

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

NEIDE GARCIA CARDOSO

**RESPOSTA DE FORRAGEIRAS À DIFERENTES DOSES DE
LODO DE CURTUME DE “TECNOLOGIA LIMPA”, EM
CONDIÇÕES CONTROLADAS E A CAMPO**

Campo Grande, MS
2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

NEIDE GARCIA CARDOSO

**RESPOSTA DE FORRAGEIRAS À DIFERENTES DOSES DE
LODO DE CURTUME DE “TECNOLOGIA LIMPA”, EM
CONDIÇÕES CONTROLADAS E A CAMPO**

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Robert Schiaveto de Souza

CO-ORIENTADOR: Dr. César H. Behling Miranda

Aprovada em: 26 de janeiro de 2009

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Robert Schiaveto de Souza
Orientador – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. Albert Schiaveto de Souza
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

Prof. Dra. Regina M. Quintão Lana
Universidade Federal de Uberlândia/MG

Campo Grande, MS
2009

Ficha catalográfica preparada pela
COORDENADORIA DA BIBLIOTECA CENTRAL/UFMS

Cardoso, Neide Garcia

Resposta de forrageiras à diferentes doses de lodo de curtume de
“tecnologia limpa em condições controladas e a campo. / Neide
Garcia Cardoso - Campo Grande, 2009.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso
do Sul, 2009.

Orientador: Prof. Dr. Robert Schiaveto de Souza

1. lodo de curtume. 2. adubação de forrageiras 3. resíduos
sólidos industriais. 4. tecnologia limpa

DEDICATÓRIA

Ao meu filho, Raphael Cardoso Fernandes, minha única riqueza.

À minha mãe Oneide e irmãos Walterci e Fernanda, que estão sempre me apoiando.

*Ao meu avô, Clarindo Pinto de Miranda, in memoriam, que muito me ensinou e me faz
muita falta suas conversas e conselhos, ou mesmo a sua presença.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, que me guia e me ampara nos momentos difíceis; momentos que muitas vezes, duvidei da sua onipotência. A Ti, pedi e peço perdão, Senhor!

Ao Professor orientador Doutor Robert Schiaveto de Souza pelo incentivo para ingressar no mestrado, pela força moral e pela confiança em mim depositada. Jamais irei esquecer a forma carinhosa com que fui tratada quando estive na coordenação do curso, pela primeira vez, para ter informações sobre o mesmo. Também hei de me lembrar sempre da imagem de um professor inteligente, ético, extremamente didático, atencioso com seus alunos e um autêntico defensor deles. Sua marca registrada é: se a regra existe, que seja para todos.

Em especial, ao Co-orientador Doutor César H. Behling Miranda, agradeço imensamente não só pela orientação, mas por todos os ensinamentos que me foram passados, por sua compreensão e ajuda incondicional que sem dúvida, os produtos desta ajuda, *ninguém* jamais poderá me tomar: meu grau de mestre.

À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado do Mato Grosso do Sul - FUNDECT, pela bolsa de estudo concedida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo financiamento do projeto.

À Embrapa Gado de Corte pela parceria e uso dos laboratórios, casa de vegetação e campo experimental.

Ao Marcelo Frizzo e Paulo Euclides, da Braspelco, que gentilmente me cederam lodo para o experimento.

A todos os bolsistas e funcionários do Departamento de Biologia do Solo da Embrapa Gado de Corte, em específico à Srta. Izaura Naka, pela colaboração e empenho.

Aos amigos Araguaci e Carlos Obregon que me ajudaram no primeiro emprego, o qual proporcionou alguns conhecimentos no setor coureiro e influenciou minha linha de pesquisa.

Às amigas Flávia Erbeta de Andrade e Fabiana Takahashi que sempre me deram muita força para ingressar no mestrado e de uma maneira geral, atingir meus objetivos pessoais e profissionais.

À amiga Tatiane Pereira Santos Moraes que muitas vezes no msn, por estar em Jaboticabal, me auxiliou na escrita da dissertação, através de críticas, dando sugestões e mais que isso, me dizendo palavras de conforto nos momentos em que eu mais precisei.

Agradeço também à Adriane Andrade que junto com a Flávia E. Andrade foram extremamente importantes na reta final desta dissertação. A ajuda de vocês foi fator decisivo para que tudo saísse o melhor possível. Só posso pedir a Deus que as abençoe, pois somente ele pode compensar vocês por tudo.

Para ser o que sou hoje, fui vários homens e se volto a encontrar-me com os homens que fui, não me envergonho deles. Foram etapas do que sou. Tudo o que sei custou às dores das experiências. Tenho respeito pelos que procuram, pelos que tateiam, pelos que erram. E, o que é mais importante, estou persuadindo de que minha luz se extinguiria se eu fosse o único a possuí-la.

Goethe.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo geral	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 Cenário coureiro	4
3.2 Processo de curtimento	4
3.3 Curtume tradicional e de tecnologia limpa.....	5
3.4 Os primórdios do tratamento de efluente	6
3.5 Caracterização de resíduos sólidos gerado na estação de tratamento (ETE)	7
3.6 Legislação	8
3.7 Propriedades do solo	10
3.8 Disposição de resíduos no solo	11
3.9 Influência de lodos como condicionadores do solo	12
3.10 Caracterização das espécies forrageiras	18
3.10.1 <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	18
3.10.2 <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça	19
3.10.3 <i>Stylosanthes guyanenses</i> cv. Mineirão	19
4. METODOLOGIA.....	21
4.1 Caracterização do solo e do lodo de curtume.....	21
4.2 Experimento 1 – condições controladas.....	24
4.2.1 Delineamento experimental de descrição dos tratamentos.....	24
4.2.2 Instalação do experimento	25
4.2.3 Condução do experimento	26
4.2.4 Variáveis avaliadas	27
4.2.4.1 Solo	27
4.2.4.2 Planta	28
4.2.4.3 Análise dos dados.....	29
4.3 Experimento 2 – à campo	30

4.3.1	Descrição da área.....	30
4.3.2	Delineamento experimental e descrição dos tratamentos	30
4.3.3	Instalação e condução do experimento	31
4.3.4	Variáveis avaliadas	33
4.3.4.1	Solo	33
4.3.4.2	Planta	34
4.3.4.3	Análise dos dados.....	34
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1	Experimento 1 – casa de vegetação	35
5.1.1	Solo.....	35
5.1.1.1	pH	35
5.1.1.2	Condutividade elétrica	36
5.1.1.3	Caracterização de atributos do solo após aplicação do lodo.....	38
5.1.2	Forrageiras	39
5.1.2.1	<i>Stylosanthes guyanenses</i> cv. Mineirão	39
5.1.2.1.1	Densidade de plantas e matéria seca	39
5.1.2.1.2	Proteína bruta e digestibilidade	43
5.1.2.2	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu	46
5.1.2.2.1	Número de perfilhos e matéria seca	46
5.1.2.2.2	Proteína bruta e digestibilidade	49
5.1.2.3	<i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça	52
5.1.2.3.1	Número de perfilhos e matéria seca	52
5.1.2.3.2	Proteína bruta e digestibilidade	54
5.2	Experimento 2 – à campo	57
5.2.1	Solo.....	57
5.2.1.1	Condutividade elétrica	57
5.2.1.2	Caracterização de atributos do solo após aplicação do lodo.....	59
5.2.2	Planta	60
5.2.2.1	Proteína bruta e digestibilidade	60
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	65
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
8.	ANEXOS	73

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 4.1 -	Secagem do Lodo (A), peneiramento do lodo em peneira de malha 1mm (B) e característica da granulometria após o peneiramento do lodo (C)	23
FIGURA 4.2 -	Mistura do lodo com solo em sacos plásticos e disposição dos mesmos em vasos de PVC.....	25
FIGURA 4.3 -	Transplante de forrageiras para os vasos	26
FIGURA 4.4 -	Disposição dos vasos e aspecto visual das plantas aos 45 DAP .	27
FIGURA 4.5 -	Procedimentos para análise do solo quanto a pH e Condutividade Elétrica (CE)	28
FIGURA 4.6 -	Contagem e corte de perfilhos	29
FIGURA 4.7 -	Instalação do experimento de campo	32
FIGURA 4.8 -	Aplicação manual do lodo (A) e lodo disposto na parcela (B)....	33
FIGURA 5.1 -	Valores de pH em água no solo com doses crescentes de lodo primário de curtume nos vasos cultivados com <i>B. brizantha</i> cv. Marandu aos 45 e 90 DAP.....	36
FIGURA 5.2-	Condutividade elétrica solo com aumento das doses de lodo primário de curtume nos vasos cultivados com <i>B. brizantha</i> cv. Marandu aos 45 e 90 DAP.....	37
FIGURA 5.3 -	Produção de matéria seca da leguminosa <i>Stylosanthes guyanenses</i> cv. Mineirão em função das doses crescentes de lodo de curtume aos 45 e 90 DAP.....	41
FIGURA 5.4 -	Presença de nódulos nas raízes de Mineirão.....	42
FIGURA 5.5 -	Resposta do teor de proteína bruta aos 45 e 90 DAP da leguminosa <i>Stylosanthes guyanenses</i> cv. Mineirão em função das doses de lodo de curtume.....	44
FIGURA 5.6 -	Resposta do teor digestibilidade da leguminosa <i>Stylosanthes guyanenses</i> cv. Mineirão em função das doses de lodo aos 45 e 90 DAP à doses crescentes de lodo de curtume.....	45

FIGURA 5.7 -	Produção de matéria seca da <i>B. brizantha</i> cv. Marandu em função das doses crescentes de lodo de curtume de lodo aos 45 e 90 DAP.....	48
FIGURA 5.8 -	Teor de proteína bruta da <i>B. brizantha</i> cv. Marandu em função das doses crescentes de lodo de curtume aos 45 e 90 DAP.....	50
FIGURA 5.9 -	Digestibilidade da <i>B. brizantha</i> cv. Marandu em função das doses crescentes de lodo de curtume aos 45 e 90 DAP.....	51
FIGURA 5.10 -	Matéria seca de parte aérea do <i>P.maximum</i> cv. Mombaça em função das doses crescentes de lodo de curtume aos 45 e 90 DAP.....	54
FIGURA 5.11 -	Teor de proteína bruta do <i>P.maximum</i> cv. Mombaça em função das doses crescentes de lodo de curtume aos 45 e 90 DAP.....	56
FIGURA 5.12 -	Teor de digestibilidade do <i>P.maximum</i> cv. Mombaça em função das doses crescentes de lodo de curtume aos 45 e 90 DAP.....	57
FIGURA 5.13 -	Condutividade elétrica do solo do experimento de campo sob <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu em 45 e 90 dias após aplicação do lodo.....	58
FIGURA 5.14 -	Teores de proteína bruta da <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu aos 45 e 90 dias após o corte e aplicação do lodo de curtume.....	63
FIGURA 5.15 -	Teores de digestibilidade da <i>Brachiaria brizantha</i> cv Marandu aos 45 e 90 dias após aplicação do lodo.....	63

