Alves pela dedicação, responsabilidade e amizade demonstrados durante toda a condução deste experimento.

Ao aluno monitor José Ferreira Junior do Curso Superior em Tecnologia de Irrigação e Drenagem e a aluna monitora Amanda Rosa Custódio de Oliveira pelo auxílio na condução do experimento e coleta dos dados.

Aos meus irmãos José Gilmar da Cunha, Geraldo Jonas da Cunha, e irmãs Cilene Aparecida Cunha, Silvelena da Cunha da Silva, Silvana de Fátima da Cunha e Carla Helena da Cunha.

“A imaginação é mais importante que o conhecimento...”

Albert Einstein

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO	Viii
ABSTRACT	X
LISTA DE TABELAS	Xii
LISTA DE FIGURAS	Xiii
LISTA DE ABREVIACÕES	Xiv
1 – INTRODUÇÃO	1
2- REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 - Suinocultura e o manejo de dejetos	3
2.2 - Uso e aplicação de dejetos de suínos	5
2.3 - Impacto dos metais pesados na agricultura	7
3 - MATERIAL E MÉTODOS	12
3.1 – Localização da área Experimental	12
3.1.1 - Clima	13
3.1.2 - Descrição do solo	14
3.2 – Descrição da obtenção e caracterização do Esterco Líquido de Suínos	16
3.3 - Delineamento Experimental	20
3.4 – Implantação e condução do experimento	20
3.5 – Descrição dos tratamentos	22
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 - Quantidades de nutrientes aplicados com Esterco Líquido de Suínos	25
4.2 - Produtividade da MS e Teor foliar de PB, Cu e Zn	26
4.3 – Atributos de Solo	34
4.4 – Considerações finais	55
5- CONCLUSÕES	57
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

IMPACTO AMBIENTAL EM SISTEMA DE PASTAGEM SOB APLICAÇÕES DE ESTERCO LÍQUIDO DE SUÍNOS

RESUMO – Uma das principais alternativas para a disposição de esterco líquido de suínos é sua aplicação no solo. Porém, esse meio de disposição requer o monitoramento das aplicações, pois, pode ocorrer acúmulo dos nutrientes e cobre e zinco nas forrageiras e alterações dos parâmetros químicos do solo. O experimento foi instalado em área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro - Campus Uberaba, Brasil. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em que aplicou-se doses de esterco líquido de suínos de 100; 200; 300 e 600 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ e quatro repetições. O objetivo desta pesquisa foi avaliar o uso do esterco líquido de suínos na produtividade da matéria seca, teor de proteína bruta e bioacumulação de cobre e zinco na forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e avaliar as alterações em alguns atributos químicos do solo (MO, P, K, S, Cu, Zn e CTC) em um Latossolo vermelho distrófico (LVd) típico do bioma cerrado na mesorregião do Triângulo Mineiro. Verificou-se que a aplicação sucessiva do esterco líquido de suínos influenciou a produtividade acumulada da matéria seca da forrageira e incrementou os teores de proteína bruta. A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu demonstrou-se bioacumuladora de cobre e zinco, sem que o aumento da absorção promovido pela aplicação sucessiva de esterco líquido de suíno elevasse o teor destes metais pesados à níveis tóxicos à animais. As principais alterações nos atributos do solo ocorreram na profundidade de 0 a 10 cm. Concluiu-se que o uso intensivo de esterco líquido de suíno proporcionou aumentos nos teores de cobre e zinco no solo em função das doses aplicadas, na época 2 e 3 e na profundidade de 0-10 cm do perfil do solo; e em todas as avaliações e doses aplicadas se mantiveram abaixo dos limites críticos adotados pela CETESB, um dos órgãos de fiscalização ambiental brasileiro. As aplicações de esterco líquido de suínos não promoveram aumentos significativos nos teores de pH, matéria orgânica e potássio no solo nas profundidades e doses avaliadas. As concentrações de fósforo e da CTC do solo foram incrementadas em função das doses de esterco líquido de suínos, profundidade de avaliação e época de coleta. As concentrações de enxofre foram incrementadas em função das doses aplicadas e não apresentaram variação nos teores em que avaliou-se a época de coleta e de profundidade de amostragem no perfil do solo.

Palavras chave: Teores de cobre e zinco no solo, contaminação ambiental por cobre e zinco, bioacumulação de cobre e zinco.

IMPACT OF LIQUID SWINE MANURE APPLICATIONS ON PASTURE ENVIRONMENT

ABSTRACT - One of the main alternatives for the disposal of liquid swine manure is its application into soil. However, this method of disposal requires monitoring of applications because accumulation of nutrients such as copper and zinc in forages and changes in chemical parameters of soil may occur. The experiment was carried out in the experimental area of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Triângulo Mineiro - Campus Uberaba, Brazil. The experimental design was a randomized block in which doses of swine manure at 100, 200, 300 and 600 m³ ha⁻¹ year⁻¹ were applied in four replications. The purpose of this study was to: evaluate the influence of liquid swine manure on productivity of dry matter and crude protein; bioaccumulation of copper and zinc in *Brachiaria brizantha* cv. Marandu and assess changes of soil chemical properties (OM, P, K, S, Cu, Zn and CTC) in the dystrophic red Latosol (LVd) typical to the Brazilian cerrado in the middle region of Triângulo Mineiro. It was found that the successive application of liquid swine manure affected the productivity of dry matter of forage and increased levels crude protein. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu proved to be a bioaccumulator of copper and zinc without the increased absorption promoted by successive application of swine manure to elevate the level of heavy metals to toxic levels for animals. The main changes in soil properties occurred at a depth of 0 to 10 cm. It was concluded that the intensive use of liquid swine manure increased the levels of copper and zinc in soil as a function of the applied doses in periods 2 and 3 and at depth of 0-10 cm. All assessments and doses remained below critical limits adopted by CETESB, one of the supervisory environmental organs. The applications of liquid swine manure did not promote significant increases of pH, organic matter and potassium in the soil at evaluated depths and doses. The concentrations of phosphorus and CTC in the soil increased depending on the doses of liquid swine manure, depth of assessment and collection time. The sulfur concentrations increased depending on applied doses and showed no variation in assessed levels for the collection periods and depths.

Keywords: Levels of copper and zinc in soil, contamination of the environment with copper and zinc, bioaccumulation of copper and zinc.

ÍNDICE DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1 - Dados de precipitação pluvial total (mm) e temperatura média mensal (°C) obtidos durante o período experimental	13
Tabela 2 - Caracterização da granulometria do solo* anterior à implantação do experimento	15
Tabela 3 - Caracterização química do solo anterior a instalação do experimento	15
Tabela 4 - Teor de sólidos totais, datas de aplicação do ELS utilizados nas três épocas de avaliação do período experimental e conversão dos teores de ST em N, P ₂ O ₅ e K ₂ O presente no ELS	19
Tabela 5 - Descrição dos teores estimados de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O, Cu, Zn e MO dos tratamentos aplicados com ELS nas três épocas e doses totais	25
Tabela 6 - Produtividade de massa seca acumulada (kg ha ⁻¹) média em diferentes épocas	28
Tabela 7 - Teor percentual (%) de proteína Bruta (PB) nas épocas de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno	30
Tabela 8 - Teores de Zn (mg kg ⁻¹) e Cu (mg kg ⁻¹) nas folhas em diferentes épocas independentes da dose de esterco líquido de suíno	31
Tabela 9 - Teor de matéria orgânica (mg kg ⁻¹) no solo nas épocas de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno	34
Tabela 10 - Teor de matéria orgânica no solo nas épocas de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno	35
Tabela 11 - Valor de pH (CaCl ₂) no solo nas épocas de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno	36
Tabela 12 - Valor de pH (CaCl ₂) no solo em diferentes profundidades de solo em cada época	37
Tabela 13- Teor de P (mg dm ⁻³) no solo nas diferentes épocas de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno	38
Tabela 14- Teor de P (mg dm ⁻³) no solo nas diferentes profundidades de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno	38
Tabela 15 - Teores de Cu (mg dm ⁻³) no solo nas épocas de coleta em função de dose de esterco líquido de suíno	43
Tabela 16 - Teores Cu (mg dm ⁻³) no solo em diferentes profundidades de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno	44

Tabela 17 -	Teores de Zn (mg dm^{-3}) no solo nas épocas de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno	47
Tabela 18 -	Teor de Zn (mg dm^{-3}) no solo em diferentes profundidades nas épocas de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno	49
Tabela 19 -	Teor de K ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no solo em diferentes épocas após aplicação de ELS	51
Tabela 20 -	Valor da CTC ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no solo nas épocas de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno	52
Tabela 21 -	Valor da CTC ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no solo nas épocas de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno	53

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 - Mapa da localização da área experimental no Município de Uberaba, Estado de Minas Gerais, Brasil.	12
Figura 2 - Precipitação pluvial total mensal (mm) registrados durante o período experimental	14
Figura 3 - Temperatura média mensal (°C) registrados durante o período experimental	14
Figura 4 - Visão da granja de suínos e das parcelas experimentais	16
Figura 5 - Visão das instalações de crescimento e terminação e da lagoa de estabilização do setor de suinocultura do IFET Triângulo Mineiro - Campus Uberaba.	17
Figura 6 - Visão da granja de suínos do IFET Uberaba e das duas lagoas de estabilização não seqüenciais.	18
Figura 7 - Foto da lagoa de estabilização com retirada de parte do sobrenadante, demonstrando a característica do esterco líquido utilizado no experimento.	18
Figura 8 - Visão geral das parcelas experimentais e ao fundo as lagoas de estabilização de ELS utilizado no experimento.	21
Figura 9 - Croqui da área experimental	21
Figura 10 - Trado especial desenvolvido pelo autor, composto de 3 partes (1- trado com pá de corte; 2 – tampa da amostra indeformada; 3- espátula de apoio.	23
Figura 11 - Trado especial montado para realizar a coleta, consta de uma caixa em que fica a amostra de terra de forma indeformada.	23
Figura 12 - Produtividade de massa seca total acumulada (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X).	27
Figura 13- Teor de PB nas folhas (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X).	29
Figura 14 - Teores de Zn e Cu nas folhas (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X).	32
Figura 15 - Teor de matéria orgânica no solo (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X).	34

Figura 16 -	Teor de P no solo (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X) em diferentes épocas.	39
Figura 17-	Teor de P no solo (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X), em diferentes profundidades.	41
Figura 18 -	Teor de S no solo (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X).	42
Figura 19 -	Teores de Cu no solo (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno em três épocas de coleta (X).	45
Figura 20-	Teores de Cu no solo (\hat{Y}), em diferentes profundidades em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X).	46
Figura 21 -	Teores de Zn no solo (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X) nas épocas de avaliação.	48
Figura 22-	Teor de Zn no solo (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X) em diferentes profundidades.	50
Figura 23 -	Valor da CTC no solo (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X).	52
Figura 24 -	Valor da CTC no solo (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X).	54

LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

% = Porcentagem

ABIEPCS = Associação Brasileira da Indústria produtora e exportadora de carne suína

APPs = Áreas de Proteção Permanentes

C = Carbono

CaCl₂ = Cloreto de cálcio

CaO = Óxido de cálcio

Cd = Cádmio

CETESB = Companhia de Tecnologia de Saneamento Básico

CFSEMG = Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais

cm = centímetro

cmol_c = centimol de carga

CNPMS = Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo

CO₂ = Gás carbônico

CONAMA = Conselho Nacional de Meio Ambiente

COT = Carbono Orgânico Total

Cr = Cromo

CTC = Capacidade de troca catiônica

Cu = Cobre

CuSO₄ = Sulfato de Cobre

CV = Coeficiente de Variação

DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio

DLS = Dejeito Líquido de Suínos

dm³ = Decímetro cúbico

DMS = Diferença Mínima Significativa

ELS = Esterco Líquido de Suínos

EMBRAPA = Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPAMIG = Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

Fe = Ferro

ha= hectare

IAC = Instituto Agronômico de Campinas

IFET = Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro

kg = quilograma

L = litro

LE = Lodo de Esgoto

LVd = Latossolo Vermelho distrófico

m = metro

m³ = metro cúbico

mg = miligrama

MG = Minas Gerais

mm = milímetro

mmol_c = milimol de carga

Mn = Manganês

MN= Matéria Natural

MO = Matéria Orgânica

MS = Matéria Seca

N = Nitrogênio

Ni = Níquel

NO₃ =Nitrato

NRC = National Research Council

OM = Organic Matter

°C = graus Celsius

P = Fósforo

PB = Proteína Bruta

pH = potencial hidrogeniônico

Prem = Fósforo remanescente

PRNT = Poder Relativo de Neutralização Total

RS = Rio Grande do Sul

S = Sul

SAEG = Sistema de Análise Estatística e Genética

ST = sólidos totais

T = CTC à pH 7,0

UA = Unidade Animal

US\$ = símbolo utilizado para designar a moeda americana - dólar

W = Oeste

Zn = Zinco

1. INTRODUÇÃO

A contribuição da pecuária para gerar superávits da balança comercial é, incontestavelmente, importante para o Brasil. Entretanto o processo de produção animal é uma atividade muito impactante para o meio ambiente, especialmente a suinocultura (MATOS & SEDIYAMA, 1995; SCHERER et al., 1996; KONZEN et al. 1997). O impacto provocado relaciona-se com o grande volume de dejetos produzidos pela concentração de animais em instalações com alta tecnologia e produtividade. Outro fator que tem chamado a atenção é o aumento do rigor das leis ambientais que exigem tratamento e cuidados especiais para a disposição destes dejetos no meio ambiente.

O Brasil é o quarto maior produtor de carne suína do mundo, com produção de 2,79 milhões de toneladas e um plantel de 37,5 milhões de cabeças (ABIPECS, 2008) e o estado de Minas Gerais responde por 10,44% da produção brasileira de suínos, com cerca de 3,37 milhões de cabeças (IBGE, 2003). A indústria suinícola está se expandindo firmemente na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, mediante o grande número de granjas associadas ao sistema de integração de produtores à agroindústria com aproximadamente 845.432 cabeças de suínos (IBGE, 2004).

Há premente necessidade de se conhecer, desenvolver e adaptar tecnologias para solucionar os problemas da disposição no meio ambiente do grande volume de dejetos altamente poluidores (MATOS et al., 1995). A solução deve ser técnica, social, econômica e ambientalmente sustentável.

Sabe-se que do ponto de vista zootécnico, a EMBRAPA - CNPMS já validou a tecnologia para o uso de esterco líquido de suínos (ELS) em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em solos do bioma cerrado, elevando a taxa de lotação cuja média nacional é de 0,9 UA ha⁻¹ para até 8,0 UA ha⁻¹, além de melhorias das condições biodinâmicas do solo (KONZEN, 2003), porém persiste a dúvida sobre o impacto ambiental que essas aplicações podem promover no meio ambiente, principalmente em relação ao acúmulo de fósforo, cobre e zinco.

A aplicação do ELS 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; ALVARENGA, 2007; MENEZES et al. 2005, FREITAS et al., 2004). Por outro lado, outros pesquisadores têm levantado dados que

indicam que não há somente benefícios, mas também problemas, principalmente relacionados ao acúmulo dos metais pesados cobre (Cu) e zinco (Zn) e de outros elementos como o fósforo (P) (GIROTTI, 2007; SEGANFREDO, 2000, SHARPLEY et al, 1996). 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 metais pesados e outros nutrientes ao longo do perfil do solo, lixiviando os elementos para o lençol freático e, eventualmente, provocando uma bioacumulação nas plantas.

O presente trabalho de pesquisa parte do pressuposto de que a aplicação constante de esterco líquido de suínos pode contaminar o solo, pelo aumento da concentração de nutrientes e metais pesados, e pode promover a bioacumulação de cobre e zinco na parte aérea da forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

O experimento teve por objetivo avaliar o uso de diferentes doses de esterco líquido de suínos na produtividade da massa seca, teor de proteína bruta e bioacumulação de cobre e zinco na forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e avaliar as alterações em alguns atributos (MO, P, K, S, Cu, Zn e CTC) em solos do bioma cerrado na mesorregião do Triângulo Mineiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SUINOCULTURA E O MANEJO DE DEJETOS

A suinocultura nacional, atualmente tem um plantel de 37,5 milhões de cabeças (ABIPECS, 2008) e estima-se que 400 mil pessoas dependam diretamente da cadeia produtiva, sendo estimado o valor da cadeia produtiva da suinocultura em US\$ 1,8 bilhão. Em 2006 a produção mundial de carne suína foi de 105,30 milhões de toneladas sendo o Brasil responsável por 6,8% desta produção, ou seja, 7,16 milhões de toneladas (ROPPA, 2006). O rebanho brasileiro é formado atualmente por 2,428 milhões de matrizes, desse total, 1,514 milhão são consideradas “fêmeas tecnificadas” e são criadas predominantemente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e o restante é considerado como matrizes “não tecnificadas” (0,914 milhão) e sua criação estão concentradas nas regiões Norte e Nordeste (ABIPECS, 2007).

A grande concentração de animais nas regiões produtoras tem acarretado vários problemas que ainda demandam estudos e soluções. Os principais pontos obscuros referem-se a questões socioeconômicas, com a exclusão de produtores menos capitalizados do processo, e ambientais pela alta capacidade de geração de resíduos, com alta carga poluente (MATTIAS, 2006).

Outro fator de grande relevância é a adição às rações suínas de nutrientes em doses excessivas como forma de garantir a sua absorção. Essa atitude pode levar ao acúmulo desses nutrientes nos dejetos e, conseqüentemente, podem ser acumulados no solo, corpos d'água e plantas, ainda que estes elementos sejam encontrados naturalmente no solo o aumento da concentração pode representar problema ambiental (LIMA, 2007). Entre os elementos que causam preocupação, o zinco (Zn) parece ser o que apresenta maior probabilidade de causar problemas devido a sua ampla utilização em rações, principalmente para a categoria de leitões como promotor de crescimento (SCHERER et al., 1996). Assim como o Cu, Mn e Fe, têm demonstrado acúmulo em áreas com disposição de ELS (SEGANFREDO, 2007).

A suinocultura é considerada um sistema de produção aberto em termos de fluxos de nutrientes, pois os alimentos são provenientes, na maioria das vezes, de outras propriedades, ou seja, como exemplo pode-se utilizar o milho e a soja, a base da alimentação destes animais e que são produzidos, normalmente, fora da propriedade (STEINFELD et al., 1997). Caso a alimentação dos animais fosse realizada dentro da propriedade a aplicação dos esterco

líquidos de suínos poderia ser utilizada como fertilizante nessas áreas de produção de alimentos, mas como na maioria das vezes os produtores de suínos, não produzem lavouras, a reciclagem de nutrientes fica dificultada, pois não há áreas de cultivo agrícola.

O problema dos resíduos gerados seria, parcialmente, resolvido caso as propriedades produtoras de suínos fossem também as responsáveis pela produção dos alimentos base da nutrição dos suínos, mas a grande maioria das granjas produtoras de suínos não dispõem da área necessária para o descarte dos dejetos produzidos, assim tornam-se grandes contaminadoras ambientais.

O manejo inadequado dos resíduos da suinocultura gera extravasamento de esterqueiras, aplicação excessiva de nutrientes e metais pesados no solo, disposição em rios e/ou outros corpos d'água. Esses problemas podem ocasionar a contaminação de rios (eutrofização), de lençóis subterrâneos (o aumento da concentração do íon nitrato), do solo (patógenos, excesso de nutrientes, selamento superficial, dentre outros) e do ar (emissões gasosas de metano, óxido nitroso, gás sulfídrico) (KUNZ et al., 2005).

No Brasil, a forma mais usual de manejo de dejetos é o armazenamento em esterqueiras ou em lagoas e posterior aplicação no solo (KUNZ et al., 2004). Atualmente, a utilização de biodigestores é uma alternativa tecnológica para o gerenciamento dos dejetos de suínos, o que permite a agregação de valor ao resíduo mediante a utilização do biogás produzido em sistemas de geração de energia e calor (PERDOMO et al., 2003). No entanto, em ambos os sistemas de tratamento de estercos de animais, alguns parâmetros, como os nutrientes N e P, ainda permanecem acima dos índices exigidos pela legislação ambiental aplicável (CONAMA, 1986 e 2005), para o descarte em corpos d'água (BELLI FILHO et al., 2001).

Existem alternativas para o manejo de dejetos nas propriedades, porém um dos maiores problemas para a adequação das propriedades são as exigências da legislação, relacionadas com as ações para a melhoria da qualidade do ar e redução do poder poluente dos dejetos suínos aos padrões de disposição (CONAMA, 2005). As soluções requerem grandes investimentos, normalmente acima da capacidade de pagamento do produtor e, muitas vezes, sem garantias de atendimento total das exigências da legislação ambiental. Por outro lado, a utilização dos dejetos suínos como nutriente para as plantas e instrumento de melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo, também exige conhecimentos e planos de utilização específicos para cada situação e razoáveis investimentos em captação, armazenagem, transporte e distribuição, nem sempre disponíveis para os pequenos e médios produtores (PERDOMO et al., 2001).

2.2 USO E APLICAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS

A recuperação de pastagens degradadas, sob a área do bioma cerrado, pode ser obtida com o manejo da fertilidade do solo. O sistema de integração lavoura pecuária é viável e entre as estratégias previstas pode-se acrescentar o princípio da reciclagem de resíduos com a aplicação do esterco gerado pela suinocultura (ELS) para a produção de grãos, pastagens, promovendo a integração das atividades. Pesquisas sustentam que esta tecnologia pode abreviar o espaço de tempo e o caminho para assegurar sustentabilidade agropecuária no bioma cerrados, que ocupam aproximadamente 200 milhões de hectares. O uso de ELS pode ainda manter vínculo com o sistema de cultivo orgânico, uma vez que o ELS é um adubo orgânico. Esta tecnologia de produção visa à produção de alimentos mais saudáveis e acessíveis aos consumidores e ainda gera sustentabilidade para o campo.

Considera-se que mais de 80% das áreas sob pastagens dos cerrados estão em processo de degradação e sugerem que a integração lavoura-pecuária agrega valor, permite o uso intensivo da propriedade, reduz o custo de produção, aumenta a produtividade e possibilita um maior respeito ao meio ambiente.

Entre as forrageiras a *Brachiaria brizantha*, também conhecida como “braquiarião”, tem sua origem no Zimbábue, África e está disponível no Brasil desde 1984. Estima-se que seja cultivada em cerca de 70 milhões de hectares no Brasil. Apresenta boa produtividade de forragem de qualidade, boa cobertura de solos, capacidade de competição com invasoras e estabelecimento rápido. Planta cespitosa (origina várias mudas de uma só raiz), folhas pouco pilosas na face ventral e sem pilosidade na face dorsal. No bioma cerrado, por apresentar solos de baixa fertilidade recomenda-se o uso da calagem para elevar a saturação por bases para valores entre 40% e 45% na profundidade de 0 a 20 centímetros (EMBRAPA, 2007).

O capim Marandu é tolerante ao ataque da cigarrinha das pastagens. É uma planta robusta, com colmos iniciais prostados, mas com perfilhos eretos podendo chegar a 50 cm de altura (NUNES et al., 1984). É considerado de média fertilidade em relação à fertilidade do solo, com elevada capacidade para produção de bovinos de corte, com ganhos exclusivos a pasto de 480 a 700 kg de peso vivo ha⁻¹ ano⁻¹, em média (VALLE et al., 2000).

Estudos demonstram que a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu é altamente responsiva à adubação nitrogenada, mas necessita de uma adubação equilibrada. A produção anual de massa seca varia entre 8 t ha⁻¹ a 20 t ha⁻¹. Em amostras simulando o pastejo animal, os conteúdos de proteína bruta nas águas foi de 9,3 e na seca de 6,2% e digestibilidade “*in vitro*”

da matéria orgânica, nos períodos das águas foi de 61,2% e na seca de 51,5% (EMBRAPA, 2007).

Existem muitas vertentes do uso do sistema de integração lavoura-pecuária, entre eles destacam-se o aproveitamento dos resíduos da pecuária (dejetos) com a finalidade de adubação dos sistemas de cultivo. Porém, as recomendações agronômicas para essa prática devem ser respeitadas, levando-se em conta o balanço de nutrientes, imprescindível para nortear a tomada de decisão e mitigar os impactos ambientais (SEGANFREDO, 1999).

A adubação orgânica é uma prática antiga, utilizada no melhoramento da fertilidade dos solos. É uma alternativa adotada por muitos agricultores, para obterem aumentos na produção de alimentos para a população humana e para o melhoramento das pastagens (FEITOSA FILHO, 1990). Quando aplicado ao solo, através da sua decomposição, ocorre a liberação e disponibilidade de nutrientes no meio. Isso irá ocorrer em níveis que dependerão da quantidade do adubo orgânico adicionado e das condições do solo (umidade, temperatura, pH, forma de aplicação, microfauna, entre outros). Caso seja utilizado em quantidades elevadas e frequentes, poderá causar fitotoxidez (FERREIRA; CRUZ, 1991).

Kiehl (2004) afirma que os resíduos orgânicos na agricultura são usados desde a antiguidade, mas que modernamente, com a industrialização e o surgimento do fenômeno de consumo de massa, apareceram produtos tóxicos que causam preocupação quanto à recomendação de seu uso agrícola na fertilização das terras de culturas. A preocupação com o emprego de certos materiais orgânicos na agricultura, contendo elementos químicos considerados tóxicos, deve-se ao fato de que as plantas assimilam além dos elementos essenciais para sua nutrição, também estes componentes tóxicos. Esses elementos se deslocam das raízes para as partes comestíveis do vegetal, tornando-se danosos tanto para as próprias plantas quanto para o homem e os animais.

Os metais pesados podem ocorrer na solução do solo em associação com moléculas orgânicas nas seguintes formas: como complexos organometálicos, em suspensão nas partículas líquidas e sólidas, como precipitado e em várias outras formas. Somente quando a concentração desses elementos químicos existentes no solo se eleva até um ponto considerado crítico é que se pode tornar danoso para as plantas (ABREU et al., 2007) e, conseqüentemente, para os animais e o homem (ABREU et al., 2001).

Vieira e colaboradores., (2002), em trabalho sobre o uso do esterco líquido de suínos na agricultura e evolução de CO₂, afirmam que a poluição ambiental por esterco líquido de suínos vem se agravando nas regiões suinícolas devido, sobretudo, ao lançamento direto do esterco nos curso de água sem o tratamento devido. A utilização do esterco líquido de suínos

em lavouras, mais do que um simples descarte, é uma das alternativas para substituir total ou parcialmente o uso de fertilizantes minerais.

Melhorias na qualidade do solo podem ser atingidas com o uso de esterco líquido de suínos sobre o qual devem ser avaliados seu potencial fertilizante e efeitos imediatos sobre a produtividade, bem como, sua influência sobre as propriedades químicas, físicas e biológicas e as relacionadas com a qualidade do solo, da água e do ar.

Pauletti e Motta (2004) afirmam que os teores de N, P, Cu, Zn nos esterco dos animais estão geralmente acima dos níveis requeridos pelas culturas, o que implica seu acúmulo nos solos que recebem constantes aplicações. O nitrogênio (N) e fósforo (P) são apontados como os principais responsáveis pela eutrofização de reservatório de água e rios em região de alta concentração de produção animal. O N na forma de nitrato pode ser lixiviado e atingir o lençol freático ou escorrer superficialmente e atingir os corpos d'água. O P pode atingir os corpos d'água principalmente através do escoamento superficial. Esses autores propõem estratégias para diminuir os riscos de contaminação do solo tais como: balanço correto entre entrada e saída de nutrientes das áreas cultivadas; manutenção criteriosa de áreas de proteção permanentes (APP); evitar aplicação do esterco em áreas de solo saturado; práticas agronômicas de controle de erosão (terraceamento, plantio em nível, plantio direto); rotação entre pastejo direto e o corte da forragem para confecção de silagem e feno o que aumenta a exportação dos nutrientes; uso de espécies de plantas que têm maior capacidade de extrair nutrientes.

O esterco de suínos apresenta quantidades elevadas de cobre e zinco devido ao fato de que as rações fornecidas para esses animais conterem aproximadamente 250 mg kg^{-1} de Cu como CuSO_4 e até 80 mg kg^{-1} de Zn como ZnSO_4 (LIMA, 2007). Estes compostos são muito utilizados, pois são de baixo custo. O sulfato de cobre (CuSO_4) funciona como promotor de crescimento, enquanto o sulfato de zinco (ZnSO_4) atua como preventivo e curativo da diarreia, que é um problema sério na suinocultura industrial, principalmente em leitões na categoria pós-desmame.

2.3 – IMPACTO DOS METAIS PESADOS NA AGRICULTURA

Entre os resíduos com potencial de utilização na adubação orgânica, os esterco líquidos suínos (ELS) e o lodo de esgoto (LE) estão entre os mais citados. Um dos problemas ambientais relacionados com o uso destes insumos é a reatividade de alguns metais pesados

com os componentes do solo. Isto pode resultar no acúmulo de metais no solo até o ponto de atingir níveis tóxicos às plantas, aos animais e ao próprio homem.

Egreja Filho (1993) afirma que uma das limitações do emprego dos adubos orgânicos é a presença de metais pesados em concentrações relativamente altas, que podem acumular-se no solo inviabilizando seu uso agrícola e nas plantas, prejudicando a saúde dos consumidores.

Ceretta e colaboradores, (2005) trabalhando com dejetos líquidos de suínos para adubação de milho destacaram o fato de que os dejetos possuíam nutrientes em quantidades desbalanceadas, dificultando a utilização de referenciais para a recomendação de doses. Observaram ainda que o crescimento das plantas e a sua produtividade em função do esterco de suínos são consequências de mudanças favoráveis que ocorrem também na disponibilidade de nutrientes e em características físicas, melhorando a estrutura do solo e na atividade biológica. Porém, alertaram ainda para a questão ambiental, levantando a hipótese do uso repetido de doses elevadas do esterco de suínos provocando a percolação do nitrato (NO_3) para além da zona explorada pelo sistema radicular do milho.

MATTIAS et al. (2003) afirmaram que os dejetos de suínos apresentam altas concentrações de fósforo, nitrogênio, zinco, cobre, manganês e ferro, entre outros, que embora sejam encontrados naturalmente no solo e essenciais ao crescimento das plantas, podem ser tóxicos quando em elevadas concentrações.

O acúmulo de metais pesados tem recebido atenção especial, pois reagem intensamente com os constituintes coloidais e biológicos quer na camada superficial do solo ou dissolvida na água. A poluição do solo por metais pesados está relacionada a processos de acúmulo e transporte destes elementos que dependem em grande parte, das suas interações, com a fase sólida do solo. Tais interações são complexas, envolvendo reações de sorção/dessorção, precipitação/dissolução, complexação e oxirredução com as fases inorgânicas e orgânicas do solo. Sendo a importância relativa dessas interações diferentes para cada elemento em cada condição físico-química do solo (LOPES; CARVALHO, 1988).

Dependendo da solubilidade dos metais pesados no solo, da quantidade aplicada e das propriedades do solo, poderá ocorrer movimentação vertical no perfil do solo atingindo os mananciais de água subterrâneas, ou ser carreados por escoamento superficial contaminando as coleções d'água. Caso sejam absorvidos pelas plantas e micro-organismos, podem apresentar riscos efetivos ou potenciais à saúde humana e ao ambiente (LOPES; CARVALHO, 1988).

O solo por si só, por características dos seus materiais constituintes, é fonte de alguns desses metais, além disso, ele também é um grande tampão natural e controla o transporte

desses elementos para outros componentes do ecossistema como a hidrosfera, atmosfera e a própria biota. Porém, como ambiente reativo e biologicamente ativo no processo de reciclagem de resíduos advindos da própria natureza ou atividade antrópica, o solo tem capacidade de suporte limitada e, na maioria das vezes, desconhecida (BASSO et al., 2002).

Esses autores afirmaram ainda, que a origem e o processo de formação do solo e seu efeito nos teores de alguns metais pesados ficam claros quando se comparam os teores naturais desses elementos nos diferentes locais amostrados. Neste referido estudo de 4 anos de duração, com 28 aplicações de esterco líquido de suínos em pastagem natural, houve acúmulo de Zn, Cu, Cr, Ni, Mn e Cd nas camadas de solo de 0 a 10 cm de profundidade, porém estes acúmulos ficaram abaixo das médias máximas permitidas pela USEPA (United State Environmental Protection Agency) para solos contaminados de acordo com o citado por Sannigs e Stietzel (1993).

Utilizando como referência as concentrações máximas permitidas nos Estados Unidos, no solo em área com aplicação de lodo de esgoto são de 1400, 750, 1500, 210 e 20 mg kg⁻¹ de solo para Zn, Cu, Cr, Ni e Cd, respectivamente (POVINELLI et al., 1999) e que este resíduo orgânico assim como o ELS tem alta concentração de metais pesados. Pode-se inferir que a concentração de metais pesados no solo em propriedades do oeste de Santa Catarina que usam esterco líquido de suínos por 15 anos, não atingiu estágio crítico, mas a realidade é que, se a atividade suinícola se mantiver e a aplicação continuar a ser realizada, as concentrações de metais pesados irão aumentar no solo (BASSO et al., 2002).

Saber a real situação em que se encontram as áreas no Brasil com alta taxa de aplicação de ELS é difícil, pois não há critérios e metodologias definidas para que os produtores de suínos realizem as aplicações. Sabe-se que no Sul do país grande parte dos rios encontram-se poluídos em função, principalmente, da disposição de ELS. É necessário definir as concentrações críticas dos elementos nos solos em nosso país, pois hoje os valores definidos pela CETESB (2005) trata-se de valores obtidos por pesquisas da USEPA (órgão ambiental dos EUA) que apresentam condições edafoclimáticas completamente distintas das do Brasil.

Rangel e colaboradores (2006), trabalhando com lodo de esgoto para adubação de milho, destacam que o uso continuado e sem critérios técnicos deste resíduo na agricultura pode resultar em aumento nos teores de metais pesados nos solos. McBRIDE (1995) afirma que o acúmulo de metais pesados no solo é preocupante, visto que é grande o risco deles serem transferidos para as diferentes espécies de plantas e, portanto, capazes de entrar na cadeia trófica. Esses autores afirmam ainda que os teores de metais nos tecidos das plantas dependem do pH do solo, da natureza do metal, do teor de matéria orgânica e da capacidade

do solo em reter cátion. Salientaram ainda, que diferentes padrões de acúmulos de metais em plantas foram verificados, tais como: respostas tipo linear, assintótica, efeitos negativos ou inexistentes.

Mantovani e colaboradores, (2004) afirmam que o sucesso do monitoramento de metais pesados no solo depende, em parte, de um método químico eficiente para medir a reação desses elementos colocados à disposição das plantas. SILVA et al. (2006) afirmaram que, em geral, a escolha de extratores químicos para avaliar a disponibilidade de metais pesados em solo é complexa uma vez que se pressupõe, para o extrator de maior eficiência, o caráter multielementar e, ao mesmo tempo elevada capacidade de diagnosticar a fitodisponibilidade desses elementos para várias espécies vegetais em diferentes tipos de solos.

FADIGAS et al. (2002) trabalhando com concentrações naturais de metais pesados dos solos brasileiros, afirmaram que no Brasil ainda não foram definidos os níveis de referência com metais pesados para avaliação da contaminação do solo. Afirmaram também, que a ocorrência de metais pesados em solos, depende, sobretudo, de material de origem do solo e dos processos de intemperismo que contribuem com a formação da composição e proporção dos componentes minerais da fase sólida do solo. Solos com origem em rochas básicas, naturalmente mais ricas em metais, apresentam maiores teores desses elementos quando comparados com aqueles formados sobre granitos, gnaisse, arenito e siltitos. Além da natureza do material de origem, outros fatores como o teor e a composição da fração argila, conteúdo de matéria orgânica e condições físico-químicas dos solos podem influenciar sua concentração em metais pesados. Os solos derivados do basalto além de possuírem maiores teores de Cu, contém também os maiores teores de óxidos de Fe e Mn.

A CETESB (2005) através da decisão de diretoria nº 195/2005-E dispõe sobre a aprovação de valores orientadores para solos e águas subterrâneas do estado de São Paulo, determinou o valor de referência de qualidade para solos de 35 mg kg⁻¹ de Cu, 60 mg kg⁻¹ de Zn.

KIEHL (2004) discute a questão fundamental da relação entre a determinação do total do elemento metal pesado e a fração bioassimilável ou fitodisponível e discute também a dificuldade de se encontrar um extrator ideal, que correlacione o total do elemento do solo com a fitodisponibilidade efetiva.

Este é um problema central na pesquisa com metais pesados. Citando HÄNI & GUPTA (1985), que consideram que o conteúdo total do metal pesado existente no solo muitas vezes é usado para expressar o grau de contaminação. No entanto, essa quantidade total tem um

pequeno valor no julgamento nos efeitos biológicos, por exemplo, sobre as planta. PETRUZELLI et al., (1985) consideram que a quantidade total do metal no composto orgânico é de pouco valor para indicar os possíveis danos que podem ser causados ao meio ambiente, salientando que é enganoso imaginar que ao se adubar o solo com fertilizante orgânico ou mesmo com fertilizante mineral contendo metais pesados dentro dos limites aceitáveis, toda a quantidade aplicada será prontamente assimilada pela cultura, uma vez que apenas uma pequena porção será biodisponível às raízes e por ela bioassimilada. Essas opiniões devem ser ponderadas, pois a fração que não é absorvida pela planta pode constituir um problema ambiental no futuro, pois a adsorção desses metais no sistema solo-planta, pode ser liberada a solução do solo, tornando-se disponível, assim, como a fração total presente no solo pode ser disponibilizada com alterações, como por exemplo: a acidificação do solo.

3 . MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado entre maio de 2005 a julho de 2007.

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFET) do Triângulo Mineiro - Campus Uberaba localizado no município de Uberaba-MG (FIGURA 1).

A área experimental está localizada a uma altitude de 795 metros e suas coordenadas geográficas são 19°39'19" S e 47°57'27" W.

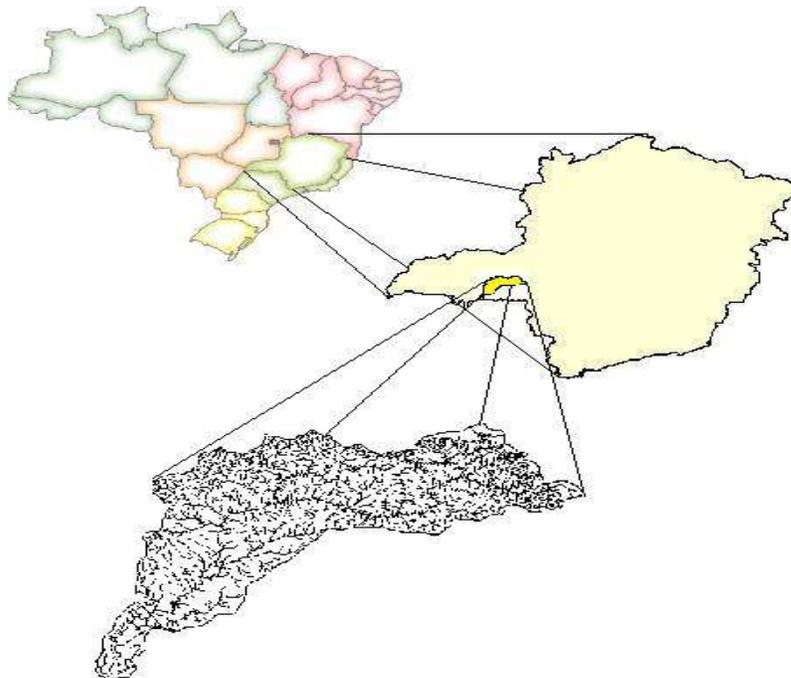


FIGURA 1 – Mapa do Brasil com enfoque no Estado de Minas Gerais e detalhe do Município de Uberaba, onde se localiza a área experimental.

3.1.1 CLIMA

O clima da região em que se situa a área experimental é classificado, segundo Köppen, como Aw, tropical quente, com inverno frio e seco. Na tabela 1, encontram-se os dados de precipitação pluvial, ou seja, chuva total mensal, e temperatura média mensal.

Tabela 1 – Dados de precipitação pluvial total mensal (mm) e temperatura média mensal (°C) obtidos durante o período experimental

Meses	Ano 2005		Ano 2006		Ano 2007	
	Chuva	T ^o média	Chuva	T ^o média	Chuva	T ^o média
JAN	395,2	24,5	245,3	24,5	413,4	24,3
FEV	110,3	25,0	286,6	24,2	198,2	24,7
MAR	258,6	24,6	285,6	24,2	104,9	24,8
ABR	32,7	24,5	65,8	23,0	109,6	23,7
MAI	101,4	21,5	46,2	23,1	17,3	20,2
JUN	0,0	20,2	2,0	19,0	0,0	19,4
JUL	5,5	19,3	0,0	19,0	15,7	19,4
AGO	38,6	21,5	39,9	19,9	0,0	21,6
SET	73,7	22,9	51,9	22,3	10,2	25,2
OUT	144,2	24,5	241,4	22,7	172,5	25,8
NOV	217,6	23,9	178,3	23,6	245,8	24,1
DEZ	297,5	23,3	299,7	24,6	317,6	24,2
Total/média	1675,3	23,0	1742,7	22,5	1605,2	23,1

* Dados obtidos na estação climatológica da EPAMIG em Uberaba/MG.

Os dados foram obtidos na estação climatológica pertencente ao Centro tecnológico do Triângulo e Alto Paranaíba e EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais) localizada na fazenda experimental Getúlio Vargas, em Uberaba.