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 -	Características químicas e físicas do Latossolo Vermelho Escuro distroférico.....	21
TABELA 4.2 -	Características químicas e umidade do lodo de curtume coletado em 2005 no curtume BRASPELCO, município de Paranaíba-MS.....	22
TABELA 4.3 -	Dose percentual de lodo primário de curtume e quantidade de nutrientes, matéria orgânica, cromo e sódio aplicados nos diferentes tratamentos.....	24
TABELA 4.4 -	Doses de lodo primário de curtume e adubo mineral aplicados e as quantidades de nutrientes, cromo, sódio e matéria orgânica nos diferentes tratamentos do experimento de campo.....	30
TABELA 4.5 -	Dose percentual de lodo primário de curtume e quantidade de lodo aplicados nos diferentes tratamentos.....	31
TABELA 5.1 -	Valores de pH em água no solo com aumento das doses de lodo primário de curtume em vasos da espécie <i>B. brizantha</i> cv. Marandu.....	35
TABELA 5.2 -	Condutividade elétrica do solo em duas épocas de amostragem do solo em vaso.....	37
TABELA 5.3 -	Teores de nutrientes no solo, do experimento de casa de vegetação, nos vasos de <i>Brachiária brizantha</i> , após aplicação de doses crescentes de lodo primário de curtume aos 90 DAP....	38
TABELA 5.4 -	Densidade de plantas e matéria seca (g) da leguminosa <i>Stylosanthes guyanenses</i> cv. Mineirão, sob doses crescentes de lodo primário de curtume, em duas épocas de desenvolvimento (45 e 90 dias após o plantio – DAP).....	40
TABELA 5.5 -	Percentual de Proteína Bruta e digestibilidade da <i>Stylosanthes guyanenses</i> cv. Mineirão nas doses crescentes de lodo primário de curtume, aos 45 e 90 dias após o plantio (DAP).....	44

TABELA 5.6 -	Densidade de perfilhos e massa seca (g) parte aérea na <i>B. brizantha</i> cv. Marandu nas doses crescentes de lodo primário de curtume, em duas épocas de desenvolvimento (45 e 90 dias após o plantio – DAP).....	47
TABELA 5.7 -	Teores percentuais de Proteína Bruta e digestibilidade da <i>B. brizantha</i> cv. Marandu nas doses crescentes de lodo primário de curtume, aos 45 e 90 dias após o plantio (DAP).....	49
TABELA 5.8 -	Densidade de perfilhos e massa seca (g) no <i>Panicum maximum</i> cv. Mombaça nas doses crescentes de lodo primário de curtume, em duas épocas de desenvolvimento (45 e 90 dias após o plantio – DAP).....	53
TABELA 5.9 -	Percentual de Proteína Bruta e digestibilidade do <i>Panicum maximum</i> cv Mombaça nas doses crescentes de lodo primário de curtume, aos 45 e 90 dias após o plantio (DAP).....	55
TABELA 5.10 -	Condutividade elétrica do solo, aos 45 e 90 dias após aplicação (DAA) de doses crescentes do lodo primário de curtume aplicado em pastagem implantada de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu.....	58
TABELA 5.11 -	Teores de nutrientes, em função das doses crescentes de lodo primário de curtume, aos 90 dias após aplicação em pastagem implantada de <i>B. brizantha</i> cv. Marandu	59
TABELA 5.12 -	Percentual de Proteína Bruta e Digestibilidade da <i>B. brizantha</i> cv. Marandu em rebrota sob doses crescentes de lodo primário de curtume ou adubação química aos 45 e 90 DAP	61

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Al	Alumínio
Al + H	Acidez Potencial
Ca	Cálcio
CE	Condutividade elétrica
CEes	Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação
CEPLAC	Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CFSEMG	Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais
CICB	Centro das Indústrias de Couros do Brasil
CNPGC	Centro Nacional de Pesquisa Gado de Corte
CO	Carbono orgânico
Cr	cromo
CTC	Capacidade de Troca catiônica
DAA	Dias Após Aplicação
DAC	Dias Após Corte
DAE	Dias Após Emergência
dag/kg	%
DAP	Dias Após Plantio
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DIVMO	Digestibilidade in vitro da matéria orgânica
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EPAMIG	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETE	Estação de Tratamento de Efluente
EUA	Estados Unidos da América
ha	hectare
IAPAR	Instituto Agrônomo do Paraná
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

K	Potássio
kg	quilo
L	litro
Mg	Magnésio
mg	miligrama
MN	Matéria Natural
MS	Mato Grosso do Sul
MO	Matéria Orgânica
Na	Sódio
NIRS	reflectância do infra-vermelho próximo
NMP/g ST	Número Mais Provável por grama de Sólidos Totais
NPK	nitrogênio, fósforo e potássio
P	Fósforo
PB	Proteína Bruta
PIB	Produto interno bruto
PRNT	Potencial Real de Neutralização total
S	Enxofre
SB	Soma de bases
T	Capacidade de troca catiônica à pH 7,0
US\$	dólar Americano
V	Saturação por bases

RESUMO

CARDOSO, N.G. (2009). *Resposta de forrageiras à diferentes doses de lodo de curtume de “tecnologia limpa” em condições controladas e a campo. Campo Grande, 2009. 73 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil.*

Processos industriais geram resíduos, como o lodo de curtume “de tecnologia limpa”, que podem ser utilizados na agricultura, visando aumento na produtividade e fornecimento de nutrientes para o sistema solo-planta. Objetivou-se avaliar a viabilidade da utilização de lodo primário de um curtume, na adubação de gramíneas e leguminosas forrageiras sob condições controladas e a campo. O experimento foi instalado na EMBRAPA (CNPGC), Campo Grande-MS, a pesquisa foi desenvolvida com dois experimentos, o primeiro em casa de vegetação onde três espécies foram avaliadas (*Brachiaria Brizantha* cv. Marandu, *panicum maximum* cv. Mombaça e *Stylosanthes guyanenses* cv. Mineirão) e o segundo, a campo, em pastagem implantada de *Brachiaria Brizantha* cv. marandu. Ambos os experimentos foram montados em delineamento de blocos casualizados sendo o experimento em casa de vegetação com aplicação de 0; 0,125; 0,25; 0,5; 1 e 2% de lodo de curtume, e o experimento à campo aplicou-se dose de 0; 0,25; 0,5; 1 e 2% de lodo de curtume e um tratamento adicional com adubo mineral. Os resultados foram divergentes entre a casa de vegetação e a campo. Porém em ambos observou-se que o lodo pode ser disposto em solos desde que realizado o monitoramento dos atributos de solo e planta. Os resultados demonstram que aplicação de lodo de curtume ao solo, é uma alternativa viável para exploração de seu potencial agrícola contribuindo para a solução de dois problemas: fertilização de pastagens e disposição de resíduos industriais. Os resultados mostram também que é necessário mais pesquisas sobre este resíduo em função da sua composição e ação no solo.

Palavras-Chave: lodo primário, forrageiras, proteína bruta, digestibilidade, matéria seca.

ABSTRACT

CARDOSO, N.G. (2009). Response of forage to different doses of sludge from tannery of "clean technology" under controlled conditions and field. Campo Grande, 2009. 73 p. Dissert (Magister) – Federal University the Mato Grosso do Sul, Brazil.

Abstract - Industrial processes generate waste such as sludge from tannery "clean technology" that can be used in agriculture, to increase the productivity and supply of nutrients to the soil-plant system. On this basis it was aimed to assess the feasibility of using primary sludge from a tannery in "clean technology" in the fertilization of pasture grasses and forage legumes under controlled conditions and field. The experiment was installed in EMBRAPA (CNPQC), Campo Grande-MS, the research was developed with two experiments, the first in a greenhouse where three species were evaluated (*Brachiaria brizantha* cv. marandu, *Panicum maximum* cv. Monbaça and *Stylosanthes guyanensis* cv. Mineirão) and second, the field, located in pasture of *Brachiaria brizantha* cv. marandu. Both experiments were assembled in a randomized block design, being in experiment in a greenhouse with application of 0, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2% of tannery sludge, and the experiment field was applied dose of 0, 0.25, 0.5, 1, 2% of tannery sludge and an additional treatment with mineral fertilizer. The results were different between the greenhouse and field. But both noted that the sludge can be used in soil monitoring conducted since the attributes of soil and plant. The results show that application of tannery sludge in the soil, is this viable alternative for exploration the your agricultural potential and to contribution for solution the two problems: fertilization the pasture and disposition the industrial residue. The results display also the over the requirement research of residue in performance your composition and action in the soils.

Key-words: Primary sludge, forage, crude protein, digestibility, dry matter

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui hoje o maior rebanho comercial bovino do mundo, com 205 milhões de cabeças, seguido da China (143 milhões de cabeças) e EUA (99 milhões de cabeças), segundo a FAO, órgão da Organização das Nações Unidas para a agricultura e alimentação, (Brazilian Leather, 2008). Esta posição foi favorecida pelas condições que o país oferece em termos de disponibilidade de área, clima favorável, raças adaptadas e a aplicação de tecnologias de manejo do rebanho e melhoria genética (Ropke *et al.* 2006).

O setor coureiro do Brasil, diferentemente de outros segmentos da economia nacional, tem uma produção suficiente para atender o mercado interno e a crescente demanda externa (Ropke *et al.* 2006). A indústria do couro exporta cerca de US\$ 4,5 bilhões, e movimenta um PIB da ordem de US\$ 21 bilhões (O Globo, 2007). O crescimento do setor, nas suas várias atuações inclusive na geração de emprego e renda, reúne 7 mil indústrias e emprega mais de 500 mil pessoas (CouroNews, 2008).

O crescimento do setor coureiro corresponde a um maior requerimento de uso de recursos naturais e aumento dos resíduos gerados em função do processamento da matéria prima. Isso ocorre, pois o processo de curtimento é detentor de elevado potencial poluidor das águas residuárias e possui alta carga orgânica biodegradável. Um curtume integrado, que processe 3.000 peles/dia, causa poluição equivalente ao de uma população de cerca de 85.600 habitantes (Pacheco, 2005).