Observa-se pelos dados meteorológicos (Tabela 1) que a região apresenta uma época considerada seca compreendida entre os meses de abril a setembro e uma época chuvosa compreendida entre os meses de outubro a março (Figura 2). E a temperatura média de 23°C não apresentando grandes amplitudes entre os meses do ano, com a pequena redução entre os meses de maio e julho, conforme Figura 3.

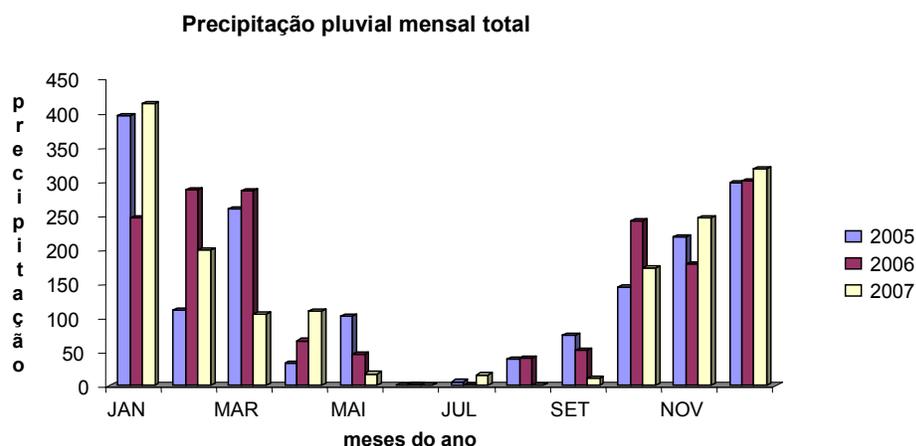


FIGURA 2- Precipitação pluvial total mensal (mm) registrada durante o período experimental

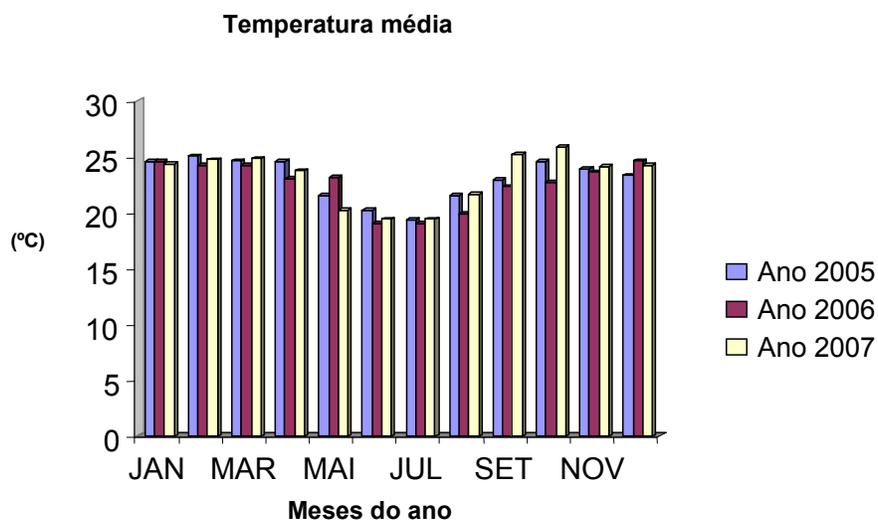


FIGURA 3 – Temperatura média mensal (°C) registrada durante o período experimental.

3.1.2 DESCRIÇÃO DO SOLO

O solo da área deste experimento é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LVd) (EMBRAPA, 1999). As análises de caracterização da textura do solo (Tabela 2) foram realizadas pelo método da pipeta e as determinações químicas (Tabela 3), anteriores à instalação do experimento, realizadas segundo metodologia descrita pela EMBRAPA, (1997).

Tabela 2 - Caracterização da granulometria* do solo anterior à implantação do experimento

Profundidade (cm)	Argila	Silte	Areia
	-----g dm ⁻³ -----		
0 – 10	135	94	771
10 – 20	185	43	772

* Método da pipeta EMBRAPA (1997)

Observa-se que (Tabela 2) a área apresentou textura arenosa na camada de 0 a 10 cm e textura média na profundidade de 10 a 20 cm. Segundo a CFSEMG, (1999) solos com teor de argila inferior a 150 g dm⁻³ são classificados como arenosos e entre 150 e 350 g dm⁻³ de argila são classificados como de textura média, ou seja, a área é caracterizada por uma textura leve, com tendência à ocorrência de processos erosivos, menor retenção de água ao longo do perfil, e, principalmente, tem menor poder tampão e capacidade de adsorção de minerais.

Essas características são importantes no estudo com aplicação de esterco líquido de suínos (ELS), pois permite observar alterações mais rápidas do que em estudos realizados em solos argilosos (solos pesados), em função do menor efeito da argila na complexação de minerais presentes no ELS.

Observou-se que a área necessitava de calagem pelo nível de alumínio apresentado e pelo valor de pH abaixo do ideal para a forrageira que seria implantada (Tabela 3).

Tabela 3 - Caracterização química do solo anterior à instalação do experimento

Profundidade (cm)	pH	M.O	V	CTC	SB	H + Al	Al		
	CaCl ₂	g dm ⁻³	%	-----mmol _c dm ⁻³ -----					
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 ⁻³	-----mmol _c dm ⁻³ -----			-----mg dm ⁻³ -----				
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 por Rajj et al., 2001.

pH = utilizando o extrator CaCl₂; M.O = matéria orgânica; V = saturação por bases; CTC= capacidade de troca catiônica; SB= soma de bases;

Segundo SOUSA et al. (2007) a faixa de pH compreendida entre 6,00 a 6,50, é ideal para a grande maioria das culturas, sendo que no Brasil considera-se entre 5,7 e 6,5. Desse modo, realizou-se a calagem em 12/01/05 com aplicação de 1,6 t ha⁻¹ de calcário com poder relativo de neutralização total (PRNT) de 63% com 34% de CaO e 13% de MgO. Observou-se que os teores de cobre e zinco antes da aplicação de ELS, já se encontravam elevados segundo os limites de interpretação de classes de fertilidade do solo descritos por RAIJ & CANTARELLA (1996), sendo para o Zn o teor considerado alto quando superior a 1,2 mg dm⁻³ e para o Cu quando superior a 0,8 mg dm⁻³. A predominância destes elementos deve-se à área ser, anteriormente, utilizada para culturas, ou seja, houve uma aplicação destes elementos no solo em cultivos anteriores à implantação do experimento.

3.2 DESCRIÇÃO DA OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO ESTERCO LÍQUIDO DE SUÍNOS

O esterco líquido de suíno (ELS) foi obtido do sistema de criação de suínos confinados em galpões de recria e terminação pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro - Campus Uberaba (FIGURA 4).



FIGURA 4 – Visão da granja de suínos e das parcelas experimentais

O ELS foi obtido mediante a lavagem das baias com água sob pressão que era então conduzida através de canaletas até as duas lagoas de estabilização, não sequenciais, revestidas

com manta de PVC flexível, cada uma com capacidade de armazenamento médio de 300.000 litros (L) (FIGURA 5).



FIGURA 5 – Visão das instalações de crescimento e terminação e da lagoa de estabilização do setor de suinocultura do IFET Triângulo Mineiro - Campus Uberaba.

O ELS foi submetido a um período de estabilização por aproximadamente 60 dias em uma lagoa (Lagoa 1), e durante este período a outra lagoa (Lagoa 2) encontrava-se armazenando os dejetos diários (FIGURA 6), ou seja, o sistema foi dimensionado para funcionamento em sistema de rodízio. Enquanto a lagoa 1 estabilizava o ELS a lagoa 2 armazenava a produção diária; quando a lagoa 2 estava próxima à sua capacidade total de armazenamento realizava-se o esvaziamento da lagoa 1 (em estabilização) e como estratégia de disposição realizava-se a aplicação controlada do ELS em áreas agrícolas do IFET - Uberaba.



FIGURA 6 – Visão da granja de suínos do IFET Uberaba e das duas lagoas de estabilização não sequenciais.

Para obter o ELS mais concentrado, isto é, com maior teor de sólidos totais (ST) do que o armazenado na lagoa de estabilização fez-se a retirada prévia do líquido sobrenadante utilizando o tanque de sucção tratorizado da marca Maconel. Em seguida, realizou-se a coleta e transporte do material residual da lagoa (Figura 7) que foi, posteriormente, homogeneizado antes da aplicação.



FIGURA 7 – Foto da lagoa de estabilização com retirada de parte do sobrenadante, demonstrando a característica do esterco líquido utilizado no experimento.

Durante cada aplicação dos tratamentos de ELS, foram retiradas amostras para obtenção do teor de ST (Tabela 4).

Tabela 4 – Teor de sólidos totais, datas de aplicação do ELS utilizados nas três épocas de avaliação do período experimental e conversão dos teores de ST em N, P₂O₅ e K₂O presente no ELS

Data de Aplicação do ELS	Teor de ST	Quantidade de MO	N total*	P ₂ O ₅ * total	K ₂ O* total
	%	kg m ⁻³	kg m ⁻³	kg m ⁻³	kg m ⁻³
Época 1					
7/Junho/2005	3,91	39,10	3,44	2,99	1,75
4/Agosto/2005	3,57	35,70	3,13	2,68	1,63
06/Outubro/2005	6,5	65,00	5,28	4,84	2,50
Época 2					
16/Dezembro/2005	2,54	25,40	2,52	2,06	1,38
24/Fevereiro/2006	4,66	46,66	3,75	3,29	1,88
08/Abril/2006	4,67	46,67	3,75	3,29	1,88
Época 3					
20/Junho/2006	6,9	69,00	5,59	5,14	2,63
10/Agosto/2006	6,5	65,00	5,28	4,84	2,50
21/Outubro/2006	6,06	60,60	4,98	4,53	2,38
13/Dezembro/2006	4,92	49,20	4,06	3,60	2,00
14/ Fevereiro/2007	7,2	72,00	5,59	5,14	2,63
10/Abril/2007	6,5	65,00	5,28	4,84	2,50

*Os teores de N, P₂O₅ e K₂O presente no ELS foram estimados de acordo com valores determinados por SCHERER et al. (1994) o teor de MO foi obtido em função do teor de ST das amostras de dejetos.

Os valores de referências de SCHERER et al. (1994) e através do teor de sólidos totais correlacionou-se e estimou-se o teor de N, P₂O₅ e K₂O presente no ELS aplicado. As variações nos teores de ST do dejetos utilizado no experimento foram entre 2,54 a 7,2%, com teor médio de 5,4% de ST.

Realizou-se a análise de pH, teores de Cu e Zn segundo metodologia descrita em RAIJ et al., (2001) em uma amostra de ELS de cada época avaliada no LABFERT, de Uberaba – MG. O ELS analisado apresentou pH médio de 7,13, teor médio de 2,1 g L⁻¹ de Zn, teor médio de 0,9 g L⁻¹ de Cu. Obteve-se o ELS para utilização no experimento utilizando-se o tanque de sucção tratorizado da marca Maconel. Realizou-se o procedimento de sucção e aspersão intermitente do ELS na lagoa, de forma que, após a repetição constante deste procedimento, obteve-se o ELS homogêneo. Após este processo, o esterco líquido de

suíno foi captado, e conduzido até a área experimental e armazenado em um reservatório temporário. O ELS em cada parcela experimental foi distribuído manualmente, e antes de cada volume parcial ser retirado do reservatório temporário, fez-se constantemente a homogeneização manualmente. A aplicação dos tratamentos foi realizada utilizando-se de vasilhame (tambores graduados).

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi utilizado o delineamento experimental em bloco ao acaso (DBC). Os tratamentos dispostos no esquema fatorial de parcelas subdivididas (split plot).

Para as coletas foliares definiu-se como fonte de variação o efeito de cinco doses de ELS, 3 épocas de coleta, com 4 repetições e para os atributos de solo, utilizando-se como fontes de variação o efeito de 5 doses de ELS, 3 épocas de coleta e 2 profundidades de amostragem do solo, com 4 repetições.

Os resultados das coletas foram agrupados em 3 períodos. As coletas foliares determinadas como época 1 compreendendo os cortes de 26/08/05 e 10/12/05, época 2 compreendendo os cortes de 11/02/06 e 06/05/06 e época 3 compreendendo os cortes de 11/11/06, 10/01/07 e 17/03/07. O número de cortes da forrageira foi determinado pela observação de altura média das parcelas de aproximadamente 40 cm acima do nível do solo. Esse critério foi adotado em função da altura média preconizada zootecnicamente para o início do pastejo dos animais em piquetes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. As épocas de coleta de solo foram definidas também em três períodos, sendo que na época 1 a coleta foi realizada em 13/12/2005, na época 2 em 8/05/2006 e na época 3 em 19/03/2007.

3.4 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido de maio de 2005 a julho de 2007. As doses crescentes de ELS foram distribuídas na área experimental (Figura 8).



FIGURA 8 - Visão geral das parcelas experimentais e ao fundo as lagoas de estabilização de ELS utilizado no experimento.

O croqui da área experimental encontra-se na Figura 9.

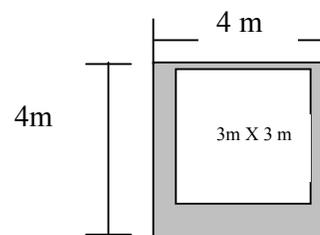
Bloco1 T4	Bloco1 T5	Bloco1 T1
Bloco 1 T3	Bloco 1 T2	

Bloco 2 T1	Bloco 2 T3	Bloco 2 T4
	Bloco 2 T2	Bloco2 T5

Bloco 3 T2	Bloco 3 T1	
Bloco 3 T3	Bloco 3 T5	Bloco 3 T4

	Bloco 4 T5	Bloco 4 T4
Bloco 4 T2	Bloco 4 T1	Bloco 4 T3

FIGURA 9– Croqui da área experimental



Observa-se que a área constava de 4 blocos em que foram distribuídos após sorteio os tratamentos (T1, T2, T3, T4 e T5). Cada parcela tinha a dimensão de 4 m x 4 m (16 m²) 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 m²).

3.5 DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS

Os tratamentos utilizados foram determinados com doses crescentes de ELS: Tratamento Controle (T1): 0 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de ELS; Tratamento 2 (T2): 100 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, Tratamento 3 (T3): 200 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, Tratamento 4 (T4): 300 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, Tratamento 5 (T5): 600 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. Optou-se durante a condução do experimento realizar a quantificação dos tratamentos em função da unidade de volume (m³).

Procedeu-se a semeadura da forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e, após o seu estabelecimento, visando à uniformização das parcelas, realizou-se corte da forrageira a 20 cm do solo, em 13/04/2005 (90 dias após o plantio). As aplicações de ELS foram realizadas nas datas descritas na tabela 7 e de acordo com as doses previamente estabelecidas.

A produtividade da forrageira foi quantificada utilizando-se a massa seca (MS), obtida através da coleta da área útil de cada parcela. A forrageira coletada foi mensurada, obtendo-se o valor da massa natural (MN), o corte foi realizado a 20 cm do solo. Em seguida, foram separadas amostras e levadas à estufa com circulação de ar forçada a 65°C até obter massa constante para obtenção da massa seca (MS) (SILVA e QUEIROZ, 2002). Esse valor foi, posteriormente, transformado em kg MS ha⁻¹.

Em seguida, foi realizada uma amostragem do material que foi triturado em moinho tipo willy e levado ao laboratório para serem realizadas as determinações dos teores foliares do conteúdo de nitrogênio, que foi utilizado para o cálculo do teor de PB da forragem (PB = N total x 6,25), através do método Kjeldahl (SILVA, 1998), e os teores foliares de cobre e zinco foram determinados com a espectrofotometria de absorção atômica conforme processos descritos no Standard Methods citado por MALAVOLTA et al., (1989).

O solo foi amostrado em duas profundidades (0 - 10 cm de profundidade e 10 - 20 cm). As amostras de solos foram realizadas no início do experimento (Tabela 3) e ao final de

cada época. As amostras foram coletadas em cada parcela usando trado tipo especial, cuja patente foi requerida pelo autor (Figura 10 e 11).



FIGURA 10 – Trado especial desenvolvido pelo autor, composto de 3 partes (1- trado com pá de corte; 2 – tampa da amostra indeformada; 3- espátula de apoio.



FIGURA 11 – Trado especial montado para realizar a coleta, consta de uma caixa em que fica a amostra de terra de forma indeformada.

Em cada parcela útil de 3m X 3m, coletou-se 3 subamostras de solo que foram homogeneizadas e deram origem à amostra composta de cada profundidade avaliada. As

amostras compostas de solo foram devidamente embaladas, etiquetadas e enviadas ao laboratório para análise dos teores de Fósforo (P), Potássio (K), Acidez medida com o extrator CaCl_2 (pH), Matéria Orgânica (M.O.), Zinco (Zn), Cobre (Cu), e Enxofre (S), conforme metodologia do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) descrita por RAIJ et al. (2001) e, utilizada pelo laboratório LabFert, localizado no município de Uberaba-MG.

Os dados obtidos foram submetidos a análises estatísticas, utilizando-se o programa SAEG 9.1. Os resultados para o fator quantitativo (doses de ELS) foram submetidos à análise de regressão e as médias e interações significativas foram desdobradas e apresentadas nos resultados com aplicação do teste de Tukey (5% e 1% de probabilidade).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 QUANTIDADES DE NUTRIENTES APLICADOS COM ESTERCO LÍQUIDO DE SUÍNOS

Realizaram-se as aplicações nas doses descritas na Tabela 5, nas datas citadas na Tabela 4, em que as doses anuais foram subdivididas em aplicações bimestrais.

Tabela 5 – Descrição das quantidades estimados de N, P₂O₅, K₂O, Cu e Zn dos tratamentos aplicados com ELS nas três épocas e doses totais

	T1	T2	T3	T4	T5
Época 1	Controle	100m ³ ha ⁻¹	200m ³ ha ⁻¹	300m ³ ha ⁻¹	600m ³ ha ⁻¹
 kg ha ⁻¹				
N	0	197,41	394,82	592,23	1184,46
P ₂ O ₅	0	175,09	350,18	525,27	1050,54
K ₂ O	0	97,97	195,94	293,91	587,82
Cu	0	0,21	0,42	0,63	1,26
Zn	0	0,55	1,10	1,65	3,30
MO	0	2.330	4.660	6.990	13.980
Época 2					
N	0	166,92	333,84	500,76	1.001,52
P ₂ O ₅	0	143,94	287,88	431,82	863,64
K ₂ O	0	85,63	171,26	256,89	513,78
Cu	0	0,12	0,24	0,36	0,72
Zn	0	0,34	0,68	1,02	2,04
MO	0	1.978	3.957	5.935	11.870
Época 3					
N	0	533,11	1066,22	1599,33	3198,66
P ₂ O ₅	0	467,97	935,94	1403,91	2807,82
K ₂ O	0	243,91	487,82	731,73	1463,46
Cu	0	0,76	1,52	2,28	4,56
Zn	0	1,33	2,66	3,99	7,98
MO	0	6.347	12.694	19.041	38.082
Total:					
N	0	897,44	1794,88	2692,32	5384,64
P ₂ O ₅	0	787,00	1574,00	2361,00	4722,00
K ₂ O	0	427,51	855,02	1282,53	2565,06
Cu	0	1,09	2,18	3,27	6,54
Zn	0	2,22	4,44	6,66	13,32
MO	0	10.655	21.311	31.966	63.932

Os dados gerados na tabela 5 são resultados das transformações realizadas a partir dos teores de sólidos totais de cada amostra de ELS aplicado. Com os teores de ST das amostras, pôde-se obter os teores de MO e utilizou-se os valores determinados por SCHERER et al., (1994) para definir as doses de N, P e K em relação ao teor de ST do ELS. Os teores de Cu e Zn foram obtidos pela análise laboratorial do ELS determinados em laboratório.

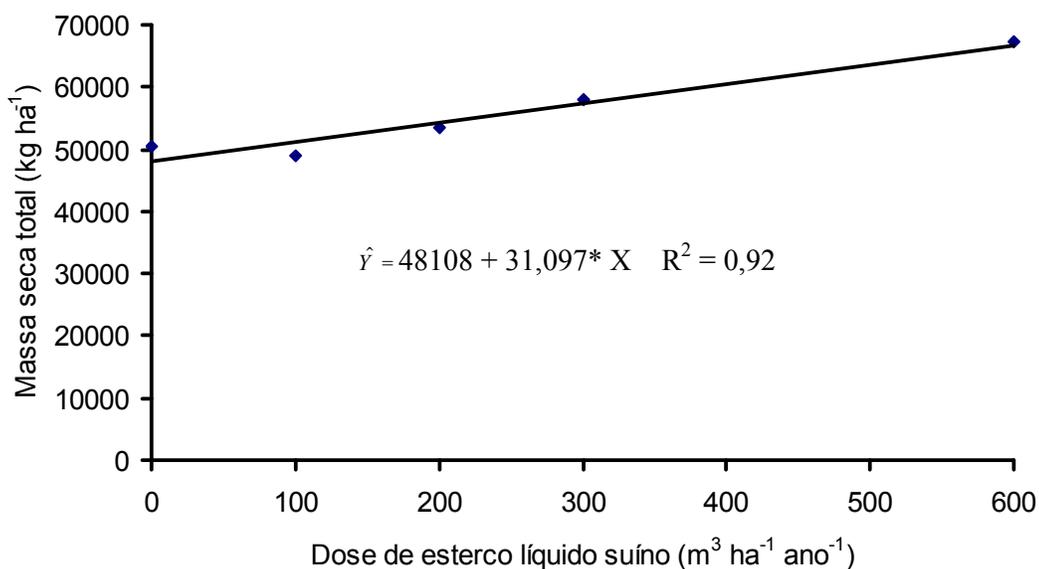
Observou-se que o ELS, apesar de ser apontado como grande poluidor ambiental, em função do teor de cobre e zinco, considerados metais pesados, possui no teor de nitrogênio e fósforo, teor muito superior e igualmente potencialmente poluidor.

Considerando que WERNER et al., (1996) definiu que a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu extrai aproximadamente 13 kg t⁻¹ de N, 1,0 kg t⁻¹ de P e 18 kg t⁻¹ de K, este experimento extraiu com base na massa seca total produzida 637 kg de N, 49 kg de P e 882 kg de K, ou seja, o fósforo pode ter sido o elemento aplicado e menos extraído pela forrageira o que pode indicar ser este o elemento de maior impacto ambiental quando se realiza a aplicação de ELS e não o cobre e zinco.

4.2 PRODUTIVIDADE DA MASSA SECA E TEOR FOLIAR DE PROTEÍNA BRUTA (PB), COBRE (Cu) E ZINCO (Zn)

Na Figura 12, observa-se a produção de massa seca acumulada nos cortes realizados na parte aérea da forrageira de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu durante o ciclo da cultura utilizado no período experimental. Os dados ajustaram-se a um modelo linear, constatou-se que o aumento de produtividade da MS conforme ocorreu o incremento da dose, como esperado, em todas as épocas em função da presença de macro e micronutrientes presentes no dejetos normalmente afetarem a produtividade da MS.

A produção acumulada foi de 49.031; 47.201; 52.004; 56.550; 66.059 kg ha⁻¹, da dose 0 a 600 m³ ha⁻¹, respectivamente, os aumentos foram de 6 a 34%.



* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste “t”.

FIGURA 12 - Produtividade de massa seca total acumulada (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X).

Os resultados obtidos neste experimento assemelham-se aos de SCHEFFER-BASSO et al., (2008) trabalhando com pastagem natural no Rio Grande do Sul, observou que a massa seca (MS) da pastagem aumentou de forma linear de acordo com as doses de esterco líquido. As pastagens não diferiram quanto à eficiência de utilização (média 15,7 kg MS ha⁻¹ m⁻³ de esterco líquido de suínos).

Trabalhando com a mesma forrageira deste experimento, BARNABÉ et al., (2007), observou aumento na produtividade de MS acumulada com aplicação de ELS de 50 a 150 m³ ha⁻¹, e a maior dosagem foi equivalente (P<0,05) a adubação mineral recomendada. Já AZEVEDO (1991), verificou aumento de MS de forma quadrática de acordo com as doses aplicadas em capim gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.). SILVA et al., (2005), observaram aumentos na produção de MS com aplicação de dejetos líquidos de suínos de 60 a 240 m³ ha⁻¹, superiores (P<0,05) a adubação mineral recomendada em uma pastagem de *Brachiaria decumbens*. ROSA et al. (2004), trabalhando com *B. brizantha*, utilizaram 200 m³ de ELS ha⁻¹ ano e obtiveram 2,8 t ha⁻¹ de MS.

A variação entre épocas (Tabela 6) foi influenciada pelo fato da pastagem no primeiro período seco (Época 1), em função deste ter sido o período de estabelecimento da forrageira e

por isso produziu menos MS, diferente das duas épocas seguintes em que as parcelas já encontravam-se estabelecidas. Verifica-se que, em períodos favoráveis como o verão, quando se dispõe de temperatura elevada e pluviosidade constante (ausência de veranicos), a braquiária costuma apresentar melhor rendimento forrageiro, o que não ocorreu, como pode ser observado pela equivalência entre a época 2 e 3 representados pelos períodos considerados chuvoso/seco, respectivamente.

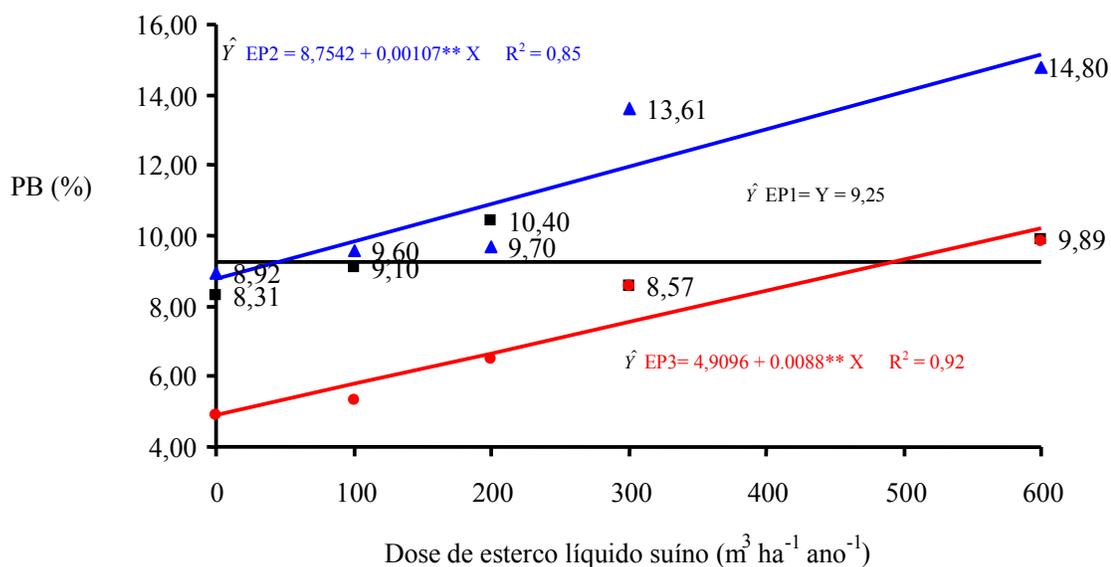
Tabela 6 – Produtividade de massa seca acumulada (kg ha^{-1}) média em diferentes épocas

Época	Massa Seca
1 (Jun a Out, 2005)	14186 B
2 (Dez a Abr, 2006)	20646 A
3 (Jun a Abril, 2007)	20739 A

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

MARI (2003) pesquisando a *Brachiaria brizantha* submetida a intervalos de cortes durante as estações do ano, observou efeitos das estações sobre o teor de MS, que foi maior no inverno (26,6%), seguido do outono e da primavera (24,6% cada).

Nota-se que as doses não responderam na época 1 e ajustou-se a um modelo linear na época 2 e 3 nos teores de proteína bruta (PB) (Figura 13), demonstrando que mesmo a maior dose de esterco líquido de suíno não afetou a planta a ponto de causar fitotoxicidade e comprometer o acúmulo de N foliar. Este fato é essencial para viabilizar aplicação desta fonte orgânica na adubação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, uma vez que esta cultura demonstrou responder aos aumentos de doses. Neste experimento o comportamento do teor de PB na época 2 e 3 coincide com o demonstrado por FAGUNDES et al., (2005) que verificaram que o suprimento de N no solo normalmente não atende à demanda das gramíneas, porém, quando há adubação nitrogenada, são observadas grandes alterações na taxa de acúmulo de PB da forragem do capim-braquiária ao longo das estações do ano.



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste “t”.

FIGURA 13 - Teor de PB (%) da MS das folhas (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X).

É importante lembrar que o nitrogênio é um dos elementos que apresenta comportamento bastante diferenciado em função de suas perdas do sistema como salientaram STEENHUIS et al., (1981) que constataram perdas de N de 25 a 50% após aplicação do dejetos de suínos e ocorrência de chuvas fortes e sucessivas. As perdas de N por volatilização podem ocorrer quando os dejetos de suínos são armazenados por longos períodos (SCHERER et al., 1996).

As transformações, após aplicação no solo, podem ocorrer quando o N amoniacal torna-se passível de oxidação e é transformado em nitrato, que é altamente solúvel em água e apresenta elevado potencial poluidor, porém representa excelente fonte de N para as plantas. Outra forma de perda é quando a aplicação é realizada superficialmente sem incorporação e em períodos do dia muito quente volatilizam para a atmosfera.

SCHEFFER-BASSO et al., (2008) observaram que a quantidade de N extraída pela pastagem aumentou linearmente de acordo com as doses de esterco líquido de suínos, com máximo de 16,15 kg N ha⁻¹ na média dos cortes e os teores de PB respondeu positivamente ($y = 0,0322x + 7,94$) ao aumento da dose de ELS. Sem a aplicação de ELS, os teores de PB não variaram ao longo da estação de crescimento, com amplitude de um ponto percentual, ao

passo que, sob efeito do ELS, a amplitude foi de 2,5 pontos percentuais. Já neste experimento verifica-se que o comportamento foi diferenciado de acordo com a época avaliada (FIGURA 4). Observa-se que na época 1 o ELS não influenciou o teor de PB o que só ocorreu na época 2 e 3.

Visualiza-se pelos dados da Tabela 7 que todos os tratamentos que receberam adubações ou na dose controle na época 1 e 2 foram superiores a 7% que representa segundo CARVALHO et al. (2003), o nível crítico para que a microbiota do rúmen promova a fermentação ruminal. A aplicação das diferentes doses de esterco líquido de suíno beneficiou o acúmulo de proteína bruta na forrageira. Na época 3 observou-se que somente os tratamentos em que receberam ELS nas doses 300 e 600 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, tiveram teor de PB superior à 7%, ou seja atenderiam à exigência da microbiota ruminal.

SILVA (2004), utilizando quatro alturas diferentes de corte na *B. brizantha* cv. Marandu, durante um ano, obteve variação de 11,3 a 13,7% PB. MEDEIROS et al. (2007) verificaram o valor médio de 9,6% PB entre as quatro diferentes épocas de corte. VIELMO (2008) observou que a aplicação de doses crescentes de ELS, promoveu aumentos nos teores de PB do Tifton 85, resultados também observados por DRUMOND et al., (2006).

Tabela 7 – Teor percentual (%) de Proteína Bruta (PB) na MS nas épocas de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno

Época	Dose de esterco líquido suíno (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)				
	0	100	200	300	600
%				
1	8,31 a	9,1 a	10,4 a	8,57 b	9,89 b
2	8,92 a	9,6 a	9,7 a	13,61 a	14,8 a
3	4,90 b	5,34 b	6,5 b	8,57 b	9,84 b

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

RAMOS et al., (2004) obtiveram em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu teor de PB entre 8,37 % na testemunha a 9,79% no tratamento com aplicação de 200 m³ de ELS. Na mesma época das águas, não obtiveram diferença entre os cortes dentro do mesmo tratamento. Observando-se os valores na época das águas desse experimento (Época 2), são similares aos obtidos por RAMOS et al. (2004), eles observaram que em função das maiores doses testadas observou-se que a braquiária responde ao aumento da dose de ELS.

Registra-se pela Tabela 8, que houve acúmulo de cobre e zinco foliar independente da dose de esterco aplicado nas três épocas avaliadas.

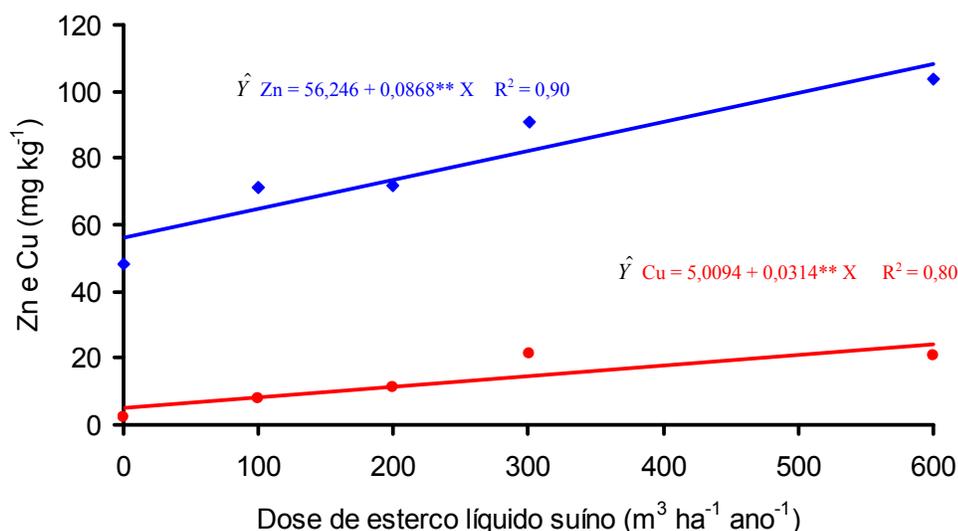
Tabela 8 – Teores de Zn (mg kg^{-1}) e Cu (mg kg^{-1}) nas folhas em diferentes épocas independentes da dose de esterco líquido de suíno

Época	Zn	Cu
1	40,4 b	3,8 b
2	60,1 b	10,1 b
3	130,7 a	23,7 a

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Entre as épocas 1 e 2, apesar de se observar um aumento, não diferiram entre si e na época 3 observou-se um aumento significativo em relação as demais épocas. Este fato pode ter sido favorecido pela aplicação continuada do ELS que pelo aumento na solução do solo disponibilizou maiores concentrações para serem absorvidas pela forrageira. McBRIDE (1995) coloca que a transferência de metais pesados para a parte aérea das plantas não é muito comum, sendo os mesmos normalmente acumulados no sistema radicular, principalmente os elementos catiônicos.

Observou-se neste experimento (Figura 14) grande absorção de Zn pela *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, com o aumento das doses de ELS, com valor estimado de 100 mg kg^{-1} , na dose de $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Esse valor estimado encontra-se de acordo com CANTARELLA et al., (1997) dentro da faixa considerada adequada para a cultura do milho (15 a 100 mg kg^{-1}). O mesmo comportamento foi observado para o cobre, em que o valor estimado foi de 20 mg kg^{-1} , na dose de $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, e as concentrações foliares permaneceram próximas do limite mínimo da faixa considerada adequada para o milho (6 a 20 mg kg^{-1}).



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste “t”.

FIGURA 14 - Teores de Zn e Cu nas folhas (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X).

WUNSCH et al., (2005) estudando variação dos teores de micronutrientes em pastagens do Rio Grande do Sul (RS) observou que os teores de cobre variaram de 1 a 78 mg kg⁻¹ e os teores de zinco variaram de 5 a 70 mg kg⁻¹. Os valores observados neste experimento são de 3,8 a 23,7 mg kg⁻¹ para Cu e de 40,4 a 130,7 mg kg⁻¹ pra Zn, próximos aos encontrados por esses autores no RS; porém ao se comparar os níveis médios de cobre encontrados nas pastagens adubadas com ELS deste experimento com as exigências de bovinos de corte, estimadas em 10 mg kg⁻¹ pelo NRC (1996), pôde-se observar que a forrageira estudada seria capaz de suprir adequadamente os animais na época 2 e 3. Já os níveis de zinco encontrados na forrageira foram superiores, nas três épocas avaliadas, às exigências de bovinos de corte, estimadas em 30 mg kg⁻¹ pelo NRC (1996).

Os teores foliares adequados de cobre e zinco para a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu segundo WERNER et al., (1996) são de 7 a 10 mg kg⁻¹ de Cu e de 29 a 35 mg kg⁻¹ de Zn. Considerando esses valores, deve-se observar que mesmo o tratamento controle absorveu maiores teores de Zn do que os teores considerados adequados. Para o cobre o teor considerado adequado de acordo com WERNER et al., (1996) foi alcançado com a aplicação de 200 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de ELS. Porém constatou-se que as concentrações observadas, neste experimento, estão muito abaixo do valor limite para ingestão por animais e seres humanos

que é de 30 mg kg⁻¹ para Cu e 500 a 1500 mg kg⁻¹ para Zn, segundo descreveu BERENGUER et al. (2008).

Oliveira e Mattiazzo (2001) obtiveram absorção de Cu de 5,04 a 6,65 mg kg⁻¹ e de Zn de 13,58 a 21,10 mg kg⁻¹ nas folhas de cana-de-açúcar, ou seja, valores muito abaixo dos obtidos neste experimento e os teores presentes no solo, em ambos os experimentos, foram equivalentes. As avaliações distintas obtidas neste experimento e o de Oliveira e Matiazzo (2001) demonstram que se deve considerar a espécie utilizada como planta indicadora, pois comparando os resultados destes autores com os obtidos neste experimento chega-se à conclusão que o capim Marandu absorve mais Cu e Zn do que a cana-de-açúcar.

QUEIROZ et al., (2004a) estudando o efeito da aplicação via irrigação de ELS e água da rede de abastecimento em quatro forrageiras distintas (quicuío-da-amazônia, tifton-85, coast-cross e braquiária) observaram que o cobre teve sua absorção aumentada significativamente ($P < 0,05$) em todas as forrageiras em que se aplicou o ELS. O mesmo comportamento foi observado para o Zn, com exceção do coast-cross que não foi influenciado ($P < 0,05$). Neste mesmo trabalho, observou-se incremento nos teores de nutrientes, na maioria das forrageiras estudadas nos teores de Ca, Mg, K e foram observadas variações no teor de P somente no tifton-85, e variações nos teores de Na somente no quicuío-da-amazônia.

Os incrementos nos teores de Cu e Zn verificados nas amostras das plantas foram, de maneira geral, proporcionais aos aumentos observados nos teores totais desses metais, no solo. Dessa forma, nos casos em que foram observados comportamentos crescentes com a aplicação do ELS é possível que seja indicativo de que, a partir de determinados teores acumulados no solo, os teores absorvidos pelas plantas atinjam valores que pode implicar toxidez aos animais e ou as plantas.

Em relação ao aumento linear demonstrado na figura 14, pôde-se inferir que neste experimento não ocorreu adsorção e sim liberação dos metais pesados pela solução do solo em doses crescentes em relação à aplicação do ELS. Não ocorreu o fenômeno chamado de platô, quando se aplica resíduos orgânicos e, após as concentrações de metais no tecido vegetal terem alcançado o chamado platô, em decorrência de sucessivas aplicações de resíduos orgânicos, estas permanecerão nestes níveis até mesmo depois da interrupção das aplicações do resíduo (CHANG et al., 1997; LOGAN et al., 1997). Esse comportamento é observado quando se aplica resíduos como o lodo de esgoto, que pelo maior percentual de sólidos totais (ST) favorece a adsorção.

4.3 – ATRIBUTOS DE SOLO

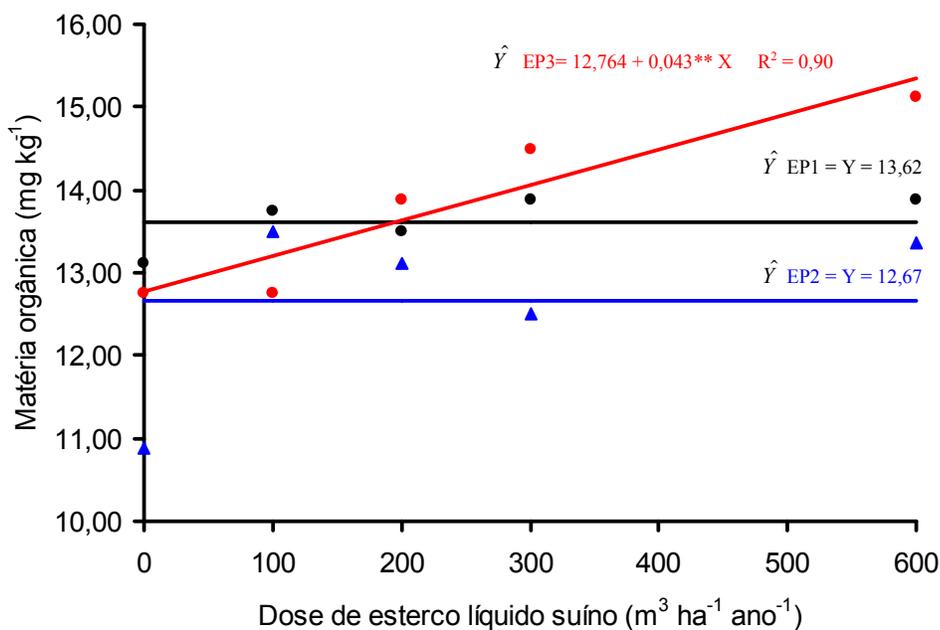
Na Tabela 9, observou-se que não ocorreu variação entre os teores de matéria orgânica (MO) dentro da mesma dose aplicada, exceto nos tratamentos controle e no tratamento com 300 m³ ha⁻¹ de ELS que tiveram o seu teor reduzido na época 2 no tratamento controle.