Como resíduo do processo obtém-se o lodo de curtume, um resíduo que necessita de disposição. Entre as alternativas para disposição, observando-se a característica do resíduo, levantou-se a hipótese de a aplicação no solo como condicionador de solo. As pastagens poderiam ser utilizadas uma vez que essa espécie tem relação direta com o setor por representarem para a bovinocultura de corte a maior fonte de alimento fornecido para os rebanhos.

As pastagens ocupam uma posição de destaque no cenário agrícola brasileiro. A área ocupada por plantas forrageiras responde por três quartos da área agrícola nacional, embora essa proporção varie entre os diferentes estados. O pasto, exclusivamente, é responsável por quase 90% da carne bovina consumida no Brasil e pela maior parte dos 20 bilhões de litros de leite produzidos anualmente no país. A nutrição mineral dessas plantas forrageiras reside quase que exclusivamente, na reciclagem de nutrientes fornecida naturalmente no sistema,

que não sustenta a produtividade e a perenidade da pastagem por muito tempo (Martha Junior, 2001). Assim, invariavelmente, o resultado final é degradação do pasto.

A sustentabilidade de pastagens requer práticas que maximizem a ciclagem de nutrientes, minimizem suas perdas, mantenha periodicidade de adição dos mesmos ao solo (Dias Filho, 2007). Porém, esbarra os altos custos da aplicação de fertilizantes minerais.

A possibilidade de fazer uso de resíduos industriais para fins agrícolas, torna-se uma alternativa para resolver as questões de fertilização e destinação ambiental e econômica de resíduos. O lodo de curtume é fonte de matéria orgânica, macro e micronutrientes e pode conferir ao solo maior capacidade de retenção de água, maior resistência à erosão, efeito residual utilizável para culturas subseqüentes e possivelmente induzir à supressividade dos solos aos fitopatógenos. Neste contexto, o solo aparece como um atenuador de poluição, no qual o resíduo poderá ser utilizado de forma controlada.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a viabilidade da utilização de lodo primário de um curtume de tecnologia limpa, na adubação de pastagens de gramíneas e leguminosas forrageiras, em solo argiloso, em duas épocas de amostragem sob condições controladas e a campo.

2.2 Objetivos específicos

Caracterizar as alterações do pH do solo, após aplicação de diferentes doses de lodo de curtume, em condições controladas e à campo.

Avaliar o efeito de diferentes doses de lodo de curtume na condutividade elétrica do solo em condições controladas e à campo.

Caracterizar alguns atributos do solo (pH, P, MO, K, Ca, Mg, Ca + Mg, Al, H, Al + H, S, T, V) após aplicação de diferentes doses de lodo de curtume.

Avaliar a resposta da forrageira *Stylosanthes guyanenses* cv. Mineirão frente ao uso do lodo de curtume, em condições controladas, quanto à densidade de plantas, produtividade de MS, teor de PB e digestibilidade.

Avaliar a resposta da forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu frente ao uso do lodo de curtume, em condições controladas, quanto ao número de perfilhos, produtividade de MS, teor de PB e digestibilidade.

Avaliar a resposta da forrageira *Panicum maximum* cv. Mombaça frente ao uso do lodo de curtume, em condições controladas, quanto ao número de perfilhos, produtividade de MS, teor de PB e digestibilidade.

Avaliar a resposta da forrageira *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu frente ao uso do lodo de curtume, em condições de campo, quanto ao teor de PB e digestibilidade.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cenário coureiro

Possuidor do maior rebanho mundial, o Brasil lidera o mercado como maior exportador de couro. As exportações brasileiras de couros, no primeiro bimestre de 2008, aumentaram 2,4%, em valor, mas reduziram 23,4% em número de couros, resultado da contínua agregação de valor que a indústria curtidora vem imprimindo nas exportações de couro (Brazilian Leather, 2008). A evolução do setor nos últimos 10 anos revela que em 2007 a quantidade de couros salgados exportados diminuiu em 75%. Essa redução sugere que os couros foram beneficiados no Brasil em pelo menos até o estágio wet blue. Até então, eram exportados e sofriam beneficiamento fora do país deixando de gerar receita e empregos.

Os principais destinos do couro brasileiro em receita entre Janeiro e Maio de 2007 continuam sendo a Itália (participação de 29,12 % e crescimento de 47% quando comparado a 2006), China (participação de 22,49% e elevação de 60%) e Hong Kong (10,96% e decréscimo de 7%) (Brazilian Leather, 2008).

Os estados que mais exportam couro, segundo o balanço dos embarques de couros de janeiro a maio de 2007, são: São Paulo (participação de 34,49% e elevação de 41%), seguido pelo Rio Grande do Sul (participação de 24,43% e aumento de 18%), Paraná (6,53% e expansão de 57%) e Mato Grosso do Sul (6,45% e crescimento de 38%). Os demais estados são Ceará, Bahia, Goiás e Minas Gerais (Brazilian Leather, 2008).

3.2 Processo de curtimento

As etapas do processo de curtimento são divididas em: remolho, pré-descarne, ribeira, descalcinação, purga, píquel, curtimento e acabamento (Hoinacki *et al.* 1994).

O remolho tem o intuito de retirar sal, se houver, e repor no menor espaço de tempo o teor de água apresentado pela pele quando recobria o animal. O pré-descarne feito em máquinas descarnadeiras, remove partes indesejáveis (gordura, vasos sanguíneos, nervos e músculos da pele) o que permite penetração uniforme e eficiente de produtos químicos (Hoinacki *et al.* 1994).

A fase de ribeira tem a finalidade de limpeza e eliminação de todos os componentes que não irão constituir o produto final, o couro. O pH inicia-se em 7 e termina em 12,0-12,5 (Hoinacki *et al.* 1994). Neste processo é comumente usado cal [hidróxido de cálcio – $\text{Ca}(\text{OH})_2$] na quantidade de 2 a 4% referente ao peso de peles, sulfeto de sódio, em torno de 2% na mesma condição, de amins e enzimas (Tanquímica, 2004; Class & Maia, 1994). As operações de ribeira são responsáveis pela geração de carga poluidora e de odor. Os despejos são altamente nocivos, pois os sulfetos transformam-se facilmente em gás sulfídrico pela ação de ácidos ou microorganismos. Bactérias transformam H_2S em H_2SO_4 na presença de oxigênio (Hoinacki *et al.* 1994). A carga poluidora aumenta quando o processo destrói totalmente os pêlos (Class & Maia, 1994).

A descalcinação consiste em neutralizar a cal contida na pele através de sais orgânicos e depois eliminá-la por lavagens seqüenciais. O pH varia de 7,0 – 8,0 (Hoinacki *et al.* 1994). O sal utilizado é normalmente sulfato de amônia (Tanquímica, 2004).

A purga é um tratamento enzimático feito antes do píquel através de enzimas que limpam a estrutura fibrosa, elimina materiais queratinosos para dar ao couro propriedades semelhantes ao tecido (mais leve e maleável) (Hoinacki *et al.* 1994).

O píquel, última etapa da ribeira, é um tratamento salino-ácido que tem duas finalidades: conservação e preparação das peles para o curtimento propriamente dito. Nesta fase é feito ajustamento do pH (2,5 – 4,0) para receber o curtente. Este ajuste é feito pelos ácidos H_2SO_4 (sulfúrico) e HCOOH (fórmico) (Hoinacki *et al.* 1994).

No curtimento ocorre a ação do curtente e o cromo é o mais utilizado na quantidade de 2,0 a 2,5% de Cr_2O_3 sobre o peso de peles. Este elemento químico confere características como elasticidade, resistência ao rasgamento, estabilidade hidrotérmica e versatilidade ao couro (Hoinacki *et al.* 1994).

Acabamento consiste em enxugar, rebaixar (igualar espessura), neutralizar, recurtir, tingir, engraxar e amaciar (Hoinacki *et al.* 1994).

3.3 Curtume tradicional e de tecnologia limpa

O processamento convencional de 1.000 kg de peles salgadas gera cerca de 600 kg de resíduos sólidos (carcaças, aparas e lodo), o que demonstra um potencial de impacto ambiental significativo da geração de resíduos sólidos na produção de couros. O cromo trivalente residual pode ser removido dos efluentes durante o tratamento físico-químico convencional, nas operações de ajuste de pH, coagulação e sedimentação. O inconveniente

desta operação é a elevada concentração de cromo no lodo precipitado, o que encarece sua disposição final (Pacheco, 2005).

Curtumes que adotam tecnologia limpa (alternativas menos poluidoras) fazem reciclo de banhos residuais, recuperação ou substituição de insumos químicos, processos de alto esgotamento dos produtos utilizados (*baseia-se no emprego de compostos que alteram a reatividade do curtente*), e banhos “curtos”. Também fazem uso de aminas na ribeira que promove uma redução média de 60% na concentração de sulfeto de sódio e de 65% nas médias de DQO, em relação ao processo convencional. Esta ação resulta em redução de carga orgânica e inorgânica a serem tratadas. A reciclagem dos banhos residuais de curtimento consiste na recuperação dos mesmos através de precipitação com hidróxidos de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), de sódio (NaOH) e de amônio (NH_4OH), óxido de magnésio (MgO), bicarbonato de sódio (NaHCO_3) e depois, ajuste com ácido sulfúrico para reutilização no curtimento e/ou recurtimento de outros lotes de peles (Pacheco, 2005). De acordo com Claas & Maia (1994), a diferença dos parâmetros no final dos processos convencional e tecnologia limpa são:

- Efluentes *SEM* reciclagem dos Banhos. SISTEMA CONVENCIONAL: pH 8,6; Sólidos Sedimentáveis 90 mg L^{-1} ; DQO 7.250 mg L^{-1} ; DBO_5 2.350 mg L^{-1} ; Cromo Total (Cr_3^+) $94,0 \text{ mg L}^{-1}$; Sulfeto (S_2^-) $26,0 \text{ mg L}^{-1}$.
- Efluentes *COM* Reciclagem dos Banhos de Caleiro e de Curtimento. SISTEMA DE TECNOLOGIA LIMPA: pH 7,5; Sólidos Sedimentáveis 21 mg L^{-1} ; DQO 4.000 mg L^{-1} ; DBO_5 1.800 mg L^{-1} ; Cromo Total (Cr_3^+) $15,0 \text{ mg L}^{-1}$; Sulfeto (S_2^-) $10,0 \text{ mg L}^{-1}$.