Tabela 9– Teor de matéria orgânica (g dm⁻³) no solo nas épocas de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno

Época	Dose de esterco líquido suíno (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)				
	0	100	200	300	600
1	13,12 A	13,75 a	13,50 a	13,87 ab	13,87 a
2	10,87 B	13,50 a	13,12 a	12,50 b	13,37 a
3	12,75 A	12,75 a	13,87 a	14,50 a	15,12 a

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na época 3, foi observado incremento de MO com o aumento da dose aplicada, conforme ilustra a Figura 15.



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste “t”.

FIGURA 15 - Teor de matéria orgânica no solo (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X).

MATTIAS (2006) não observou incremento de matéria orgânica com a aplicação de ELS; este fato é constantemente justificado pelo baixo teor de matéria seca presente nos dejetos, e pela própria característica do carbono (C) sobre a forma de polissacarídeos, proteínas, lipídeos, e outros compostos (DINEL & GREGORICH, 1995) que são considerados de rápida degradação.

O incremento observado pode estar relacionado com as aplicações sucessivas realizadas com o ELS que mesmo com baixos teores de MO, pode contribuir para incrementos da matéria orgânica do solo, ou com o fato do ELS auxiliar na promoção de melhor desenvolvimento radicular e com o acúmulo de material senescente em cobertura do solo.

Os resultados descritos na Tabela 10, maior acúmulo na camada superficial, eram esperados uma vez que as maiores concentrações de MO encontram-se nas camadas mais superficiais do solo, o que no caso referem-se a amostras na camada de 0-10 cm. DE MARIA & CASTRO (1993) citam que o maior acúmulo ocorre em profundidades menores de amostragem como de 0-2,5 cm e 0-5,0 cm, pelo acúmulo superficial de MO.

Tabela 10 – Teor de matéria orgânica (g dm^{-3}) no solo nas épocas de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno

Profundidade (cm)	Dose de esterco líquido suíno ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$)									
	0		100		200		300		600	
0-10	13,50	a	13,92	a	14,50	a	14,58	a	16,00	a
10-20	11,00	b	12,75	a	12,50	b	12,67	b	12,25	b

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

DURIGON (2000) relatou que, após o uso de 28 aplicações de esterco líquido de suínos no solo, num período de quatro anos, não houve acúmulo de carbono orgânico total (COT), exceto na camada 0 – 2,5 cm de profundidade. Este resultado, provavelmente, deve-se ao aumento da atividade microbiana motivada pelo esterco aplicado, tornando os efeitos do esterco líquido de suínos no teor de matéria orgânica no solo insignificante, pois, além de baixo teor de matéria seca que contém os compostos orgânicos presentes são de fácil mineralização e desaparecem em questão de dias ou semanas.

Verifica-se que não houve aumentos nos valores de pH com o acréscimo das doses de dejetos de suínos nas três épocas avaliadas e entre épocas dentro da mesma dose observou-se que, apesar de ter ocorrido alguma diferença significativa entre os teores, eles não são

diferentes de acordo com a classificação agronômica (Tabela 11). Este comportamento também foi observado por SCHERER et al., (1984) e DURIGON (2000). Apesar de alguns resíduos orgânicos apresentarem um efeito como condicionador da acidez do solo, como o caso dos lodos de esgoto, a atuação dessas fontes relaciona-se mais ao fato da inclusão de carbonato de cálcio no processo de produção do lodo (MELLO & MARQUES, 2000) ou de acordo com CASSIO et al (2005) por apresentar reação alcalina, os resíduos orgânicos podem elevar o pH do solo. No caso do ELS o elemento que poderia influenciar a alteração no pH, levando a alcalinização seria a presença de MO, porém como observado (Tabela 4) essa fração representa menos de 8% da composição do ELS.

Tabela 11 – Valor de pH (CaCl₂) no solo nas épocas de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno

Época	Dose de esterco líquido suíno (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)				
	0	100	200	300	600
1	4,46 B	4,63 b	4,74 ab	4,70 ab	4,86 a
2	4,74 ab	4,31 b	4,43 b	4,41 b	4,33 b
3	4,93 A	5,09 a	4,99 a	4,91 a	5,05 a

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Verifica-se que segundo a CFSEMG (1999) a acidez ativa do solo (pH), encontra-se em todos os tratamentos na faixa de classificação agronômica baixa, ou seja, inadequada. O valor de pH apresentado, menor que 5,0, promove alterações na absorção dos nutrientes presentes no solo, em que a maior absorção de Cu e Zn é favorecida e as menores absorções dos macronutrientes essenciais como N, P e K. Segundo EMBRAPA (1980) na faixa de pH de 5,0 tem-se estimativa percentual de absorção de 50% de N, 32 % de P, 35% de K e, quando o pH encontra-se na faixa de 4,5, a estimativa é de 20 para o N; e 30 % para P e K.

CONSOLINI & COUTINHO (2004) estudando o efeito de aplicação de zinco em solo e a influência do pH observou que a produção de massa seca de milho cultivado nos latossolos foi influenciada apenas pelo pH do solo. Ou seja, o efeito do pH pode estar limitando o estudo da absorção de nutrientes deste experimento. O aumento do pH pode diminuir a presença de Cu e Zn, na solução do solo e nos pontos de troca catiônica (ABREU et al., 2007). BORGES & COUTINHO (2004), os quais aplicaram biossólidos ao solo e verificaram que, com o aumento do pH do solo, ocorreu a redistribuição do Cu e do Zn da fração trocável para fração ligada à matéria orgânica do solo ou óxidos, menos disponíveis para as plantas. De um

lado tem-se, neste experimento, as condições apropriadas para a maior absorção de micronutrientes (Cu e Zn) devido a apresentar nos solos da área experimental pH inferior a 5,0 e de outro lado, não se pode confirmar que a correção da acidez do solo conduziria à indisponibilização dos metais pesados, passariam a formas insolúveis para formas solúveis disponíveis às plantas. Esta relação que ocorre no solo é, de forma simplificada, uma definição chamada “teoria da bomba relógio”, proposta por McBRIDE (1995), em que a acidificação do solo pode promover uma intensa mobilização dos metais pesados e micronutrientes retidos em solos corrigidos.

Observa-se pela Tabela 12, que ocorreu redução do pH na camada de 10-20 cm nas três épocas e houve interação significativa entre épocas e profundidades observa-se que os maiores valores de pH foram obtidos na época 3 para ambas profundidades. O sistema radicular da forrageira pode estar muito superficial, pois com a redução de pH no perfil cria-se barreira química que impede o desenvolvimento radicular.

Tabela 12 – Valor de pH (CaCl₂) no solo em diferentes profundidades de solo em cada época

Profundidade (cm)	Época		
	1	2	3
0 a 10	5,42 A ab	4,77 A b	5,46 A a
10 a 20	4,12 B b	4,11 B b	4,53 B a

Médias seguidas de uma mesma letra, maiúscula, na coluna e minúscula, na linha não diferem, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A importância da elevação do pH por meio da calagem na redução da disponibilidade de metais pesados, como Cd, Cu, Ni e Zn, tem sido demonstrada por diversos autores (BERTON et al., 1997; KREBS et al., 1998). MARTINS et al., (2003) consideraram que os melhores resultados de produção de grãos e massa seca com a adição de calcário também podem ser atribuídos a diminuição na disponibilidade dos micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn, fornecidos em quantidades bastante elevadas com o lodo de esgoto. Assim como no trabalho com lodo de esgoto, a aplicação de ELS quando realizada em pH não ideal pode estar influenciando aspectos relacionados à produtividade da cultura, em função do aumento na disponibilidade de micronutrientes e redução na capacidade de absorção dos macronutrientes.

MARTINS et al. (2003) em estudo sobre a produção de grãos e absorção de Cu, Fe, Mn e Zn pelo milho em solo adubado com lodo de esgoto com e sem calcário, afirmaram que o aumento nas concentrações de metais no solo pode refletir em aumento na disponibilidade às

planta e que diversos fatores afetam a biodisponibilidade de metais: pH, a capacidade de troca catiônica e o teor de matéria orgânica do solo. Salientaram estes autores que diversos trabalhos enfatizaram a importância do pH acima de 5,3, mais alcalino, para a redução da disponibilidade de metais pesados como Cd, Cu, Ni e Zn. Afirmam ainda que informações seguras e conclusivas apenas são obtidas por meio de experimentos de longa duração em condições de campo. Porém, estas pesquisas ainda são incipientes no Brasil. Nas condições do experimento desses autores, a calagem foi eficiente em reduzir a absorção de Zn, Fe, e Mn, mas não afetou a absorção de Cu pelo milho.

Verifica-se pelos dados apresentados na Tabela 13, que não se observou diferença entre os teores de P nas 3 épocas de coleta nas doses de 0 a 100 m³ ha⁻¹, mas nas doses de 200, 300 e 600 m³ ha⁻¹, observou-se diferença significativa entre as duas primeiras épocas e a terceira, o que indica que deve-se realizar o monitoramento de áreas que recebem sistematicamente ELS, principalmente quando em altas concentrações.

Tabela 13 – Teor de P (mg dm⁻³) no solo nas diferentes épocas de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno

Época	Dose de esterco líquido suíno (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)				
	0	100	200	300	600
1	26,13 a	38,62 a	71,25 b	43,13 b	47,75 b
2	40,50 a	55,12 a	80,25 ab	56,63 b	67,75 b
3	42,25 a	47,50 a	113,63 a	98,00 a	147,25 a

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na tabela 14, observa-se que o teor de fósforo não apresentou aumento ao longo do perfil, indicando que este elemento não sofreu percolação.

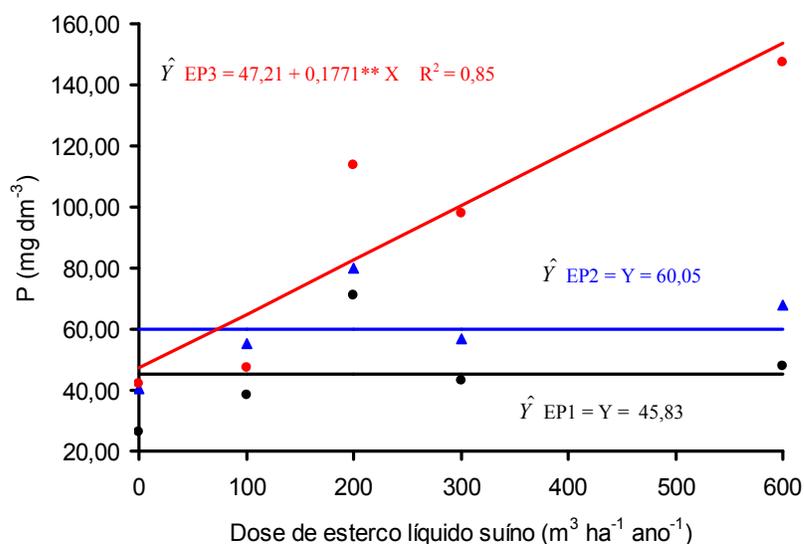
Tabela 14 – Teor de P (mg dm⁻³) no solo nas diferentes profundidades de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno

Profundidade (cm)	Dose de esterco líquido suíno (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)				
	0	100	200	300	600
0-10	45,17 a	53,83 a	97,42 a	85,92 a	130,67 a
10-20	27,42 a	40,33 a	79,50 a	45,30 b	41,67 b

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Esse comportamento era esperado, uma vez que o P é considerado um elemento pouco móvel no solo. Apesar dos valores observados, mesmo no tratamento controle serem consideradas, de acordo com as classes de interpretação de fertilidade do solo, como um teor muito bom ($> 45 \text{ mg dm}^{-3}$) segundo a CFSEMG (1999), esses teores não são muito comuns em solos do bioma cerrado, normalmente deficientes em P.

Na Figura 16, observa-se que somente na época 3 os teores de P apresentaram aumento linear, em função das doses crescentes de ELS o que comprova que a aplicação sistemática de dejetos pode levar a alterações nos atributos químicos do solo. Nas duas demais épocas não se observou influência das doses crescentes de ELS no teor de P do solo.



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste “t”.

FIGURA 16 - Teor de P no solo (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X) em diferentes épocas.

SCHEFFER- BASSO et al. (2008) observaram, ao final do experimento, que as análises do solo revelaram expressivo aumento nos teores de P e K nas parcelas adubadas com esterco líquido de suínos. As alterações nos atributos químicos do solo também foram descritas por CERETTA et al., (2003) em estudo sobre o uso de esterco líquido de suínos em pastagem natural. Esses autores evidenciaram elevada concentração de P na camada superficial do solo, com aumentos de 580% aos 8,3 meses e de 6.710% aos 48 meses de aplicação com esterco líquido de suínos. Além disso, verificaram diminuição na saturação de Al e elevação nos teores de Ca e Mg.

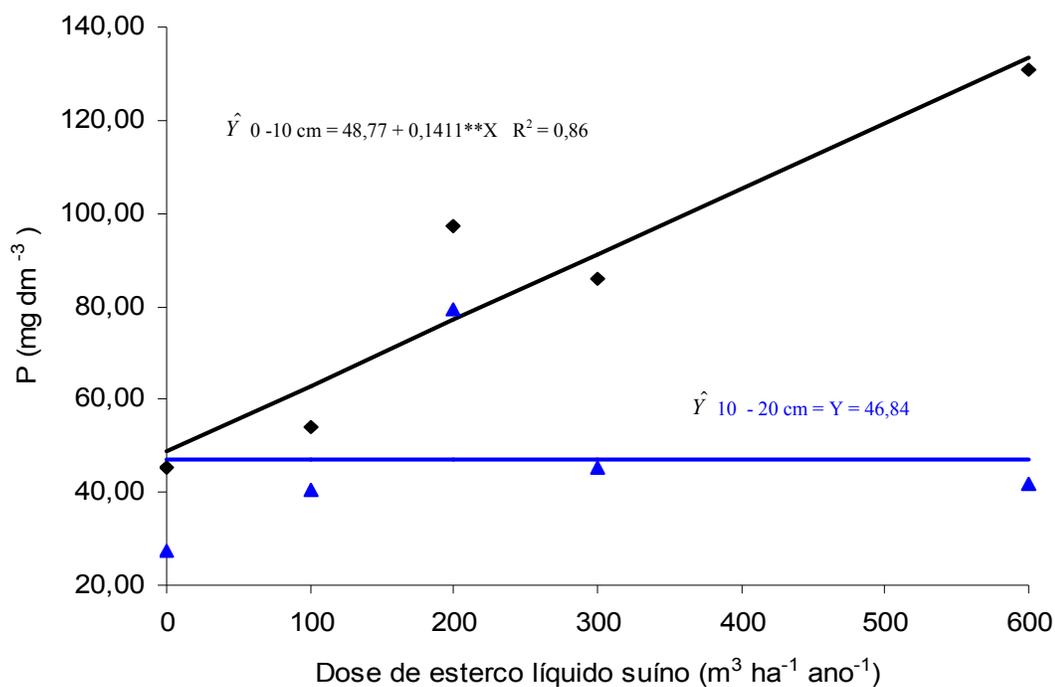
Neste experimento, obteve-se aumento de 189% para P em relação aos teores do tratamento controle. MATTIAS (2006) sugere que o acúmulo de P em solos tratados com ELS correlaciona-se com a menor relação N/P dos dejetos, uma vez que para atender às quantidades necessárias de N pelas plantas quando se aplica ELS, simultaneamente aplicam-se quantidades de P maiores do que as necessárias para as plantas, resultando em acúmulos e movimentações de P no ambiente. O P é um dos elementos que causam eutrofização de rios e águas superficiais. É necessário o seu monitoramento, pois pode levar à contaminação ambiental pelo escoamento superficial deste solo até os corpos d'água. O fósforo, de acordo com vários resultados de pesquisa, representa risco potencial para contaminação de solos e águas e deve ser considerado mineral limitante na aplicação de ELS (SEGANFREDO, 2007).

A disposição de dejetos líquidos de suínos sucessivamente ao longo dos anos nas mesmas áreas, pode causar sérios problemas com contaminação de águas subsuperficiais e rios com nitrato e fósforo (CERETTA et al., 2005; BASSO et al., 2005), apesar de neste experimento ainda não ter sido possível visualizar o deslocamento vertical, o acúmulo na camada 0-10 cm pode levar o fósforo pelo escoamento superficial aos corpos d'água.

BARROS et al., (2003) estudando a percolação de coliformes totais e coliformes fecais com auxílio de lisímetros observaram aumento desses elementos a 90 cm de profundidade tanto em solos arenosos, textura média e argilosos após aplicação de ELS. O monitoramento do perfil do solo torna-se imprescindível para garantir a não contaminação das camadas mais profundas.

Na Figura 17, observa-se que somente na camada de 0-10 cm houve incremento nos teores de P.

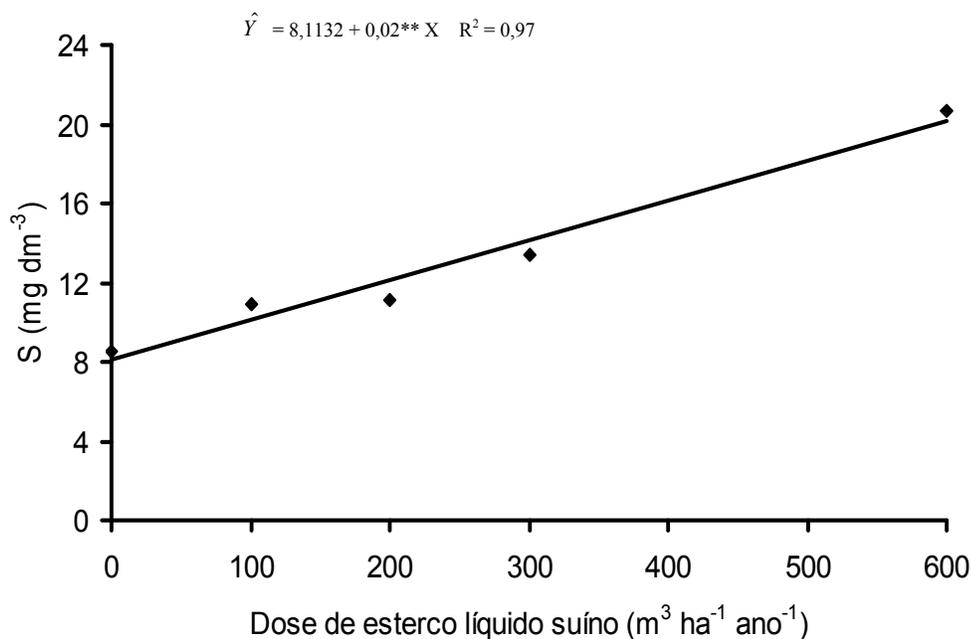
PARRA et al. (2005) observaram que a percolação de P em solos, após aplicação de ELS por 4 anos e meio, proporcionou acréscimo médio estimado de $0,50333 \text{ mg de P dm}^{-3}$ no solo por m^3 do ELS aplicado. Os acréscimos observados na camada de 0-10 cm, proporcionados pelas doses anuais de 60, 90 e $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, foram, respectivamente, de 224%, 245% e de 391% em relação ao tratamento controle e obtiveram na camada de 10-20 cm, deslocamento no perfil do solo, provavelmente sob formas orgânicas, com posterior mineralização nestas camadas. O teor de P ($17,5 \text{ mg dm}^{-3}$) verificado com a aplicação da maior dose de ELS superou em 236% o teor de P ($5,2 \text{ mg dm}^{-3}$) obtido na ausência de ELS. As demais doses também evidenciaram esta tendência na camada de 10 - 20 cm e não se observaram incrementos do teor de P na camada de 20 - 40 cm de profundidade.



* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste “t”.

FIGURA 17- Teor de P no solo (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X), em diferentes profundidades.

O teor de enxofre (S) encontra-se na Figura 18. Observou-se aumento linear dos teores de S em função das crescentes doses de ELS aplicadas. Em todas as parcelas em que se aplicou o ELS, os teores encontram-se altos segundo SOUZA et al., (2001), que definiram como teor médio os valores de 5 a 9 mg dm^{-3} para enxofre no solo e acima de 10 mg dm^{-3} definiu-se como alto. Assim, nota-se que somente no tratamento controle o valor encontra-se no teor médio, sendo que os demais se encontram na faixa considerada alta. Essa classificação é divergente com as classes de interpretação de disponibilidade de enxofre de ALVAREZ et al., (1999), que correlaciona textura e fósforo remanescente (P-rem).



** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste “t”.

FIGURA 18 - Teor de S no solo (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X).

Considerando a textura desse solo arenoso (Tabela 2), ou seja, com valor de P-rem estimado na faixa de 30 a 44 mg dm^{-3} , o nível satisfatório para este solo seria de 13 mg dm^{-3} , e entre 13,1 a 19,6 na faixa de classificação de bom, e o valor de 8 dentro da faixa considerado baixo. De acordo com essa classificação, o teor de S da testemunha encontra-se baixo e nos tratamentos com aplicação de ELS, encontram-se dentro da faixa considerada adequada.

O aumento na concentração de S no solo foi de até 250% no tratamento em que se aplicou a maior dose de ELS. Esse incremento é satisfatório, pois o S tem efeito sinérgico com o N, pois é essencial para a síntese de proteínas. Contudo, de acordo com ALVAREZ et al., (2007) a contribuição de S nas formas orgânicas é questionada, pois verificam que essa fonte no solo apresenta baixa taxa de mineralização, variando de 0,6 a 1,3% do S total. É claro que a taxa de mineralização é dependente dos fatores ambientais, como umidade, aeração, temperatura (ZHOU et al, 2005) e das condições de manejo e de adubação.

Na tabela 15, verifica-se que somente no tratamento com a dose de 600 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, houve alteração nos teores de Cu entre as diferentes épocas avaliadas, esse fato ocorreu

provavelmente em função da alta concentração do elemento aplicado neste tratamento, que promoveu nessa dose o efeito acumulativo. Esse resultado revela que é necessário o monitoramento, de acordo com as condições experimentais, quando se realiza aplicações sucessivas de ELS, principalmente em doses elevadas. Em face dos resultados deve-se considerar que é essencial a aplicação de ELS em áreas que são cultivadas com culturas de grande extração de nutrientes, como foi o caso da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, pois o acúmulo de nutrientes no solo pode ser reduzido. Principalmente quando se trabalha com culturas que são exportadas do sistema, como as pastagens e áreas de cultivo de espécies voltadas para a produção de silagens, que não promovem a ciclagem de nutrientes dentro do mesmo sistema, ou seja, retornando através da palhada o elemento extraído novamente para o solo.

SCHERER & NESI (2004) alertaram para a possibilidade de movimentação vertical do cobre associado a moléculas orgânicas, com observação de acúmulo do elemento a até 50 cm de profundidade em áreas com aplicação de ELS. Já L'HERROUX et al., (1997) atribuíram a movimentação para camadas mais superficiais ao preenchimento dos sítios de adsorção das camadas superficiais, o que permite que os elementos se movimentem para camadas mais profundas do perfil dos solos. Ambas as formas de percolação dos elementos podem ser apontadas para justificar a movimentação dos metais pelo perfil.

Tabela 15– Teores de Cu (mg dm^{-3}) no solo nas épocas de coleta em função de dose de esterco líquido de suíno

Época	Dose de esterco líquido suíno ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$)				
	0	100	200	300	600
1	2,01 a	2,85 a	4,30 a	5,80 a	3,71 c
2	2,16 a	3,70 a	5,17 a	4,89 a	6,56 b
3	2,16 a	2,76 a	5,58 a	5,80 a	8,95 a

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUEIROZ et al., (2004a) não observaram aumento de Cu no solo com aplicação de ELS em rampas de tratamento, pelo contrário apresentou sua concentração diminuída em ambos os tratamentos, indicando que este mineral poderia ter sido extraído pela cultura, porém esses mesmos autores observaram que a recuperação de Cu alcançou somente 0,13 %, ou seja, foi aplicada cerca de 780 vezes maior que a capacidade de extração das plantas.

Assim, atribuíram o fato da redução tal como foi verificado por MATOS et al., (1997), ou seja, o Cu tornou-se menos disponível em razão da complexação pela matéria orgânica.

Neste experimento, observou-se (Tabela 16) que entre as duas profundidades avaliadas, não se verificou acúmulo de Cu no perfil do solo, independente da dose aplicada. Os teores detectados na profundidade de 10-20 cm são similares ao observado na camada superficial (0- 10 cm).

Somente observou-se diferença ($P < 0,05$) no tratamento com $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de ELS com redução entre as profundidades avaliadas de 58%. Nesta dose de $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, pôde-se observar na camada de 0-10 cm incremento de 296% em relação ao teor detectado na testemunha. Os valores em todos os tratamentos em que se aplicou ELS, apresentaram incrementos de 35, 133, 125 e 296%, respectivamente as quatro doses aplicadas.

Tabela 16 – Teores Cu (mg dm^{-3}) no solo em diferentes profundidades de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno

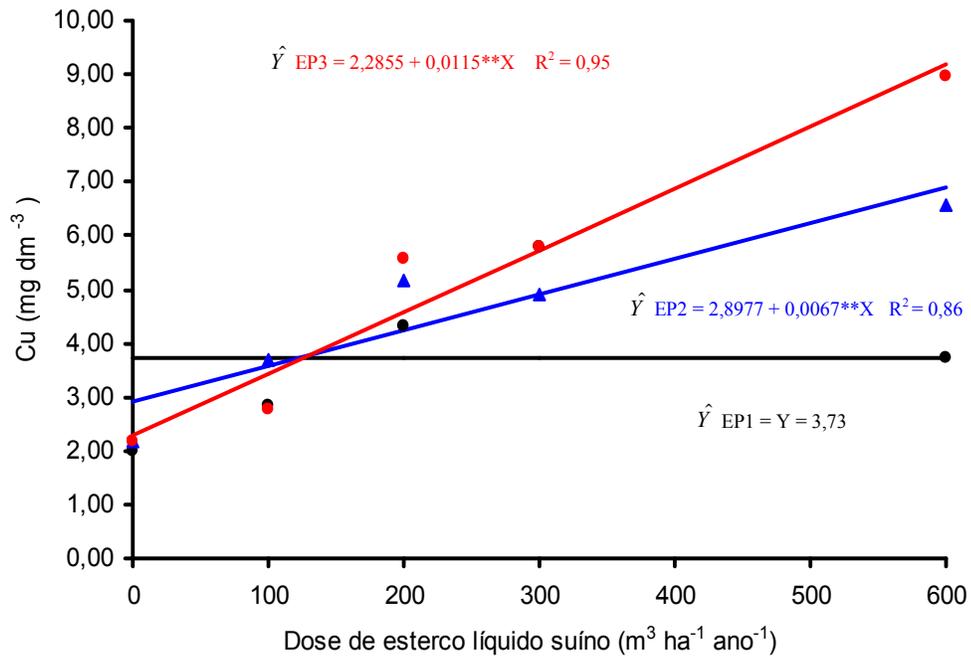
Profundidade (cm)	Dose de esterco líquido suíno ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$)				
	0	100	200	300	600
0-10	2,27 a	3,08 a	5,31 a	5,13 a	9,00 a
10-20	1,96 a	3,13 a	4,72 a	4,21 a	3,82 b

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Outro fator de destaque deve-se aos teores observados do elemento no solo (Tabela 19), os teores em mg dm^{-3} estão de acordo com a CFSEMG (1999), muito acima do nível crítico, segundo as classes de interpretação da disponibilidade de micronutrientes, mesmo para o tratamento controle, uma vez que o teor superior a $1,8 \text{ mg dm}^{-3}$ é classificado como alto, e no tratamento controle o valor já se encontra com teor 26% superior ao limite, e nos tratamentos em que se aplicou ELS os teores variam entre 71 e 400% superiores.

Quando se observa o comportamento do Cu em função das doses (FIGURA 19), verifica-se que na época 1 não houve influência dos teores de cobre em função dos aumentos de doses aplicadas, o que ocorreu somente na época 2 e 3.

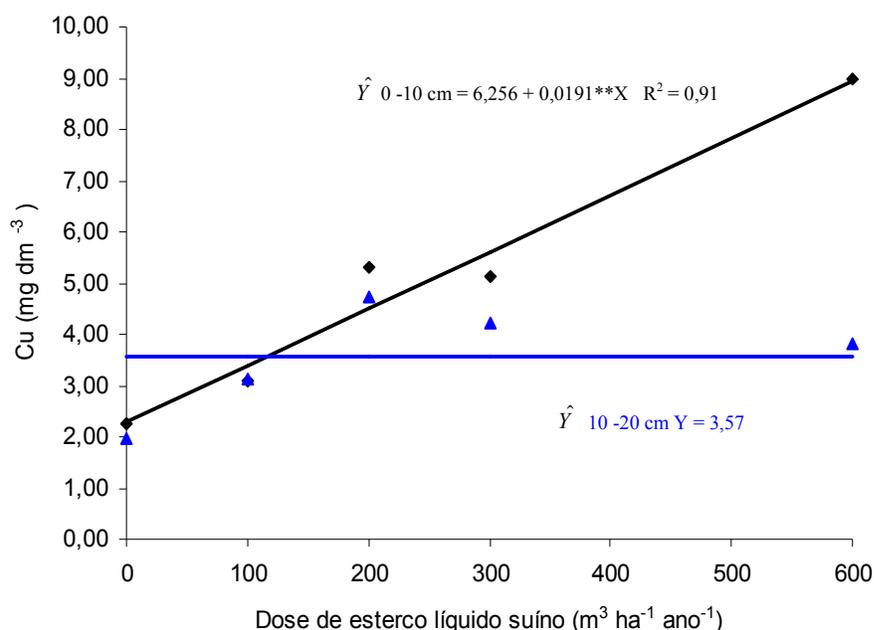
Detecta-se, pelo ponto de cruzamento das linhas das três épocas avaliadas, que os acúmulos são registrados somente a partir da dose de $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e que os teores são maiores a cada nova época de avaliação. Este fato justifica o monitoramento das áreas em que são aplicados ELS, uma vez que se comprovam o efeito acumulativo em decorrência das aplicações sucessivas.



* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste “t”.

FIGURA 19 – Teores de Cu no solo (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno em três épocas de coleta (X).

Na Figura 20, observa-se que os teores de Cu não sofreram alterações na profundidade de 10-20 cm, em relação ao aumento das doses aplicadas, somente houve incrementos na profundidade de 0-10 cm.



* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste “t”.

FIGURA 20 – Teores de Cu no solo (\hat{Y}), em diferentes profundidades em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X).

No entanto, quando se verifica o valor da faixa crítica estabelecida pela CETESB (2005), o valor de cobre utilizado como referência de qualidade é de 35 mg dm^{-3} e o valor para se realizar alguma interferência quando acima de 60 mg dm^{-3} e para solos agrícolas o valor de área de proteção máxima, antes de realizar intervenção é de 200 mg dm^{-3} no solo, valor muito inferior ao acumulado neste experimento. O valor máximo de cobre acumulado neste experimento na profundidade de 0-10 cm é inferior a 10 mg dm^{-3} , ou seja, corresponde a 28, 16 e 5% dos limites máximos descritos pela CETESB (2005).

BASSO et al. (2004) observaram na camada de 0 - 2,5 cm concentração de Cu na dose de $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, superior a 100 mg dm^{-3} , e na camada de 2,5 a 5,0 cm o teor observado foi próximo à 20 mg dm^{-3} , e que a movimentação não alcançou a camada de 10 a 20 cm que apresentava valor equivalente ao tratamento controle.

O comportamento observado por BASSO et al., (2004) pode concorrer nesse experimento, isso porque o extrato utilizado na coleta de solo de 0-10 cm pode diluir esse efeito observado no extrato de solo 0-2,5 cm. Esse comportamento de diluição na fração de solo amostrada foi observada por MUZILLI (1983) e De MARIA & CASTRO (1993) em

relação ao teor de MO; esses autores afirmaram que o maior acúmulo ocorre em frações de menores profundidades de amostragem como de 0 - 2,5 cm e 0 - 5cm.

Outro fator que pode influenciar a absorção de Cu, pode ser relacionada com o incremento de P, conforme tem sido descrito por diversos autores (TIMMER & LEYDEN, 1978; MALAVOLTA et al., 1989) que relataram diminuição nos teores foliares de Cu com a adição de P ao solo.

Os acúmulos de Zn (35 a 296%) e de Cu (42 a 85%) obtidos neste experimento com aplicação de ELS estão próximos aos teores observados por OLIVEIRA & MATTIAZZO (2001). Esses autores observaram que os metais Cu e Zn foram os que apresentaram os maiores teores acumulados no solo, o que se explica pelas suas concentrações no resíduo de lodo de esgoto. Para o Cu, neste experimento ao final da terceira época, foram observados acréscimos médios, em relação à testemunha, variando de 55 a 154 %, e no caso do Zn, de 148 a 381%. Esses resultados confirmam que se deve realizar o monitoramento dos elementos aplicados via reciclagem de resíduos orgânicos, pois pode haver acúmulo de metais pesados nos solos agrícolas.

Na Tabela 17, observa-se que somente nas duas maiores doses de ELS, houve diferenças dos teores de Zn, em função das épocas. Os incrementos dos teores de Zn foram na primeira época de 71% a 202% em relação aos valores do tratamento controle e na terceira época de 36 a 226%.

Tabela 17 – Teores de Zn (mg dm^{-3}) no solo nas épocas de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno

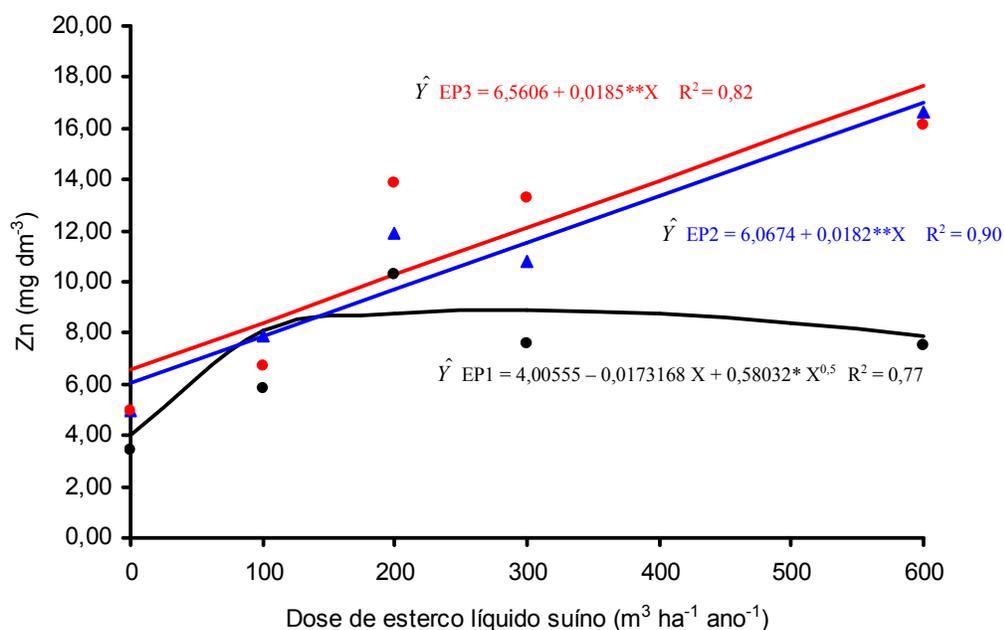
Época	Dose de esterco líquido suíno ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$)				
	0	100	200	300	600
1	3,40 a	5,84 a	10,29 a	7,56 b	7,52 b
2	5,00 a	7,89 a	11,89 a	10,78 ab	16,67 a
3	4,94 a	6,74 a	13,90 a	13,30 a	16,15 a

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Verificando-se o valor da faixa crítica estabelecida pela CETESB (2001) o valor limite de zinco para solos agrícolas é de 500 mg dm^{-3} de solo, que representa valor 2.89% superior ao maior valor obtido neste experimento. Como os novos valores de referência estabelecidos pela CETESB (2005) são mais restritivos, observa-se que o valor de zinco utilizado como referência de qualidade é de 60 mg dm^{-3} e o valor para se realizar alguma interferência quando

apresentar-se acima de 300 mg dm^{-3} . Então os valores obtidos neste experimento são inferiores aos definidos pela CETESB (2005) como referência. O valor máximo de zinco acumulado neste experimento na profundidade de 0-10 cm é de $16,67 \text{ mg dm}^{-3}$, correspondendo a apenas 28% do limite do valor de referência de qualidade, e corresponde somente a 6% do teor para se realizar alguma interferência na área.

De acordo com a Figura 21, visualiza-se que o comportamento do Zn para a época 2 e 3 foram equivalentes e não se observou diferença ($P < 0,05$) entre as duas épocas com as equações ajustadas apresentando padrão linear.



** e * Significativo a 1% e 5 % de probabilidade, pelo teste “t”.

FIGURA 21- Teores de Zn no solo (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X) nas épocas de avaliação.

Para a época 1 demonstra-se (Figura 21) que os dados seguiram um modelo raiz quadrada, em que houve aumento entre o tratamento controle e a primeira dose de ELS e que, a partir deste ponto, o teor de Zn foi mantido independentemente do aumento da dose aplicada. Já na época 2 e 3 ocorreu aumento linear dos teores de Zn no solo.

Verifica-se (Tabela 18) que houve acúmulo de teor de Zn na camada superficial (0-10 cm) nas doses de 300 e 600 m^3 . Isto pode inviabilizar a aplicação de ELS em grandes quantidades, pois pelo curto período de tempo avaliado evidencia-se que ocorre grande

concentração deste metal pesado no resíduo, podendo significar que a capacidade de complexação do Zn nas camadas mais superficiais o que conduz a percolação do elemento para camadas inferiores, conforme foi observado por BASSO et al., (2005) que observaram na camada de 0-2,5 cm concentração de Zn na dose de 40 m³ ha⁻¹, superior a 300 mg dm⁻³, e no perfil não apresentou grande variação, pois o teor na camada de 10-20 cm encontra-se equivalente ao tratamento controle.

Tabela 18 – Teor de Zn (mg dm⁻³) no solo em diferentes profundidades nas épocas de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno

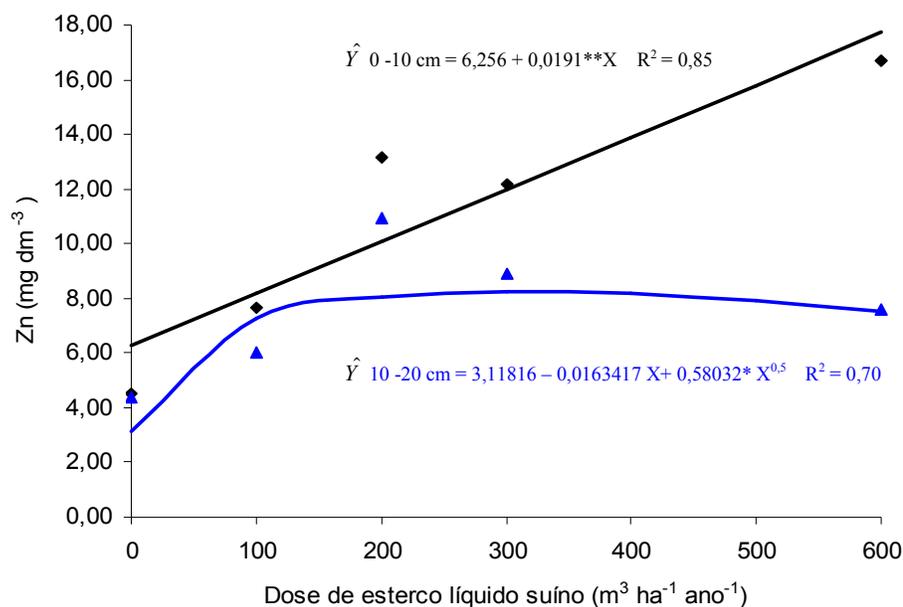
Profundidade (cm)	Dose de esterco líquido suíno (m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹)				
	0	100	200	300	600
0-10	4,53 a	7,65 A	13,16 a	12,18 a	16,67 a
10-20	4,37 a	6,00 A	10,90 a	8,90 b	7,57 b

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

QUEIROZ et al. (2004b) verificaram incremento de Zn no solo com aplicação de ELS, sendo o teor encontrado, o dobro (22,6 mg kg⁻¹) do observado no tratamento em que aplicou-se somente água do sistema de abastecimento da cidade (10,3 mg kg⁻¹). Conforme os dados da Tabela 21, na profundidade de 0-10 cm o aumento de Zn variou de 1,69 a 3,68 vezes o observado na testemunha sem aplicação de ELS.

Segundo MATTIAS (2006) o Zn é o elemento com maior probabilidade de acúmulo nos solos das microbacias hidrográficas, e os teores de metais pesados encontrados nos solos não refletem as quantidades aplicadas anualmente aos solos, indicando transferência para outros compartimentos do ambiente, mais do que transferência para camadas mais profundas do solo. Isto reforça a necessidade de monitoramento vertical (perfil do solo), horizontal (escoamento superficial), e exportação de nutrientes (pelo cultivo de material vegetal) quando se aplica ELS, ou outro resíduo potencialmente poluidor.

Na figura 22, pode-se verificar que os teores de Zn na camada de 10-20 cm, mesmo com a aplicação de 600 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, mantiveram-se equivalentes ao teor de Zn da testemunha para a camada de 0-10 cm.