3.4 Os primórdios do tratamento de efluente

O tratamento primário faz necessário ajuste de pH do efluente, a fim de conferir melhores condições de flocculabilidade ($7 < \text{pH} < 9$). É o caso de indústrias que processam etapas do processo de industrialização de peles a partir do “wet-blue”, cujo despejo possui caráter ácido. Como produtos de ajuste de pH, a cal hidratada e o ácido sulfúrico são os mais utilizados. Em pH superiores a 7,5 quase toda totalidade do cromo solubilizado precipita sob a forma de hidróxido, podendo ser removido por decantação. A precipitação do cromo ocorre através da adição de álcalis como, hidróxido cálcio, óxido de magnésio, carbonato sódico, hidróxido sódico e aluminato sódico. Após o ajuste de pH, o próximo passo é a flocculação e coagulação onde ocorre a desestabilização da matéria coloidal, por intermédio de um cátion adequado, a qual adquire características de decantabilidade (precipitação da matéria orgânica suspensa). Produtos como o cloreto e o sulfato de ferro, e principalmente o sulfato de

alumínio, são usados como floculantes em doses de 200 a 800mg/L. Dependendo da densidade dos flocos pode se tornar necessária a adição subsequente de um polieletrólito ou auxiliar de floculação, com objetivo de acelerar a velocidade de decantação dos flocos. A dosagem pode ser da ordem de 0,5 a 3 mg L⁻¹ em solução de 0,05 a 0,1%. O material que sofre coagulação e floculação é enviado à decantação primária, na qual ocorre a separação da parte decantável (lodo primário) do efluente (clarificado). O volume de lodo gerado na decantação primária é em função do teor de sólidos que o constitui, o qual pode ser estimado através da relação de 0,1 kg para cada kg de pele do lodo (contínua ou não), o teor de sólidos pode variar de 1 a 4%. Menor frequência de extração implica maior teor de sólidos, conseqüentemente menor será o volume do lodo (Barros et al., 2001).

3.5 Caracterização de resíduos sólidos gerados na estação de tratamento (ETE)

A caracterização exata dos resíduos deve levar em consideração insumos utilizados e tecnologias empregadas no processo. Resíduo da ETE normalmente apresenta 60% de umidade e 3% de cromo trivalente. Há variações de alguns elementos como cálcio, magnésio, sódio, manganês, ferro e metais pesados. Fósforo e potássio apresentam teores muito baixos enquanto nitrogênio e matéria orgânica têm quantidade razoável (Class & Maia, 1994).

De acordo com Pacheco (2005), os lodos gerados na ETE estão entre 100 a 200 kg de matéria seca por tonelada de pele processada. Estes resíduos, se tratados e dispostos de forma inadequada, podem ter impacto ambiental significativo, contaminando o solo, as águas superficiais e também as águas subterrâneas. Os efluentes líquidos provenientes das operações de piquel e curtimento contêm, principalmente, sal (cloreto de sódio), ácidos minerais (sulfúrico, clorídrico), orgânicos (lático e fórmico), cromo e/ou taninos (orgânicos polifenólicos), proteínas e eventualmente, alguns fungicidas (orgânicos aromáticos), em pequenas quantidades. As águas de curtimento ao cromo e/ou taninos apresentam pH ácido, podendo ter altas concentrações de DQO e DBO, conforme o curtente utilizado. A remoção do cromo trivalente é feita por processo físico-químico convencional, nas operações de ajuste de pH, coagulação e sedimentação. Porém o resultado é alta concentração de cromo no lodo precipitado.

Para indústrias de tecnologia limpa o processo com recuperação dos pêlos reduz em torno de 50% DQO e a depilação com uso de aminas reduz cerca de 50-60% na concentração de sulfeto e de até 65% na DQO do banho residual. Diminuir sulfeto significa diminuição dos custos de tratamento dos efluentes e formação de gás sulfídrico e melhoria nas condições de

trabalho. Nos banhos de curtimento recuperado é feito ajuste de pH para reutilização no curtimento e/ou recurtimento de outros lotes de peles. Fazer reuso de banhos traz economia com produtos químicos principalmente sais de cromo e conseqüentemente, redução da concentração deste metal nos efluentes (Pacheco, 2005).

3.6 Legislação

Nos EUA, o tratamento de resíduo em solo foi reconhecido pela "Environmental Protection Agency's Office of Solid Waste", através do documento "Resource Conservation and Recovery Act" (RCRA, Lei Pública 94:580 da USEPA, 1982, como uma das tecnologias de gerenciamento de resíduos (ABIPET, 2007).

Na Europa o tratamento de esgotos no século XVI era feito usando-o para irrigação agrícola e nos anos de 1870, foi reconhecido como uma maneira de tratar efluente em solo, essa técnica foi chamada de "sewage farming" (ABIPET, 2007).

No Brasil, ainda segundo a ABIPET (2007), tratamento de resíduos iniciou nos anos 70. Porém, de lá para cá, dispor resíduos no solo aleatoriamente, não passou de uma solução paliativa indicando que era uma maneira inadequada de tratamento. A Legislação Brasileira começou atuar neste campo a partir dos anos 80 através da Lei 6.984/80 que dispõe sobre inspeção e fiscalização do comércio de fertilizantes. O Decreto 4.954/2004 que regulamenta a referida lei, define:

FERTILIZANTE: substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes de plantas;

FERTILIZANTE ORGÂNICO: produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais;

CORRETIVO: produto de natureza inorgânica, orgânica ou ambas, usado para melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, isoladas ou cumulativamente, ou como meio para o crescimento de plantas, não tendo em conta seu valor como fertilizante, além de não produzir característica prejudicial ao solo e aos vegetais;

CONDICIONADOR DO SOLO: produto que promove a melhoria das propriedades físicas, físico-químicas ou atividade biológica do solo.

Nestas definições não há menção de contaminantes como, por exemplo, os metais pesados. Mas através da Instrução Normativa 27 de Junho de 2006, foram definidos os limites

para contaminação por metais pesados em fertilizantes orgânicos (Arsênio 20mg kg⁻¹; Cádmiu 3mg kg⁻¹; Chumbo 150 mg kg⁻¹; Cromo 200 mg kg⁻¹; Mercúriu 1 mg kg⁻¹; Níquel 70 mg kg⁻¹; Selênio 80 mg kg⁻¹) e condicionadores de solo (Arsênio 20 mg kg⁻¹; Cádmiu 8 mg kg⁻¹; Chumbo 300 mg kg⁻¹; Cromo 500 mg kg⁻¹; Mercúriu 2,5 mg kg⁻¹; Níquel 175 mg kg⁻¹; Selênio 80 mg kg⁻¹).

No Brasil, apenas dois Estados possuem normas próprias que regulamentam o uso de lodo com percentual de cromo: São Paulo, regido pela CETESB e Rio Grande do Sul, regido pela FEPAM.

A norma P 4.233 da CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), 1999, proíbe o uso em solo agrícola de resíduos constituídos exclusivamente de lodos dos banhos de curtimento e recurtimento com Cr, bem como daqueles provenientes de sistemas de decantação primária de curtumes que não efetuem segregação dos banhos que contenham Cr. Os lodos que podem ser aplicados no solo são classificados em classe A e B que toma como critério a densidade de patógenos (coliformes fecais e *Salmonella* sp.). O teor de cromo na classe A deve ser inferior a 500 mg kg⁻¹. Para ser classificado como A, o lodo deve ter os seguintes limites para a densidade de patógenos: densidade inferior a 10³ NMP/g ST de coliformes fecais e densidade inferior a 3 NMP/g ST para *Salmonella* sp.

Rodrigues *et al.* (1993) estabeleceram critérios técnicos para disposição de resíduos sólidos de curtume no solo no Estado do Rio Grande do Sul, com valores permissíveis de alguns metais pesados: chumbo e cromo 500mg kg⁻¹; zinco 280 mg kg⁻¹; cobre 140 mg kg⁻¹; níquel 35 mg kg⁻¹; cádmio 2,5 mg kg⁻¹ e mercúriu 1mg kg⁻¹.

Fowler (2002), relata que no Estado do Paraná, houve aumento na demanda de licenças para disposição de resíduos industriais no solo para fins agrícolas devido ao alto custo para implantar sistema de tratamento convencional; exigência dos órgãos financiadores de situação ambiental regularizada das indústrias passíveis de serem licenciadas; implantação nas indústrias da ISO da série 14.000, que trata da gestão ambiental desde a matéria prima até o produto final; exigência do atendimento da legislação ambiental pelas promotorias públicas. Assim, os mesmos podem ser utilizados para fins agrícolas onde o solo funciona como biorremediador, e podem ser aplicados: bruto; pré-tratado (após decantação, peneiramento, etc.) ou diluído com as águas servidas no processo industrial. As atividades industriais que utilizam este tratamento são: beneficiamento de mandioca; indústria de produção de enzima; curtume; papel e celulose; suinocultura, bovinocultura, avicultura, javalicultura; usina de açúcar e álcool; lodo gerado das estações de sistema de tratamento biológico; lodo de ETE's. Para curtumes, o lodo que pode ser usado se restringe apenas ao lodo de caleiro na quantidade

de 7,2 m³ dia⁻¹ (17,79 dag kg⁻¹ de MO e 96,10 dag kg⁻¹ de umidade) e lodo de redescarne na quantidade de 5,00 m³ dia⁻¹ (16,52 dag kg⁻¹ de MO e 88,50 dag kg⁻¹ de umidade). A recomendação de adubação se baseia em função do elemento em maior concentração que é o nitrogênio e a taxa de aplicação é de 44 m³/ha/ano em base úmida ou 4,4 t/ha/ano em base seca com complementação mineral. As culturas para as quais os lodos podem ser usados são: trigo, soja e adubação verde. A frequência é a cada 6 meses em glebas diferentes com incorporação superficial com grade e/ou subsolador.

3.7 Propriedades do solo

Doran & Parkin (1994), citados por Araújo *et al.* (2007), afirmam que a qualidade do solo é definida como a capacidade em funcionar dentro do ecossistema para sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a saúde das plantas e animais.

Araújo *et al.* (2007), diz que a qualidade do solo é mensurada através do uso de indicadores. Indicadores são atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema. Os indicadores de qualidade do solo podem ser classificados como físicos, químicos e biológicos.

Considerando as propriedades químicas do solo ao aplicar resíduos, ocorrem diversas reações importantes que se integram, e torna o sistema solo-planta muito complexo. A permanência da carga orgânica no solo é que define os efeitos que a disposição de resíduos sólidos causará neste ambiente. Quando parte do carbono orgânico (CO) presente nesses resíduos for resistente à degradação, os teores de matéria orgânica no solo aumentarão ao longo de sucessivas aplicações, implicando em consideradas alterações nas propriedades biológicas, bioquímicas, físicas e químicas desse solo (Bert & Valadares, 1991; Melo *et al.* 1997; Oliveira, 2000; Abreu Junior. *et al.* 2001, 2002, citados por Cássio *et al.* 2005).

Decompor matéria orgânica e reciclar nutrientes sem contaminar o meio ambiente é o que se espera ao adicionar resíduos orgânicos ao solo (Verstraete & Vandernbergh, 1986 citado por Cássio *et al.* 2005).

De acordo, ainda, com outras citações de Cássio *et al.* 2005, solos que possuem argila do tipo 1:1, sesquióxidos de Fe, Al e Mn e baixa CTC, o uso de resíduo orgânico é imprescindível em função de que a matéria orgânica contida nesse material, contribui com mais de 90 % da CTC do solo (Melo *et al.* 1997). Por apresentar reação alcalina, os resíduos orgânicos podem elevar o pH do solo e assim controlar a disponibilidade de metais pesados

no solo, em função de reações de solubilização e complexação (Miller, 1974; Sabey, 1980; Elliott *et al.* 1986; Tyler *et al.* 1989). Em solos ácidos, biossólidos tratados com cal minimizam riscos de absorção de metais pesados pelas plantas e também, sua movimentação no perfil do solo (Basta & Sloam, 1999). A condutividade elétrica do solo pode aumentar em função dos altos teores de sais em resíduos orgânicos (Oliveira 2000, Abreu Jr. *et al.* 2000; Bertcini, 2002; Silva *et al.* 2002).

3.8 Disposição de resíduos em solo

O uso de resíduos orgânicos na agricultura está baseada nos elevados teores de compostos orgânicos (CO), aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) e na neutralização da acidez, melhorias nas propriedades físicas e químicas do solo, bem como redução nos custos de produção. A baixa produtividade da agricultura brasileira é uma soma de fatores como baixos teores de matéria orgânica nos solos pouco férteis, práticas culturais inapropriadas e o alto custo dos fertilizantes. O uso racional de resíduos orgânicos na agricultura, amparado por legislação ou norma, programa de controle de qualidade e pesquisa pertinentes, pode contribuir significativamente na produtividade e qualidade agrícola, com melhor relação custo/benefício (Cássio *et al.*, 2005).

Segundo Fuiler & Warrich (1988), citado por ABIPET (2007), a disposição final de resíduos de forma inadequada levou o estabelecimento de algumas diretrizes para o adequado tratamento e disposição de um resíduo no solo. Dentre elas:

- O resíduo deve ser total ou parcialmente biodegradável;
- Os microrganismos do solo devem sobreviver a taxas razoáveis e práticas de aplicação do resíduo;
- O efeito tóxico, em longo prazo, do resíduo acumulado e a possível adsorção de íons no solo, possa ser prevenido ou mitigado;
- Aplicação de quantidades razoáveis e uso de práticas que não causem poluição das águas subterrâneas por constituintes tóxicos e que nenhuma substância tóxica entre na cadeia alimentar.
- O custo do tratamento/disposição no solo comparado com outros tipos de tratamentos ou de disposição final de resíduos esteja dentro de limites razoáveis;
- A aplicação do resíduo no solo leve às mesmas, ou maiores, condições de produtividade que as originais.

A Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA), segundo citação ABIPET (2007), relata os aspectos positivos de tratamentos de resíduos em solo:

- Os resíduos são mantidos na superfície, o que permite a correção de qualquer problema que venha a ocorrer;
- A manutenção é pequena, uma vez que a maioria dos compostos orgânicos são biodegradáveis e o acúmulo de metais fica restrito à superfície;
- Há possibilidade de se tratar resíduo a um custo de implantação e operação relativamente baixos.

Segundo a Agência Ambiental Canadense, conforme citação ABIPET (2007), diversos fatores podem afetar o nível de tratamento biológico de um resíduo no solo, dentre eles:

- Tipo de composto orgânico contaminante, uma vez que alguns são de fácil decomposição e outros não;
- Concentração do contaminante em função de que níveis altos podem afetar a ação microbiana, enquanto que concentrações limitantes podem não ser suficientes para induzir os microrganismos;
- Presença de inibidores principalmente os metais pesados ou de alguns inibidores orgânicos.

De acordo com a Nota Técnica da ABNT sobre a Norma NBR 10004:2004, a classificação de um resíduo sólido, por si só, não deve impedir o estudo de alternativas para a sua utilização. Porém essa classificação pode inviabilizar o uso quando não houver segurança ao trabalhador, ao consumidor final ou ao meio ambiente.

3.9 Influência de lodos como condicionadores do solo

O condicionador de solo é o produto que melhora as características físicas, químicas e biológicas dos solos.

Costa *et al.* (2001), ao utilizarem lodo de caleiro e lodo primário de curtume (com doses de 250 e 500 mg kg⁻¹ de Cr) adicionado com NPK e calcário (para elevar pH a 6,0) na cultura da soja, encontraram os maiores valores de pH em tratamentos com adição calcário. Os autores afirmam que o resíduo com lodo, sem uso de calcário concomitante, não proporciona efeito corretivo de acidez do solo. O resíduo de caleiro, promoveu maiores valores de condutividade elétrica em função da sua alta concentração de sódio.

De acordo com citações de Melo & Marques (2000), sobre lodo de esgoto, Melo *et al.* (1994), mostram que lodo de esgoto aumenta matéria orgânica com aumento na CTC. Oliveira (1995); Bert *et al.* (1997b); Silva *et al.* (1998), afirmam que o pH do solo aumenta e Bataglia *et al.* (1983); Dias (1994); Marques (1997); Silva *et al.* (1998), que a acidez potencial diminui. Com relação a macro e micronutrientes, ainda sob citações de Melo & Marques (2000), Dias (1994) observou aumento na disponibilidade do N pela aplicação de lodo de esgoto. Nutrientes como Ca, Mg e S tem aumento gradual com aplicação de lodo de esgoto (Seki, 1995 e Marques, 1997).

Melo & Marques (2000), observa ainda que dependendo das condições ambientais o amônio, primeira etapa de mineralização do nitrogênio orgânico, pode ser rapidamente transformado em nitrato promovendo quantidade maior que a capacidade de absorção pelas plantas. Desta maneira poderá haver contaminação do lençol freático, uma vez que a percolação do íon nitrato acontecerá por não ocorrer retenção do mesmo nos colóides do solo em função da igualdade de cargas (os dois apresentam carga negativa).

Barcelar *et al.* (2000), ao avaliar o efeito residual do lodo de esgoto alcalinizado em atributos químicos e granulométricos de um cambissolo húmico, também observaram que o pH do solo aumentou com adição de lodo de esgoto alcalinizado.

Ferreira *et al.* (2003), utilizaram resíduo carbonífero, lodo de curtume, serragem cromada de couro e cromo mineral para avaliar alterações químicas e biológicas do solo como também rendimento de milho e soja a campo. Observaram diminuição dos teores de Al^{+3} , aumento da concentração de Ca^{2+} nos tratamentos onde houve aplicação de lodo de curtume e aumento no teor de nitrogênio total onde houve aplicação de resíduos orgânicos.

Teixeira *et al.* (2006), fazendo uso da cultura do caupi, aplicaram quantidades de lodo de curtume de modo a incorporar ao solo 250, 500 e 1000 mg Cr kg^{-1} , equivalentes à aplicação de 11.625, 23.250 e 46.500 kg ha^{-1} . Após o cultivo do caupi, os tratamentos com fertilização mineral e sem adição do lodo de curtume houve diminuição significativa do pH do solo e nos tratamentos com lodo, houve elevação do pH e aumentos significativos, de 1,80 a 3,35 vezes, nos teores de matéria orgânica (MO) do solo. Os teores de Ca^{2+} disponível no solo, aumentaram nos tratamentos com a adição do lodo, apresentando um aumento de 1,6 vezes, na dose mais elevada. Os teores de P disponível no solo diminuiram com a adição da dose mais elevada do lodo, sendo semelhante, inclusive, à testemunha. Provavelmente, a adição da dose mais elevada contribuiu para precipitação do P pelo aumento do pH do solo, pois segundo uma de suas citações, Gianello *et al.* (1995) afirma que em pH elevado, ocorre a precipitação do P em formas insolúveis de fosfato de cálcio e hidroxiapatita. Quanto aos

teores de K no solo, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos com adição do lodo de curtume e a testemunha.

Melo *et al.* (2004), testaram biossólido, obtido na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da cidade de Barueri, SP, nas doses acumuladas de matéria seca de: 0,0, 25,0, 47,5 e 50,0 mg ha⁻¹, antes da semeadura do milho em dois latossolos (Latossolo Vermelho, textura média, e Latossolo Vermelho, textura argilosa). Dentre as conclusões dos autores está que a aplicação de biossólido aumenta o conteúdo de matéria orgânica dos dois solos na camada de 0,0–0,1 m.

De acordo com citações de Melo *et al.* (2004), Navas *et al.* (1998), verificaram maior teor de matéria orgânica no solo após aplicação de 40,0 mg ha⁻¹ de massa seca de lodo de esgoto com 73% de matéria orgânica. Melo (2002), não verificou diferenças significativas após três anos de aplicação das mesmas doses de biossólido. Neste sentido, Gonçalves & Ceretta (1999) afirmaram que, em solos tropicais, é difícil obter aumentos significativos nos teores de matéria orgânica em curto espaço de tempo.

Araújo *et al.* (2006), aplicaram lodo de curtume em vasos de leucena e algaroba, em casa de vegetação, e concluíram que resíduo o promoveu aumento de matéria orgânica, fósforo, cálcio, magnésio e sódio com a adição do lodo. O potássio não houve incremento ao adicionar o lodo. Com adição da maior dose de lodo (46.500 kg ha⁻¹), a matéria orgânica e teor de cálcio foram três vezes maiores que a testemunha e o de sódio, duas vezes.

Trannin *et al.* (2008) estudou aplicação durante dois anos consecutivos de biossólido de indústria de fibras e resinas PET, em solo argiloso e sob vegetação de *Brachiaria* sp. Os tratamentos foram: testemunha; adubação mineral (NPK + Zn) e doses de 6; 12; 18 e 24 mg ha⁻¹ de biossólido. Todos os tratamentos com biossólido receberam complementação com KCl e nas doses superiores a 12 mg ha⁻¹, apresentou maiores teores de C orgânico (Corg), de macro e micronutrientes e de Na⁺, que a testemunha e adubação mineral. Todos os tratamentos causaram elevação da acidez potencial (H+Al) em relação à testemunha, mas o maior teor de Al³⁺ trocável e o menor valor de pH ocorreram com a aplicação da dose máxima de biossólido. A acidificação do solo causada pela aplicação do biossólido pode ter ocorrido pelo fato do resíduo não ser tratado com calcário e, por isso, apresentar baixa eficiência corretiva e/ou o processo de nitrificação do N adicionado via biossólido ter causado a acidificação do solo. Os resultados mostraram que a aplicação do biossólido melhorou a fertilidade do solo e, em doses superiores a 12 mg ha⁻¹, apresentou maiores teores de C orgânico, nutrientes, Na⁺, CTC, soma de bases, porcentagem de saturação por bases e menor pH que o solo sem adubação ou com adubação mineral.