** e * Significativo a 1% e 5 % de probabilidade, pelo teste “t”.

FIGURA 22- Teor de Zn no solo (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X) em diferentes profundidades.

MATTIAS et al (2003) separaram o Zn em biodisponível e residual e observaram que os teores Zn biodisponível aumentaram linearmente com as doses de dejetos líquidos de suínos aplicados, passando de 31,0 para 57,2 e 91,6 mg dm⁻³ e para o Zn residual de 58,3 para 94,6 e 85 mg dm⁻³, para as dose de 0, 40 e 80 m³ ha⁻¹, respectivamente, embora em ambos os casos os incrementos não foram significativos ($P < 0,05$).

Esse comportamento indica a necessidade de monitoramento, principalmente quando se aplica doses elevadas de ELS, e em condições de pH próximos de 5,0 (Tabela 11) faixa em que se favorece a absorção de Zn e Cu.

O potássio (Tabela 19) não diferiu estatisticamente entre os tratamentos, tanto para a profundidade como para doses. QUEIROZ et al., (2004a) estudando a aplicação de diferentes doses de ELS em diferentes espécies forrageiras, observaram que nas parcelas de braquiária apresentaram menores concentrações de potássio, atribuindo o fato desta forrageira ter promovido maior extração deste nutriente.

Tabela 19– Teor de K ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) no solo em diferentes épocas após aplicação de ELS

Dose	K
0	0,75
100	0,69
200	0,62
300	0,67
600	0,72

Não diferem, a 5 % de probabilidade, pelo teste de “F”

De fato, de acordo com RAIJ et al., 1996 o potássio quando na faixa de 0 a 0,7 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ encontra-se no solo em níveis muito baixos o que corresponde de acordo com as classes de interpretação de potássio no solo, utilizado para o estado de Minas Gerais segundo ALVAREZ et al. (1999), ao valor de até 15 mg dm^{-3} é considerado muito baixo. É considerado adequado o valor superior a 70 mg dm^{-3} , ou seja, em média o teor presente na tabela 22, é de 29 mg dm^{-3} independente da dose, esse valor é 58% inferior ao ideal.

Neste experimento observou-se baixa concentração de K no solo. A explicação para esse fato pode ser baseada nos dados de MATOS et al., (1997) que observaram pouca movimentação de potássio no solo, principalmente abaixo de 45 cm, com aplicação de até 200 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de dejetos de suínos, atribuindo esse comportamento a alta extração da vegetação, imobilizando parte deste nutriente na biomassa. QUEIROZ et al. (2004a) também verificaram que o íon potássio é bastante absorvido pela braquiária, demonstrando a necessidade de se mensurar a cobertura vegetal no solo para se obter as alterações no teor de potássio. Paralelamente, deve-se considerar que o baixo teor observado pode ter comprometido a produção de MS, pois esse macronutriente é exigido em média para forrageiras 40 kg ha^{-1} de K_2O de acordo com a recomendação da CFSEMG (1999).

Outro fato que possivelmente pode ter contribuído para os baixos teores de K no solo é que na obtenção do ELS utilizado neste experimento desprezou-se previamente a fração do sobrenadante da lagoa de estabilização. O comportamento do nutriente K é de alta mobilidade e alta solubilidade o que pode ter levado a sua exportação conjuntamente com o sobrenadante da lagoa.

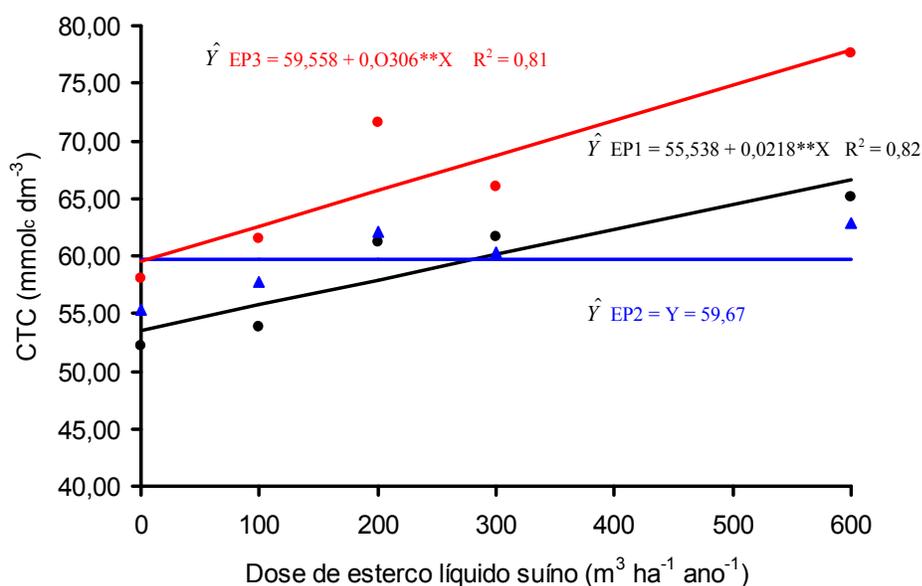
A capacidade de troca catiônica (CTC) do solo apresentou variação entre épocas e doses (Tabela 20). Observa-se que em todos os tratamentos o aumento da CTC foi observado na terceira época, com exceção da dose zero e 100 $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ que o aumento da CTC foi observado já na época 2.

Tabela 20 – Valor da CTC (mmolc dm^{-3}) no solo nas épocas de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno

Época	Dose de esterco líquido suíno ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$)				
	0	100	200	300	600
1	52,16 b	53,87 b	61,19 b	61,68 b	65,05 b
2	55,31 a	57,75 a	62,10 b	60,29 b	62,90 b
3	58,00 a	61,45 a	71,53 a	66,01 a	77,54 a

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na Figura 23, visualiza-se que na época 1 e 3, que representam as épocas de seca da condução dos experimentos houve aumento linear da CTC conforme aumentava-se a dose de ELS e na época 2, que representa a época das águas não houve aumento, observa-se o valor da CTC estabilizada. Esse fato pode ter ocorrido em função da época das águas apresentar maior lixiviação de nutrientes no perfil do solo o que reduziu sua influência na CTC. A CTC a pH 7,0 (T) é o valor que ocorre em função do somatório dos parâmetros da soma de bases (SB), ou seja, soma dos teores ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+$) e da acidez potencial (H + Al) (ALVAREZ et al., 1999).



* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste “t”.

FIGURA 23 - Valor da CTC no solo (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X).

Segundo a CFSEMG (1999), um valor de CTC ideal corresponde a valores de 43,1 a 86,0 $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$, o incremento observado neste experimento deve-se ao aumento de bases fornecido pelo ELS, mas grande contribuição deve-se ao teor de (H + Al).

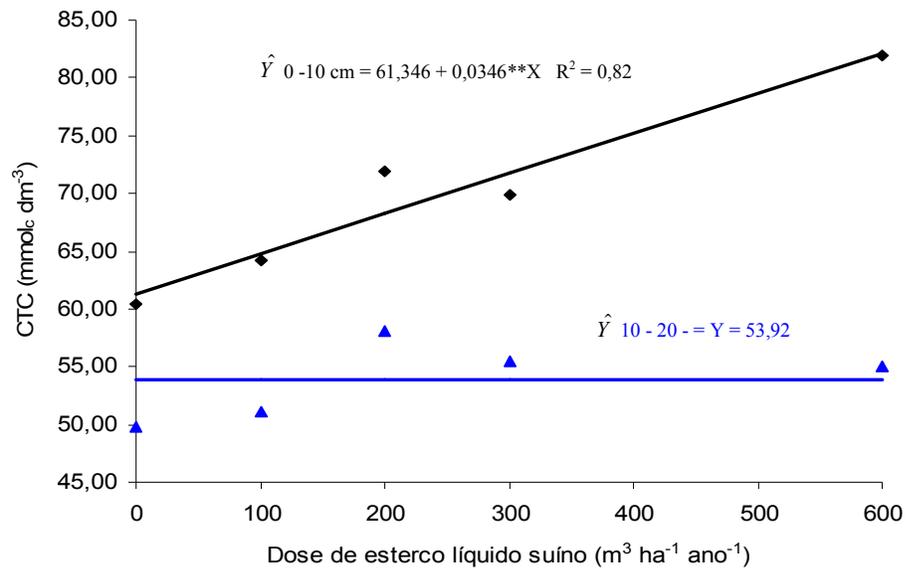
QUEIROZ et al., (2004a) observaram aumento da CTC, nas áreas onde se aplicou ELS na taxa de 800 $\text{kg ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$ de DBO, por período de 4 meses. O aumento observado da CTC, apesar de ter promovido o enriquecimento do solo com macro e micronutrientes, não foi suficiente para saturar o complexo de troca. O ELS utilizado, por esses autores, não foi estabilizado, o que fez com que os autores atribuíssem que grande parte dos nutrientes adicionados com o ELS permaneceu na forma orgânica, não contabilizando, dessa forma, para a soma de bases. Já neste experimento houve previamente mineralização do material orgânico, ocorrida na lagoa de estabilização, assim o ELS poderia promover a disponibilidade das bases, contribuindo para aumentar a saturação de bases do solo aumentando a CTC.

Na Tabela 21, observa-se que há diferença ($P < 0,05$) entre as profundidades. O maior valor de CTC observado na superfície (0-10 cm) não está relacionado à aplicação em superfície do ELS, uma vez que no tratamento controle também observa-se esse comportamento. Isso ocorre, na CTC da camada superficial, pois o acúmulo de nutrientes (cátions) é normalmente observado nestas camadas, o que fica evidenciado na figura 24 em que a profundidade 0-10 cm apresenta aumento linear da CTC e na camada de 10-20 cm manteve-se constante.

Tabela 21 – Valor da CTC ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$) no solo nas épocas de coleta em cada dose de esterco líquido de suíno

Profundidade (cm)	Dose de esterco líquido suíno ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$)				
	0	100	200	300	600
0-10	60,44 a	64,14 a	71,85 a	69,84 A	81,93 a
10-20	49,87 b	51,18 b	58,02 b	55,48 B	55,07 b

Médias seguidas de uma mesma letra na coluna não diferem, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.



* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste "t".

FIGURA 24- Valor da CTC no solo (\hat{Y}), em função de doses crescentes de esterco líquido suíno (X).

4.4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se que as características avaliadas neste experimento foram importantes para o acompanhamento das alterações na absorção de nutrientes pela *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e nos padrões de alguns atributos do solo. Deve-se lembrar que a prevenção no acúmulo dos metais pesados no solo é um dos pré-requisitos para a produção agrícola sustentável (WITTER, 1996). As adições ao solo de nutrientes via aplicação de ELS é uma alteração antropogênica que contribui para a transformação dos solos agrícolas podendo ampliar sua capacidade produtiva, reduzir ou até impossibilitar seu uso.

Correlacionando o acúmulo dos teores de Cu e Zn na forrageira (FIGURA 14) com os teores de Cu no solo (Figura 18) observa-se que o acúmulo no solo não superou o nível ideal descrito pela CFSEMG, (1999) apesar de na planta o teor ter sido superior à faixa adequada indicada por WERNER et al. (1996) e o mesmo comportamento foi observado para o Zn. Com relação a esses elementos a aplicação sucessiva de ELS pode ser mantida dentro dos padrões de aplicação utilizados, uma vez que não atingiu os níveis tóxicos descritos por BERENGUER et al., (2008) para a ingestão por animais. O conhecimento das possíveis alterações, seu monitoramento e a busca, através de resultados de pesquisa, por estratégias que possam viabilizar a produção agrícola dentro de parâmetros seguros deve ser preocupação da comunidade científica. Neste sentido, esse experimento, demonstrou que embora haja a necessidade de monitoramento, a aplicação do ELS torna-se alternativa segura para disposição controlada sobre área de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

O solo é considerado um dos meios mais utilizados para reciclagem de vários resíduos, em função, principalmente, do seu potencial tampão, possibilidade de complexação de elementos ligados à MO, e reciclagem de nutrientes via exportação às plantas, ou fixação quando se utiliza o cultivo de espécies florestais, entre outras alternativas. Conforme Mc BRIDE (1989) entre as principais propriedades do solo para disposição de resíduos encontram-se o pH, CTC, MO, teor de argila e conteúdo de óxidos amorfos que são capazes de regular a adsorção de metais pesado nos solos e macronutrientes, porém esses atributos variam de solo para solo devendo-se ter o conhecimento do comportamento dos elementos e sua particularidades. Por isto segundo HE et al. (2005) é crucial compreender algumas das principais reações que ocorrem nos solos e que controlam a liberação de um elemento

específico no ambiente, com o intuito de identificar deficiências e contaminações deste elemento.

Sendo assim, teve importância fundamental, neste experimento, a manutenção do pH em níveis ácidos permitindo a absorção de Cu e Zn pela forrageira. Essa informação permite indicar a *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, como planta extratora de Cu e Zn, portanto indicada para áreas de disposição de ELS, pois pode atuar na redução destes metais pesados no solo.

O pH e a MO do solo são alguns dos atributos que influenciam diretamente a biodisponibilidade dos metais pesados. Observou-se que o ELS não influenciou diretamente essas variáveis; porém é possível realizar estratégias para que seus valores sejam incrementados para promoverem maior capacidade de adsorção dos metais e com isso aumentar a capacidade dos solos em reter os metais pesados. Com estas estratégias haverá melhor ambiente para o desenvolvimento das plantas, que poderão gerar incrementos de produtividade, devido a maior absorção de nutrientes.

O fósforo (P) também foi outro elemento que despertou interesse na avaliação deste experimento, apesar de ser um elemento reconhecidamente limitante para a produção agrícola no bioma cerrado, principalmente na classe dos latossolos. Conforme GUIMARÃES et al., 1993, as limitações de P nos solos ocorrem em função da elevada capacidade de adsorção do íon fosfato. A baixa eficiência das adubações fosfatadas evidenciando a necessidade de novos métodos de adubação no que diz respeito a fontes, épocas de aplicação e localização do adubo. Porém, quando se aplica o ELS o que se tem observado é acúmulo surpreendente nos teores de P, em que neste experimento ao final da terceira época (Tabela 12) na maior dose observou-se aumento significativo ($P < 0,05$) o que indica que este nutriente pode chegar rapidamente a níveis preocupantes do ponto de vista ambiental.

Em função do objetivo do experimento, utilizou-se doses crescentes e elevadas de ELS e após avaliação sugere-se que doses menores (até o máximo de $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) promovem melhorias ao sistema solo-planta sem promover maiores riscos ambientais a curto prazo.

São necessários experimentos de longa duração para averiguar, com precisão, o tempo máximo de disposição de ELS e qual o volume que o solo suporta até atingir os níveis máximos preconizados pelos órgãos fiscalizadores, que atualmente, têm como parâmetro de referência os valores descritos pela CETESB (2005).

5 – CONCLUSÕES

O uso de esterco líquido de suínos promoveu aumentos na produção de massa seca acumulada e na concentração de proteína bruta da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu demonstrou ser forrageira bioacumuladora de cobre e zinco.

O uso intensivo de esterco líquido de suíno causou aumento nos teores de cobre e zinco no solo em função das doses aplicadas, nas épocas 2 e 3 e na profundidade de 0-10 cm do perfil do solo. Em todas as avaliações e doses aplicadas, estes teores se mantiveram abaixo dos limites críticos adotados pelos órgãos de fiscalização.

As aplicações de esterco líquido de suínos não causaram aumentos significativos no pH, teores de matéria orgânica, exceto na época 3 e potássio no solo nas duas profundidades e em todas as doses avaliadas.

As concentrações de fósforo e a CTC do solo foram incrementadas em função das doses de esterco líquido de suínos, profundidade de avaliação e época de coleta.

As concentrações de enxofre foram incrementadas em função das doses aplicadas e não apresentaram efeito de época de coleta e de profundidade de amostragem no perfil do solo.

6. REFERÊNCIAS

ABIPECS, **carne suína brasileira em 2007**. 2007. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA, Disponível em: <http://www.abipecs.org.br/> Acesso em: 10 dez. 2008.

ABIPECS, **Per capita no mundo da carne suína. 2008**. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA. Disponível em: <www.abipecs.com.br>. Acesso em: 11 dez. 2008.

ABREU, C. A.; FERREIRA, M. E.; BORKERT, C. M. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: Zinco e Cobre In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; VAN RAIJ, B.; ABREU, C. A.(Ed); **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**, Jaboticabal:FUNEP - SP, 2001, 600p.

ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F. et al., (Ed) **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645 – 736.

ALVAREZ, V. H.; ROSCOE, R.; KURIHARA, C. H.; PEREIRA, N. F. Enxofre In: Novais, R. F et al. (Ed). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2007, p. 1017.

ALVAREZ, V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das Análises de solo In: CFSEMG - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação** – Belo Horizonte: EPAMIG,1999, p.180.

AZEVÊDO, M. L. A. **Utilização de esterco de suínos "in natura" em pastagem de capim gordura (Melinis minutiflora Beauv.)**. 1991. 74 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa:MG, 1991.

BARNABÉ, M. C.; ROSA, B.; LOPES, E. L.; ROCHA, G. P.; FREITAS, K. R.; PINHEIRO, E. P. Produção e composição químico-bromatológico da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, adubada com dejetos líquidos de suínos, **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.8, n.3, p.435-446, 2007.

BARROS, S. S. L.; AMARAL, L. A.; LUCAS JUNIOR, J. Monitoramento sanitário de um sistema integrado de tratamento de águas residuárias da suinocultura **Revista Panamericana del Salud Publica/Pan Am J Public Health**, v. 14, n. 6, 2003.

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; MORREIRA, I. C. L.; FORES, M. M; DRESSLER, V. L. Acúmulo de alguns metais Pesados em Solos com Sucessivas Aplicações de Esterco Líquido de suínos, In: FERTIBIO 2002, Rio de Janeiro, **Anais...**, Rio de Janeiro-EMBRAPA SOLOS, 2002. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/Fertbio2002/01.pdf>>

BASSO, C. J.; CERETTA, C. A; DURIGON, R.; POLETTO, N.; GIROTTO, E. Dejeito líquido de suínos: II – perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1234- 1242, 2005.

BELLI FILHO, P.; CASTILHOS JUNIOR., A. B. de; COSTA, R. H. R. da; SOARES, S. R.; PERDOMO, C. C. Tecnologias para tratamento de dejetos suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, p. 166-170, 2001. Disponível em< <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>.>

BERENGUER, P.; CELA, S.; BOIXADERA, J.; LLOVERAS, J. Copper and Zinc Soil Accumulation and Plant Concentration in Irrigated Maize Fertilized with Liquid Swine Manure, **Agronomy Journal**, Stanford, v.100, p.1056-1061, 2008.

BERTON, R. S.; VALADARES, J. M. A. S.; CAMARGO, O. A.; BATAGLIA, O. C. Peletização do lodo de esgoto e adição de CaCO₃ na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.21, p.685- 691, 1997.

BORGES, M. R.; COUTINHO, E. L. M. Metais pesados do solo após aplicação de biossólido. I - Fracionamento. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 543-555, 2004.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C., eds. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas/Fundação IAC, 1997. p.45-71.

CARVALHO, F. A. N.; BARBOSA, F. A.; McDOWELL, L. R. **Nutrição de Bovinos a pasto**. Belo Horizonte: PapelForm, 2003, 439p.

CASSIO, H. A. J.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T. et al. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. In:

ALVAREZ et al., (Ed.) **Tópicos Ciência do Solo**. Viçosa, MG, SBCS, 2005. v.4, p. 391-470, 2005.

CERETTA, C. A.; DURIGON, R.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; VIEIRA, F. C. B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 729-735, jun. 2003.

CERETTA, C. A. BASSO, C. J. PAVINATO, P. S.; TRENTIN, E.E.; GIROTTO, E. Produtividade de Grãos de Milho, Produção de Matéria Seca e Potássio na Rotação Areia Preta/ Milho/ Nabo Forrageiro com Aplicações de Dejetos de Suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria. 2005 v. 35 n.6: 1287 –1295 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (SP) -CETESB. 2001. **Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas**. 2001.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (SP) -CETESB. 2005 Decisão de diretoria N°195-2005-E, 23 de novembro de 2005 Disponível em: <<http://www.cetesb.org.br>> Acesso em: 12 ago. 2008.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS(CFSEMG), **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5a aproximação** – Belo Horizonte: EPAMIG, 1999, p.180.

CHANG, A. C.; HYUN, H.; PAGE, A. L. Cadmium uptake for swiss chard grown on composted sewage sludge treated field plots: plateau or time bomb? **Journal of Environmental Quality**, Standford, v.26, p.11-19, 1997.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil) - Resolução CONAMA n° 20, de 18 de Junho de 1986, **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 30 de Julho de 1986. Disponível em: <<http://conama.com.br>> Acesso em: 30 de agosto de 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em 12 dez. 2007.

CONSOLINI, F.; COUTINHO, E. L. M. Efeito da aplicação de Zn e do pH do solo na disponibilidade do micronutriente, **Acta Scientiarum. Agronomy** Maringá, v. 26, no. 1, p. 7-12, 2004.