De acordo com citações de Trannin *et al.* (2008), Santos *et al.* (2003), demonstrou que em geral, a aplicação de bio sólido aumenta o teor de matéria orgânica e melhora o complexo sortivo em relação aos cátions K, Ca, Mg e, algumas vezes, Na, elevando a soma de bases, a V%, a CTC e o pH do solo, especialmente quando o resíduo é tratado com calcário. Camargo *et al.* (1999) e Boeira *et al.* (2002), afirmam que por outro lado, a produção de ácidos orgânicos durante o processo de biodegradação da fração orgânica dos resíduos e a nitrificação, podem contribuir para a acidificação do solo. Camargo *et al.* (1999), afirmam que a acidificação de solos tratados com resíduos orgânicos também pode ocorrer devido à produção de ácidos orgânicos durante o processo de biodegradação da fração orgânica desses materiais. Basta & Sloam (1999) não recomendam o uso de bio sólidos ácidos em solos com reação também ácida, em virtude de aumentar os riscos de lixiviação e fitotoxicidade de metais.

O temor de que os metais pesados tóxicos presentes nos adubos ou que acompanham os micros obtidos a partir de subprodutos da indústria possam entrar na cadeia alimentar “envenenando” solo, planta e homem, não encontra justificativa nos números. A diversidade de resíduos com perspectivas de utilização na agricultura devem ser avaliados quanto ao seu efeito no sistema solo-planta-ambiente, pois além da eficiência do material como fonte de nutrientes, esses subprodutos contribuem largamente para baixar custos de produção de diversas culturas (Malavolta, 1994).

Castilhos (1998), aplicando lodo de curtume em culturas de trigo, alface e rabanete, cultivado em solo de textura argilosa, observou que a absorção de metais pesados, em específico o cromo, pelas plantas, o resultado foi semelhante ao tratamento com calcário + NPK nas três culturas.

Cavallet *et al.* (2007), utilizando doses de 15, 30 e 60 toneladas ha^{-1} de lodo de curtume, contendo cromo e lodo contendo tanino nas mesmas doses, adubação mineral e orgânica, aplicado como adubo em plantas de rabanete (*Raphanus sativus* L.) e sorgo (*Sorghum vulgare* Pers), observaram que a concentração de cromo no solo foi crescente de acordo com doses de lodo aplicadas e na testemunha não houve análise de plantas em função da inexistência das mesmas neste tratamento. Não foi verificada no solo a formação de Cr^{3+} em nenhum dos tratamentos, o que descartou a possibilidade de oxidação do Cr^{3+} , quer seja no lodo utilizado, quer seja pelas condições no solo onde foi aplicado. Os autores relatam ainda, que lodo primário de curtume aplicado em solos com maior teor de ferro, alumínio e matéria orgânica, a concentração de Cr^{3+} na água percolada diminui devido à imobilização desse elemento no

solo. Sendo assim, o risco de extrapolar a quantidade máxima permitida de Cr^{3+} em água potável (de 50 mg L^{-1} , de acordo com o CONAMA, Resolução 357/2005) é baixa.

De acordo com citações de Cavallet *et al.* (2007), Selbach *et al.* (1991); Konrad e Castilhos (2002) também observaram valores de concentração de cromo no solo abaixo de 500 mg kg^{-1} e ausência de formação de Cr^{6+} em todos os tratamentos descartando a possibilidade de oxidação do Cr^{3+} . Rutland (1991), afirma que o cromo encontrado em lodo primário de curtume está no estado de oxidação trivalente que é fortemente adsorvido pelas caulinitas e montmorilonitas quando encontrado no solo em pH menor do que 3,6. Em pH acima de 5,5 forma óxidos e hidróxidos estáveis e de baixíssima solubilidade. Ray *et al.* (1989) relata ainda que os compostos orgânicos podem complexar o Cr^{3+} em pH acima de 5,5 fazendo com que o metal continue solúvel, até que encontre condições de precipitação. As formas não complexadas precipitam quase que completamente como $\text{Cr}(\text{OH})_3$ em valores de pH entre 5,5 e 12,0, considerando sua baixa solubilidade. Aquino Neto e Camargo (2000) afirmam que a presença de Cr^{6+} nos lodos de curtume, via oxidação do Cr^{3+} , não tem sido observada. Konrad e Castilhos (2002), dizem que o Cr^{3+} é pouco móvel no solo e não é absorvido rapidamente pelas plantas, devido a sua baixa solubilidade e tendência a formar compostos com óxidos de ferro e alumínio em nível de pH neutro, assim sendo, toxicidade por Cr^{3+} é rara. Trebien (1994), Aquino Neto e Camargo (2000), afirmam que a oxidação do Cr^{3+} a Cr^{6+} não é uma reação comum no solo mas pode ocorrer em condições de boa umidade e com a presença de elevados teores de manganês facilmente redutíveis. Teixeira (1981) observou que a utilização de lodos de curtume em um solo com maior teor de óxidos de ferro e alumínio e matéria orgânica, a concentração de Cr^{3+} na água diminuiu devido à imobilização desse elemento no solo.

Em citações de Castilhos (1998), Cary *et al.* (1977) relatam que o comportamento do cromo no solo é parecido com o do alumínio podendo inclusive, substituí-lo. Raj *et al.* (1991) relata que havendo elevação do pH do solo ocorre a formação de formas insolúveis como $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Losi *et al.* (1994), afirma que o OH^- é o ligante mais ativo quando se trata de Cr^{3+} (Cary *et al.* 1977) e a reação predominante do cromo é a formação de hidróxidos insolúveis. James & Bartlett (1983) descrevem que em baixo pH alguns compostos orgânicos são eficientes na formação de complexos organo-cromados e mesmo sob elevação do pH, mantêm-se estáveis para promover a precipitação do cromo. E Ross *et al.* (1981), afirmam que a decomposição dos compostos organo-cromados ocorre de forma lenta no solo.

Melo *et al.* (2000), afirmam que metais pesados, adicionados ao solo tem comportamento dependente do tipo de solo (quantidade de matéria orgânica, teores dos óxidos

de ferro, alumínio e manganês, tipos e concentrações dos minerais de argila, da CTC, da relação macro/microporos e do teor de umidade) e tendem a se complexar com a matéria orgânica diminuindo sua mobilidade no perfil do solo. Por ser agente redutor, a matéria orgânica pode diminuir o efeito tóxico do Cr^{6+} , ao reduzi-lo rapidamente a Cr^{3+} . O aumento do pH influencia de modo a diminuir a solubilidade da maioria dos metais pesados, inclusive o cromo, e a elevação da CTC promove diminuição da mobilidade por adsorção. Mesmo que a concentração de metais for maior que a CTC, o excesso ficará disponível para a percolação no perfil do solo.

Martines (2005), cita que Cr^{3+} adicionado juntamente com uma fonte de matéria orgânica pode ter seu efeito tóxico reduzido por a mesma oferecer o crescimento de microorganismos ou diminuir o efeito do cromo por aumento da CTC ou formar complexos com a matéria orgânica.

Martines *et al.* (2006) aplicando doses de lodo de curtume em solo arenoso e argiloso, para avaliar mineralização do carbono orgânico, após incubação (utilizada para avaliar a quantidade de sódio e elevação do pH do solo após adição do resíduo), observaram que a atividade microbiana aumenta com a aplicação de doses crescentes de lodo de curtume, independentemente da classe textural do solo e a mineralização do carbono adicionado por meio do lodo de curtume é intensa nos primeiros 15 a 20 dias de incubação. O cromo na forma trivalente (Cr^{3+}), presente no lodo de curtume, parece não ter influenciado a mineralização do carbono aplicado por meio do resíduo, provavelmente pelo fato de encontrar-se em baixa concentração.

Rangel *et al.* (2004), avaliando acúmulo de metais pesados (Cu, Mn, Ni, Pb e Zn) em latossolo vermelho após adubação com lodo de esgoto e cultivado com milho observou que os teores totais do metais no solo aumentam com a aplicação do lodo e com a implantação da cultura do milho, houve diminuição nos teores totais na maioria dos metais nos três cultivos que se fizeram. Apesar de não comentarem sobre o cromo, a exibição de uma tabela, que demonstra a composição do lodo, mostra que a presença desse elemento também decresceu com as seqüências de cultivo do milho.

Segundo citações de Rangel *et al.* (2004), Anjos e Mattiazzo (2001), afirmam que a queda nos teores desses metais, com o aumento do tempo de cultivo, pode estar relacionada à movimentação desses metais para camadas de solo abaixo de 20 cm de profundidade.

Marques *et al.*, (2001) citado por Tamanini (2005), o pH é a propriedade do solo que interfere de forma mais intensa na disponibilidade dos metais. Exceto para As, Mo, Se e

alguns estados de valência do Cr, os metais pesados têm suas disponibilidades reduzidas quando há elevação do pH, em decorrência da formação de precipitados, aumento da intensidade de adsorção aos colóides do solo e por conferir maior estabilidade aos complexos que se formam entre os metais e a fração húmica dos solos.

3.10 Caracterização das espécies forrageiras

No Brasil tropical, as gramíneas do gênero *Brachiária* ocupam mais de 50 % da área de pastagens cultivadas, devido à sua adaptação às mais variadas condições de solo e clima, e vem ocupando espaços cada vez maiores nos cerrados, com vantagens sobre outras espécies, por propiciar produções satisfatórias de forragem em solo com baixa fertilidade (Soares Filho, 1994, citado por Rodrigues *et al.*, 2005). Porém, com a necessidade de melhoria das pastagens, principalmente em regiões onde prevalece a utilização de grandes áreas de pastagens para o desenvolvimento da bovinocultura, como no estado do Mato Grosso do Sul, tem-se desenvolvido pesquisas com espécies forrageiras com maior capacidade de produção de MS e melhor valor nutricional. Entre as espécies que se destacam nos estudos estão as gramíneas *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu, o *Panicum Maximum* cv. Mombaça e a leguminosa *Stylosanthes guyanenses* cv. Mineirão.