DE MARIA, I. C.; CASTRO, O. M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, Viçosa, v.17, p.471-477, 1993.

DINEL, H. GREGORICH, E. G. Structural stability status as affected by long-term continuous maize and bluegrass sod treatments **Biological Agriculture and Horticulture.**, Paris, v.12, p.237-252, 1995

DURIGON, R. **Esterco líquido de suínos em pastagem natural e características químicas de solo.** Santa Maria, 2000. 46f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2000.

DRUMOND, L. C. D.; ZANINI, J. R.; AGUIAR, A. P. A.; RODRIGUES, G. P.; FERNANDES, L. T. Produção de matéria seca em pastagem de tifton-85 irrigada, com diferentes doses de dejetos líquido de suíno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 426-433, 2006.

EGREJA FILHO, F. B. **Avaliação da ocorrência e distribuição química de metais pesados na compostagem do lixo domiciliar urbano.** 1993. 176f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1993.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Corte Marandu :Cultivar de *Brachiária brizantha*. Campo Grande, 2007. Folder.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** - Brasília, DF, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo.** 2. ed. Brasília: Embrapa CNPS, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Racionalização de uso de insumos: subprojeto Pesquisa em racionalização do uso de fertilizantes e calcário na agricultura**, Brasília, DF, 1980, 78p.

FADIGAS, F. S.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; MAZUR, N.; ANJOS, L. H. C.; FREIXO, .A. A. Concentrações Naturais de Metais Pesados em Algumas Classes de Solos Brasileiros. **Bragantia**, Campinas, Maio/Julho. v. 61, n 2, 2002.

FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 397-403, 2005.

FEITOSA FILHO, J. C. **Uniformidade de distribuição de fertilizantes via água de irrigação por microaspersão com uso de injetores tipo Venturi e tanque de derivação.** 1990. 77 f. (Tese de Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1990.

FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. Cobre In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1988, Jaboticabal, **Anais...** Piracicaba: POTAFOS/CNPq., 1991.

FREITAS, W. S.; OLIVEIRA, R. A.; PINTO, F. A.; CECON, P. R.; GALVÃO, J. C. C; Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura sobre a produção do milho para silagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.8, n.1, p.120-125, 2004.

GEBLER, L; ESPANHOL, G. L.; FIRTA, N. I.; SPADOTTO, C. A. dispersão de poluentes e seu monitoramento na agropecuária IN: **gestão ambiental na agropecuária** Eds: GEBLER, L.; PALHARES, J.C.P.; EMBRAPA INFORMAÇÕES TECNOLÓGICAS, BRASÍLIA-DF, p.310, 2008.

GIROTTI, E. **Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquidos de suínos.** 2007. 121f. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, p. 121, 2007.

GRIFFIN, T.S.; HONEYCUTT, C.W.; HE, Z. Changes in soil phosphorus from manure application. **Soil Science Soc. American Journal**, Madison, v. 67, p. 645 – 653, 2003.

GUIMARÃES, T. G.; MELO, V. F.; GOMES, P. C.; ALVARES, V. H. Eficiência de um fosfato parcialmente acidulado na produção de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia. **Resumos:** Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p.215-216.

HANI, H.; GUPTA, S. Reasons to use neutral salt solutions to assess the metal impact on plant and soils. In R. LESCHBER, R. et al. (ed.) **Chemical methods for assessing bio-available metals in sludges and soils**. London, UK, Elsevier, 1985, p. 4248.

HE, Z. L., YANG, X. E. and STOFFELLA, P. J. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, Amsterdam, v. 19, n.2-3, Dec., p.125-140, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) Banco de dados Censo Agropecuário 2004 Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>> Acesso em: jan 2009.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4 ed. Piracicaba: E. J. Kiehl, 2004, 173p.

KING, L.D, WESTERMAN, P. W.; CUMMINGS, G. A.; OVERCASH, M. R.; BURNS, J. C. Swine lagoon effluent applied to 'Coastal' Bermudagrass: II. Effects on soil. **Journal of Environmental Quality**, Stanford, v.14, n.1, p.14-21, 1985.

KONZEN, E. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; BAHIA FILHO, A. F. C.; PEREIRA, F. A. **Manejo do esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação do milho**. SETE LAGOAS: EMBRAPA CNPMS, 1997, 31p. (Documentos, 23).

KONZEN, E. A.; ALVARENGA, R. C. **Cultura do milho, fertilidade do solo e adubação orgânica**. In: V SEMINÁRIO TÉCNICO DA CULTURA DE MILHO. 5, 2007. Anais... Videira: Editora CNPMS, Disponível em: <<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/ferorganica.htm>>. Acesso em: 31 ago. 2008.

KONZEN, E. A. Fertilização com Dejetos de Suínos e Cama de Aves. 2003. In: V SEMINÁRIO TÉCNICO DA CULTURA DE MILHO, 5, 2003, Videira, Anais... Videira: Editora CNPMS, 2003. Disponível em <<http://www.cnpms.embrapa.br/destaques/dejetos/dejetos.pdf>> Acesso em: 10 out. 2008.

KREBS, R.; GUPTA, S. K.; FURRER, G.; SCHULIN, R. Solubility and plant uptake of metals with and without liming of sludge-amended soils. **Journal Environmental Quality**, Stanford, v.27, p.18-23, 1998.

KUNZ, A.; ENCARNAÇÃO, R. Tratamento de dejetos de animais IN: **gestão ambiental na agropecuária** Eds: GEBLER, L.; PALHARES, J.C.P.; EMBRAPA INFORMAÇÕES TECNOLÓGICAS, BRASÍLIA-DF, p.310, 2008.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P. A.; HIGARASHI, M. M.; SANGOI, V. **Recomendações técnicas para uso de esterqueiras para a armazenagem de dejetos de suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004, (Comunicado Técnico, n. 36).

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A.; Tecnologias de manejo e tratamento de dejetos de suínos estudadas no Brasil, **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 651-665, set./dez. 2005.

LIMA, G. J. M. M Nutrição de suínos: Ferramenta para reduzir a poluição causada pelos dejetos e aumentar a lucratividade do negócio In: SEGANFREDO, M. A.(Ed.), **Gestão ambiental na suinocultura** Brasília, DF, EMBRAPA, informação tecnológica, 2007. 302p.

L'HERROUX, L. L.E; ROUX, S.; APPRIOU, P.; MARTINEZ, J. Behaviour of metals following intensive pig slurry applications to a natural field treatment process in Brittany (France), **Environmental pollution**, Amsterdam, v. 97, n. 1-2, p.119-130, 1997.

LOPES, A. S.; CARVALHO, J. G. Micronutrientes: critérios de diagnose para solo e plantas, correção de deficiências e excessos In: SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, **Anais...** Londrina: EMBRAPA/CNPSO/IAPAR/SBCS, 1988. p. /133-178.

LOGAN, T. J.; LINDSAY, B. J.; GOINS, L. E.; RYAN, J. A. Field assessment of sludge metal bioavailability to crops: sludge rate response. **Journal of Environmental Quality**, Stanford, v. 26, p. 534-550, 1997.

McBRIDE, M. B. Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: are USEPA regulations protective? **Journal of Environmental Quality**, Stanford, v. 24, p. 5-18, 1995.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, A. de. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

MANTOVANI, J. R; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; ALVES, W. L. Extratores para Avaliação da Disponibilidade de Metais Pesados em Solos Adubados com Semicompostos de Lixo Urbano. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 39 n. 4, p. 371 – 378, 2004.

MARI, L. J. **Intervalo entre cortes em capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* (hochts. Ex a. Rick) Stapf cv. Marandu):** produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem. 2003. 138 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência Animal e Pastagens) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

MARQUES J. J.; SCHULZE, D. G.; CURI, N.; MERTZMAN, S. A. Trace element geochemistry in Brazilian Cerrado soils. **Geoderma**, Amsterdam, v.121, p.31-43, 2004.

MARTINS, A. L. C.; BATAGLIA, O. C.; CAMARGO, O. A.; CANTARELLA, H. Produção de Grãos e absorção de Cu, Fe e Zn pelo milho em Solo Adubado com Lodo de Esgoto com e sem calcário. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.27: 563 – 574, 2003.

MATTIAS, J. A.; PAVINATO, P. S.; PANDOLFO C.M.; REINSHEIMER, D. S.; FERREIRA, F. P.; STRECK, C. A.; CHIAPINOTTO, J.; BASSO, C. J. Cobre, Zinco e Manganês no Solo com Aplicação de dejetos de Suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 29, 2003, Ribeirão Preto, **Anais...**, 2003. Ribeirão Preto:SBSCS.

Disponível em:

<<http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/LINKS%20DO%20CBCS%202003/CBCS2003%20EM%20PDF/23.pdf>> Acesso em: 12 ago.2009.

MATTIAS, J. L. **Metais pesados em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina.** 2005. 165f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006.

MATOS, A. T.; SEDIYAMA, M. A. N. Riscos potenciais ao ambiente pela aplicação de esterco líquido de suínos ou compostos orgânicos no solo. In: SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE ESTERCO LÍQUIDO DE SUÍNOS, 1., 1995, Ponte Nova. **Anais...** Viçosa, MG: EPAMIG, 1995. p.45-54.

MATOS, A. T.; SEDIYAMA, M. A. N.; VIDIGAL, S. M. Características químicas, físicas e microbiológicas do solo influenciadas pela aplicação de compostos orgânicos ou dejetos líquido de suínos. In: SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE O MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS, Ponte Nova, MG, ANAIS..., 1995. p.45-54.

MATOS, A. T.; SEDIYAMA, M. A. N.; FREITAS, S. P.; VIDIGAL, S. M.; GARCIA, N. C. P. Características químicas e microbiológicas do solo influenciadas pela aplicação de dejetos líquidos de suínos. **Revista Ceres**, Viçosa, 44 (254):399-410, 1997.

McBRIDE, M. B. 1989. Surface chemistry of soil minerals. In: DIXON, J. B.; WEED, S. B. (Ed.) **Minerals in soil environments**. Soil Society of American, Madison, Soil Society of America, 1989. p. 35 – 88.

MEDEIROS, L. T.; REZENDE, A. V.; VIEIRA, P. F.; CUNHA NETO, F. R.; VALERIANO, A. R.; CASALI, A. G.; GASTALDELLO JUNIOR, A. L. Produção e qualidade da forragem de capim-Marandu fertiirrigada com dejetos líquidos de suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.36, n.2, p.309-318, 2007.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A., (Ed.) **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.109-141.

MENEZES, J. F. S.; ANDRADE, C. DE L. T. DE. ; ALVARENGA, R. C.; KONZEN, E. A.; PIMENTA, F. F. **Utilização de resíduos orgânicos na agricultura**. Disponível em: <[http:// www.planetaorganico.com.br/trabJune.htm](http://www.planetaorganico.com.br/trabJune.htm)>. 14 jun 2005.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.7, p.95-102, 1983.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - EUA **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington , National Academy of Sciences, 1996. 234p.

NUNES, S. S. G; BOOK, A.; PENTEADO, M. I. O.; GOMES, D. T. Brachiaria brizantha cv. Marandu. Campo Grande; **EMBRAPA CNPGC**, 1984, 31p. (EMBRAPA CNPGC, Documentos 21).

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Metais pesados em latossolos tratados com lodo de esgoto e em plantas de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.3, p.581-593, jul./set. 2001.

PARRA, M. S.; OLIVEIRA, E.; COSTA, M. A. T.; OLIVEIRA, E. L.; CASTRO FILHO, C. Alterações nos atributos químicos do solo associadas à aplicação de chorume de suínos em sistema de plantio direto In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 19, 2005, Recife, **Anais.....**,Recife:SBCS, 2005.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. Fontes alternativas de nutrientes para adubação de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM:FERTILIDADE DO SOLO

PARA PASTAGENS PRODUTIVAS, 2004, Piracicaba:, **Anais...Piracicaba:Fealq**, 2004, v. 21, p. 303-316.

PERDOMO, C. C.; LIMA, G. J. M. M.; NONES, K. Produção de suínos e meio ambiente In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA SUINOCULTURA, 9, 2001.Gramado, **Anais....**, Gramado, RS, 2001. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/anais0104_perdomo.pdf> Acesso em: 11 dez. 2008.

PERDOMO, C. C.; OLIVEIRA, P. A. V. O.; KUNZ, A. **Sistema de tratamento de dejetos de suínos: inventário tecnológico**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2003. 83 p. (Documentos, 85), 2003.

PETRUZZELLI, G.; GUIDI, G.; LUBRANO, L. Ionic strength effect on heavy metal adsorption by soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia,v.16, p.971-986, 1985.

POVINELLI, J.; ANDRADE NETO, C. O.; PINTO, A. L. **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Rio de Janeiro, PROSAB, 1999. 97p.

QUEIROZ, F. M.; MATOS, A.T.; PEREIRA, O.G.; OLIVEIRA, R.A.; LEMOS, A.F. Características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de águas residuárias da suinocultura **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.12, n.2, 77-90, abr./jun., 2004a.

QUEIROZ, F. M.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A. Características químicas de solo submetido ao tratamento com esterco líquido de suínos e cultivado com gramíneas forrageiras, **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, V.34, n. 5, p.1487-1492, 2004b.

RAIJ, van B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais** Eds: RAIJ, van B.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; Campinas, Instituto Agrônômico, p. 285, 2001.

RAIJ, van B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, **Boletim 100, boletim de recomendação de correção do solo e fertilidade do estado de São Paulo**. IAC, campinas, 1996.

RAMOS, C. S.; NAVES, M. A. T.; FREITAS, K. R.; LEANDRO, W. N.; ROSA, B. Produção e composição bromatológica do capim braquiarião (cv. Marandu) fertilizado com diferentes doses de dejetos líquidos de suínos IN: XII semana de iniciação científica da

universidade federal de Goiás –UFG área de ciências agrárias, **Anais...**, EMBRAPA arroz e feijão, Santo Antônio de Goiás (DOCUMENTOS, 167), p. 197-200, 2004.

RANGEL, O. J. P.; BETTIOL, W.; DYNIM, J. F. Efeitos de Aplicações de Lodos de Esgoto sobre os Teores de Metais Pesados em Folhas e Grãos de Milho. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.30, n.3: 583 – 594 p, 2006.

REATTO, A.; MARTINS, E. S. Classes de solos em relação aos controles da paisagem do bioma Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUZASILVA, J.C.; FELFINI, J.M. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. 1.ed. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005, p.47-59.

ROPPA, L. Perspectivas da produção mundial de carnes, 2006 a 2030. **Revista Suinocultura Industrial**, nº 34. p. 16-27. 2006.

ROSA, B.; NAVES, M.A.T.; RAMOS, C.S. et al. Utilização de dejetos líquidos de suínos na produção e composição químicobromatológica do capim Braquiaraõ “*Brachiaria brizantha* cv. Marandu”. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia. (CD-ROM).

SANNINGS, D.; STIETZEL, H. United States/German bilateral agreement on hazardous waste site cleanup project. In: **Contaminated soil’93**. Dordrecht, Klumer Academic Publication, p. 11-25, 1993.

SCHERER, E. E.; CASTILHOS, E. G.; JUCKSCH, I.; NADAL, R. **Efeito da adubação com esterco de suínos, nitrogênio e fósforo em milho**. Florianópolis: Empasc, 1984. 26 p. (Boletim Técnico, 24).

SCHERER, E. E.; AITA, C.; BALDISSERA, I. T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante**. Florianópolis, 1996. EPAGRI, 46p. (Boletim técnico).

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; ROSSO, A. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves, Concórdia, SC, **Dia de campo sobre manejo e utilização de dejetos de suínos**, 1994. 47p.

SCHERER, E. E.; NESI, C. N. Alterações nas propriedades químicas dos solos em áreas intensivamente adubadas com dejetos líquidos de suínos IN: FERTIBIO 2004, fertibio, Lages –SC, **Anais...**, Lages, 2004.

SCHEFFER-BASSO, S. M.; SCHERER, C. V.; ELLWANGER, M. F. Resposta de pastagens perenes à adubação com chorume suíno: pastagem natural, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, vol. 37 n. 2, fev, 2008.

SEGANFREDO, M. A. Utilização de dejetos de suínos como fertilizantes e seus riscos ambientais IN: **Gestão ambiental na suinocultura** Eds. SEGANFREDO, M. A., EMBRAPAA informação tecnológica, Brasília-DF, 2007. 302p.

SEGANFREDO, M. A. Os dejetos suínos são um fertilizante ou um poluente do solo? **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, DF, v. 16, p. 129-141, 1999.

SEGANFREDO, M.A. A questão ambiental na utilização de dejetos de suínos como fertilizante do solo. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. 37 p. (**Embrapa Suínos e Aves. Circular Técnica, 22**), 2000.

SHARPLEY, A. N.; DANIEL, T. C.; SIMS, J. T.; POTES, D. H. Determining environmentally sound soil phosphorous levels. **Journal of Soil and water conservation**, Ankeny, v. 51, n.2, p. 160-166, 1996.

SHARPLEY, A. N.; HEDLEY, M. J.; SIBBESEN, E.; HILLBRICHT-ILKOWSKA, A.; HOUSE, W. A.; RYSZKOWSKI, L. **Phosphorus tranfers from terrestrial to aquatic ecosystems**, In: TIESSEN, H. (Org.). Phosphorus in the global environment (tranfers, cycles and management). England, 1995. p. 171-1995.

SILVA, A. A.; PRADO, P. P.; COSTA, A. M.; ALMEIDA, C. X.; BORGES, E. N. Utilização de dejetos de suínos como fertilizante de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*. IN: V Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, SP, **Anais...**2005.

SILVA, S.; SIQUEIRA, J. O; SOARES, C. R. S. Fungos Micorrízicos no Crescimento e na Extração de Metais Pesados pela Braquiária em Solos Contaminados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 2006 v. 41 n. 12. 1749 – 1757 p.

SILVA, S. C. Fundamentos para o manejo do pastejo de plantas forrageiras dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO EM

PASTAGEM, 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.346-385.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)** Viçosa:UFV, p.165, 1998.

STEENHUIS, S. F.; BUBENZER, G.D.; CONVERSE, J.C.; WALTER, M.F. Winter-spread manure nitrogen losses. **American Society of Agricultural Engineers**, Michigan, v.24, n.3, p.436-449, 1981.

STEINFELD, H.; HAAN, C.; BLACKBURN, H. **Livestock-environment interactions:issues and options.**:European Commission:Development Policy sustainable Development and Natural Resources, 1997. 56p.

SOUSA, D. M. G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção IN: **Fertilidade do solo** Eds. Novais, r.f. et al., Viçosa: SBCs, p.1017, 2007.

SOUZA, D. M. G.; VILELA, L.; LOBATO, E.; SOARES, W. V. **Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no cerrado** IN: circular técnica n12, EMBRAPA, Planaltina, DF, p. 22, 2001.

TIMMER, L. W.; LEYDEN, R. F. Stunting of citrus seedlings in fulmigated soils in Texas and its connection by phosphorus fertilization and inoculation with mycorrhizal fungi. **Journal of the American society for Horticultural science**, Alexandria, V. 103, n., p.533-547, 1978.

TRENTIN, E. E. **Produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio e fósforo em sucessões de culturas com aplicação de dejetos de suínos.** In: XV Reunião Brasileira de Conservação do Solo e da Água, Santa Maria, 2004, Anais do Evento

VALLE, C. B.; EUCLIDES, V. P. B.; MACEDO, M. C. M. Características das plantas forrageiras do gênero brachiaria IN: simpósio sobre manejo das pastagens, 17, Piracicaba, 2000. **ANAIS...**, Piracicaba:FEALQ, 2000, p. 64-108.

VIEIRA, F. C. B.; HERBES, M. G.; CERETTA, C. A.; BASSO, C. J. Uso de esterco líquido de suínos na Agricultura e Evolução de CO₂ IN:FERTIBIO 2002, Rio de Janeiro, RJ, **Anais....**, Rio de Janeiro, 2002.

VIELMO, H. **Dejetos líquidos de suínos na adubação de pastagem de tifton 85** (tese de doutorado), 2008. Universidade Federal do Paraná, Paraná, 94f, 2008.

WERNER, J. C.; PAULINO, V. T.; CANTARELLA, H. Forrageiras. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p. 263–273 (Boletim técnico, 100).

WITTER, E. Towards zero accumulation of heavy metals in soils. **Fertility Research**, v.43, p.225-233, 1996.

WUNSCH, C.; BARCELLOS, J. O. J.; PRATES, E. R.; GRECELLE, R. A.; COSTA, C. E. Microminerais para bovinos de corte nas pastagens nativas dos Campos de Cima da Serra, RS, Brasil, **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.4, jul-ago, 2005.

ZHOU, W.; HE, P.; LI, S.; LIN, B. Mineralization of organic sulfur in paddy soils under flooded conditions and its availability to plants. **Geoderma**, Amsterdam, 125:85-93, 2005.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)