3.10.1 *Brachiária brizantha* cv. Marandu

Cultivar de *Brachiária brizantha*, também conhecida como “braquiarião”, foi originalmente coletada no Zimbábue, África e está disponível desde 1984. É cultivada em cerca de 70 milhões de hectares no Brasil. Estima-se que em 2006 os benefícios econômicos gerados foram superiores a 3,9 bilhões de reais. 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. Não é recomendada para solos de baixa fertilidade e com drenagem deficiente. Nos Cerrados, 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. É altamente responsiva à adubação nitrogenada quando os outros nutrientes estão em níveis adequados. Apresenta produção anual de matéria seca da ordem de 8 t/ha, que pode chegar a 20 t/ha com aplicação de fertilizantes. Em amostras simulando o pastejo animal, os conteúdos de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, nos períodos das águas e da

seca, foram, respectivamente, 9,3 %, 6,2 %, 61,2% e 51,5%. (EMBRAPA GADO DE CORTE - CNPGC, 2007).

3.10.2 *Panicum maximum* cv. Mombaça

O capim-mombaça, uma cultivar de *Panicum maximum* lançada em 1993, é resultado do trabalho conjunto entre Embrapa Gado de Corte, Unidades da Embrapa (Cerrados, Trópico Úmido e Agroflorestal do Acre) e outras instituições do Sistema Nacional de Pesquisa Agropecuária (IAPAR, CEPLAC e EPAMIG). É cultivada em cerca de 5 milhões de hectares e o impacto econômico de seu uso na pecuária em 2006, foi estimado ser maior do que um bilhão de reais. Planta cespitosa, com altura de até 1,30m, folhas decumbentes sem pilosidade ou cerosidade. Não é recomendada para solos de baixa fertilidade. Apresenta as mesmas exigências de calagem e fertilidade do solo (fósforo, potássio e micronutrientes) que a cv. Tanzânia. Por outro lado, é mais eficiente na utilização do P do que aquela, apresentando maiores produções de massa seca total para o mesmo teor de P extraível. Produz acima de 40 t/ha/ano de massa seca em solos bem adubados, com teores médios de cerca de 13 % de proteína nas folhas e 9 % no colmo. Em amostras de forragem simulando o pastejo animal, o conteúdo de 12,0 %, 6,0 % de proteína bruta e 63,4 % e 52,3% de digestibilidade in vitro da matéria orgânica, nos períodos das águas e da seca, respectivamente (EMBRAPA- CNPGC, 2007).

3.10.3 *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão

O *Stylosanthes guianensis* var. *vulgaris* cv. Mineirão foi identificado no ano de 1979, pelo pesquisador Nuno Maria Souza Costa, no estado de Minas Gerais, por isso recebeu o nome Mineirão. Foi introduzido em 1979 no Banco Ativo de Germoplasma do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - CPAC e desde então vem sendo avaliado. Em função das avaliações, em diferentes condições, essa leguminosa foi nomeada para lançamento. A cultivar Mineirão é perene, semi-ereta, podendo atingir 2,50 m de altura, no segundo ano. Tem caules grossos na base e pilosos no final das hastes. Apresenta excelente adaptação aos solos ácidos e de baixa fertilidade, mas responde bem à adubação. Adapta-se bem às condições climáticas da região dos Cerrados com verão quente e chuvoso, e invernos frios e secos. Destacam-se ainda as seguintes características: - grande produção de matéria seca; alta retenção de folhas no período seco; grande resistência ao pastejo e pisoteio; grande

capacidade de consorciação; resistência a pragas e doenças; boa aceitação pelos animais; e nodulação com estirpes nativas de *Rhizobium*. Pesquisas, conduzidas pelo CPAC e CNPGC, demonstraram que o estilosantes Mineirão é tolerante à acidez, porém não nodula em pH 4,0. Em áreas de cerrado, recém-desmatadas, recomenda-se aplicar calcário para elevar a saturação de bases ao mínimo de 25%. Apresenta exigência em fósforo de baixa a média e os teores de proteína bruta, ao longo do ano, variam de 12% a 18%. A digestibilidade, in vitro, da matéria seca varia de 52% a 60%. O Mineirão mantém alta proporção de folhas verdes no período seco. O estilosantes Mineirão tem sido empregado, com bastante sucesso, na recuperação de pastagens de *Brachiaria* degradada, através da introdução dessa leguminosa na pastagem (EMBRAPA - CNPGC, 1993).

4. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na área experimental da EMBRAPA GADO DE CORTE (CNPGC), no município de Campo Grande-MS. O desenvolvimento da pesquisa foi realizado em experimentos independentes em duas fases, uma fase em casa de vegetação e outra à campo. Os experimentos estão descritos como Experimento 1 (casa de vegetação) – Efeito de diferentes doses de lodo de curtume no crescimento e desenvolvimento de forrageiras em condições controladas. E o Experimento 2 (à campo) – Efeito de diferentes doses de lodo de curtume no crescimento e desenvolvimento de *Brachiaria brizantha* cv Marandu a campo.

O material e métodos comuns a ambos os experimentos está descrito no item 4.1, e o material e métodos específicos do experimento 1 encontra-se no item 4.2, e do Experimento 2 no item 4.3.

4.1. Caracterização de solo e do lodo de curtume

Utilizou-se neste estudo a camada superficial (0 - 20 cm) de um Latossolo Vermelho-Escuro Distroférico (LVED), com características de solo de baixa fertilidade, apresentando textura argilosa, pH ácido, baixa saturação por bases e baixo teor de fósforo (EMBRAPA, 2006).

A caracterização química e física do solo (Tabela 4.1) foi realizada no laboratório de solos da EMBRAPA (CNPGC), em Campo Grande-MS, seguindo metodologia descrita pela EMBRAPA (1997).

Tabela 4.1 - Características químicas e físicas do Latossolo Vermelho Escuro distroférico

pH	P	MO	K	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H	Al+H	SB	T	V	Areia	Silte	Argila	
CaCl ₂ Água*	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----				-----			%	-----g kg ⁻¹ -----					
4,37	4,97	0,47	44,26	0,1	0,6	0,5	1,05	0,5	8,9	9,34	1,15	10,5	10,88	330	200	470

* pH em água 1:2,5. Teores adequados para este solo de acordo com Raij *et al.* 1996: P (4 – 6 mg dm⁻³), MO (20 - 40 mg dm⁻³); K (0,1 – 0,2 cmol_c dm⁻³); Ca (2 – 4 cmol_c dm⁻³); Mg (0,5 – 1 cmol_c dm⁻³); Ca + Mg (2,5 – 5 cmol_c dm⁻³); SB (2 – 3,6 cmol_c dm⁻³); T (4,5 – 8,6 cmol_c dm⁻³); V (40 - 60%).

O lodo foi obtido da estação de tratamento do curtume BRASPELCO localizado na cidade de Paranaíba-MS, localizada à 300 Km da área experimental localizada em Campo Grande-MS. O lodo de curtume foi proveniente do tratamento primário das águas residuárias do curtimento submetido ao cromo. A estação de tratamento é composta de grade para reter sólidos grosseiros, caixa de areia, caixa de gordura, tanque de equalização, prensa, tanque de coagulação e floculação, decantador primário, lagoa de tratamento biológico, decantador secundário e leitos de secagem. No tratamento do efluente, numa base de 500 L, foram usadas as doses de 50 kg de Sulfato de Alumínio, 500 g de polímero de caráter aniônico e 200 kg de cal hidratada. A análise qualitativa do lodo (Tabela 4.2) foi realizada no Laboratório de Biogeoquímica da FCAV-UNESP campus de Jaboticabal.

Tabela 4.2 - Características químicas e umidade do lodo de curtume coletado em 2005 no curtume BRASPELCO, município de Paranaíba-MS

Variável	Concentração	Variável	Concentração
Teor de umidade	954 (g kg ⁻¹)	Fósforo	5,2 (g kg ⁻¹)
Umidade	4,6 %	Potássio	1 (g kg ⁻¹)
Matéria Orgânica	46,5 (g kg ⁻¹)	Sódio	46,4 (g kg ⁻¹)
Carbono	38,4 (g kg ⁻¹)	Cálcio	133,6 (g kg ⁻¹)
N- Kjeldahl	29,7 (g kg ⁻¹)	Magnésio	7,8 (g kg ⁻¹)
N- amoniacal	25,6 (g kg ⁻¹)	S- total	9,76 (g kg ⁻¹)
N- nitrato	0,4 (g kg ⁻¹)	Cromo	3,8 (g kg ⁻¹)
pH	7,6		

O lodo utilizado foi colocado para secar em ambiente coberto e arejado (Figura 4.1), até atingir umidade média de 65%. Posteriormente à secagem, é realizado a moagem através do peneiramento utilizando-se uma peneira, com a finalidade de uniformização da granulometria com malha de 1mm, 50% do lodo passou pela peneira, assim garantindo eficiência relativa entre 60 e 100%.



(A) Aparência do lodo após secagem em ambiente coberto



(B) Passagem do lodo seco pela peneira



(C) Característica da granulometria do lodo após peneiramento

Figura 4.1 – Secagem do Lodo (A), peneiramento do lodo em peneira de malha 1mm (B) e característica da granulometria após o peneiramento do lodo (C).

4.2 EXPERIMENTO 1 – Condições controladas

4.2.1 Delineamento experimental de descrição dos tratamentos

O delineamento experimental foi montado em um fatorial 6 X 2 ou seja, com 6 tratamentos (dose de lodo de curtume) e duas idades de corte (45 e 90 DAP). Foram utilizadas seis repetições, sendo que 3 repetições coletadas para as avaliações aos 45 dias após o plantio (DAP) e as outras três repetições para as avaliações aos 90 DAP. O experimento foi realizado em ensaios independentes utilizando-se três espécies diferentes de forrageira como planta indicadora.

O solo depois de destorroado, foi seco ao ar e peneirado (< 2mm) e colocado em sacos plásticos, sem furos, na quantidade de 3 kg. Nestes recipientes foram aplicados os tratamentos nas doses de 0; 0,125; 0,25; 0,5; 1,0 e 2,0%, ou seja, o equivalente à dose de 0; 1,65; 3,3; 6,6; 13,2 e 26,4 t ha⁻¹, respectivamente, de lodo de curtume. Utilizou-se a medida com base no peso seco do lodo em relação ao peso seco de solo, em que os valores correspondentes de nutrientes (N, P, K, S, Ca e Mg), matéria orgânica, sódio e cromo do lodo aplicado, estão descritos na tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Dose percentual de lodo primário de curtume e quantidade de nutrientes, matéria orgânica, cromo e sódio aplicados nos diferentes tratamentos

Dose percentual de lodo de curtume	Quantidade aplicada ¹	Ca	MO	N	P	Mg	K	S	Na	Cr ³⁺
		-----Total de nutrientes aplicados (g vaso ⁻¹)-----								
%	g									
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,125	5	0,67	0,23	0,15	0,03	0,04	0,005	0,78	0,23	0,002
0,25	10	1,34	0,46	0,30	0,05	0,08	0,01	0,39	0,46	0,004
0,5	20	2,67	0,93	0,60	0,10	0,16	0,02	0,19	0,93	0,008
1	40	5,34	1,86	1,19	0,21	0,31	0,04	0,09	1,86	0,015
2	80	10,68	3,72	2,38	0,42	0,62	0,08	0,05	3,72	0,030

¹ - g lodo seco/vaso de 3 kg. Teores de nutrientes no lodo: Ca= 13,3%; MO = 4,6%; N = 2,9%; P = 0,52%; K = 0,1%; Na = 4,6%; Cr = 0,38%; S = 0,97%; Mg = 0,78%

A dose máxima de lodo de curtume, em base seca, foi de 26,4 g kg⁻¹ de solo. Esta dose adicionou um total de 101,33 mg de cromo por quilo de solo, ficando 1,97 vezes menor que o

permitido, para aplicação com fertilizante orgânico, pela Instrução Normativa 27, em seu anexo V (2006).

4.2.2 Instalação do experimento

O experimento foi instalado em casa de vegetação na EMBRAPA – sede do Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Corte (CNPGC), Campo Grande – MS. As parcelas foram montadas em vaso de cano de PVC de 20 cm de altura revestidos com sacos plásticos transparentes com 0,20 mm de espessura, para evitar a drenagem e a consequente exportação de nutrientes para o meio externo.

Em cada vaso foram adicionados, 3 kg do solo Latossolo Vermelho-Escuro Distroférico (LVED) e as doses de lodo (Figura 4.2). Os vasos com a mistura de lodo e solo foram saturados e depois realizou-se a pesagem cujo valor foi utilizado para determinar a capacidade de campo de 70% à qual foi mantida através de pesagens e irrigações diárias segundo metodologia descrita por Oliveira *et al.*, (1991). O controle da saturação era realizado duas vezes ao dia, e quando necessário, aplicado a dose exigida de irrigação. Esse procedimento foi utilizado para evitar que houvesse estresse hídrico.



Figura 4.2 – Mistura do lodo com solo, em saco plástico, e disposição do mesmo nos vasos de PVC.

Os vasos foram mantidos na casa de vegetação em um delineamento de blocos casualizados, para evitar interferência de incidência de luz, sombreamento, ou quaisquer causas não inerentes ao desenvolvimento da pesquisa.

4.2.3 Condução do experimento

Como plantas teste, foram usadas as variedades comerciais da leguminosa forrageira Estilosantes Mineirão (*S. guianensis*) e das gramíneas *Brachiaria brizantha* (cv. Marandu) e *Panicum maximum* (cv. Mombaça).

As forrageiras foram semeadas inicialmente em bandejas de areia, realizando-se transplante de cinco plantas por vaso nos tratamentos correspondentes após as plantas apresentarem a primeira folha definitiva (Figura 4.3). Optou-se por este método para garantir que não ocorresse na ocasião do desbaste, a presença de espécies invasoras.



Figura 4.3 – Transplante das forrageiras para os vasos

A figura 4.4 mostra a disposição dos vasos dentro da casa de vegetação e o aspecto das plantas aos 45 DAP.



Figura 4.4 – (A) disposição dos vasos, (B) aspecto visual das plantas aos 45 DPA

4.2.4 Variáveis avaliadas

As avaliações de solo e planta foram realizadas em duas épocas de coleta, aos 45 dias após o plantio (DAP) e aos 90 DAP.

4.2.4.1 Solo

Em cada época (45 e 90 DAP) foram coletadas amostras de solo para determinação da condutividade elétrica (CE) e pH. Para estas análises o solo foi homogeneizado, pesado (20g), posto em vidro com tampa, adicionado água destilada (40 ml), e a mistura colocada no agitador por 30 minutos (Figura 4.5). Depois as amostras foram colocadas em repouso por 18h e realizou-se, com o auxílio de pipeta, a retirada do líquido sobrenadante que foi colocado em funil com papel de filtro Whatman de 125 mm de diâmetro de porosidade.

A condutividade elétrica foi determinada através de condutímetro modelo MACA 150/P marca Marconi, ajustado à temperatura da amostra que era a mesma do ambiente: 25° C e calibrado com solução padrão 1,49 dS/m.

O pH (água/solo 2:1) foi determinado com auxílio de um potenciômetro com eletrodo combinado, segundo descrito EMBRAPA, (1997).

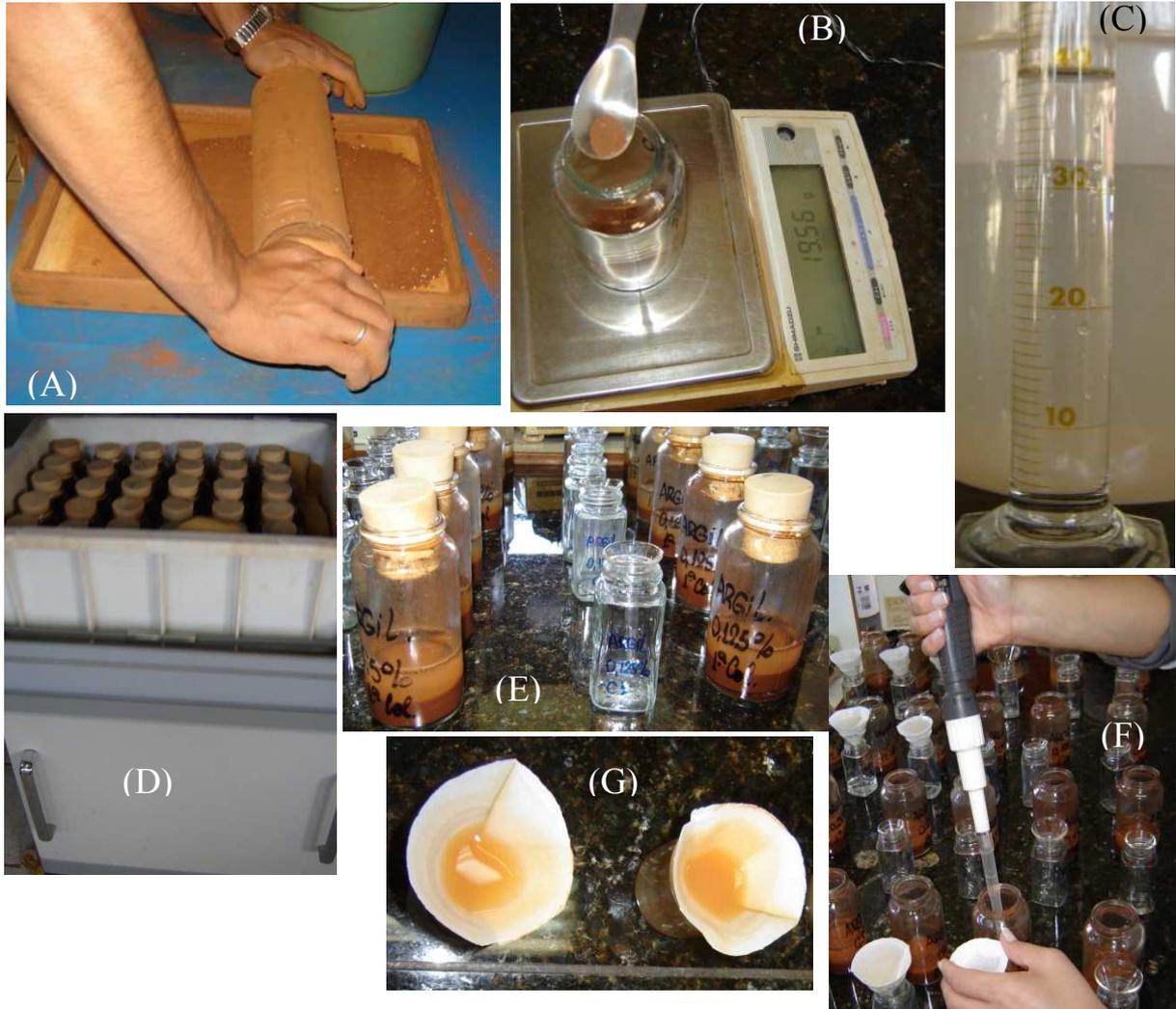


Figura 4.5 – Procedimentos para análise do solo quanto a pH e CE. (A) Homogeneização do solo, (B) pesagem do solo, (C) água destilada para adicionar no vidro com solo, (D) agitador, (E) amostras em repouso após agitação por 30 minutos, (F) uso da pipeta para recolher o líquido sobrenadante, (G) funil com papel de filtro

4.2.4.2 Planta

Para determinação do número de perfilhos foi realizada a contagem direta das plantas e realizadas as anotações em planilhas. Após a contagem dos perfilhos, em cada época de colheita, as amostras da parte aérea foram cortadas rente ao solo (Figura 4.6) e todo o material foi pesado (g vaso^{-1} de massa seca de parte aérea) e colocado para secar em estufa com temperatura de 65°C por 72 horas para determinação da matéria seca conforme metodologia descrita por Silva (1998). Após a secagem, o material foi moído e uniformizado retirando-se uma amostra para análise bromatológica (proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica).



Figura 4.6 – Contagem e corte de perfilhos

Para as análises bromatológicas, utilizou-se a espectroscopia de reflectância do infravermelho próximo (NIRS), de acordo com os procedimentos descritos por Marten *et al.* (1985). Os dados de reflectância das amostras foram analisados por um espectrômetro (modelo NR 5000; NIR Systems, Inc., USA), acoplado a um microcomputador. As amostras foram analisadas via úmida para quantificação de proteína bruta, conforme AOAC (1990) e DIVMO (digestibilidade in vitro), conforme Tilley & Terry (1963) modificado por Moore & Mott (1974).

4.2.4.3 Análise dos dados

A análise de variância dos dados foi realizada utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS[®] (Statistical Analysis System), versão 8.2 para Windows[®]. As médias dos tratamentos foram estimadas utilizando-se o “LSMEANS” e a comparação entre elas, quando necessária, realizada por meio da probabilidade da diferença (“PDIFF”), usando o teste de Tukey e um nível de significância de 5%.

4.3 EXPERIMENTO 2 – à campo

4.3.1 Descrição da área

O experimento foi instalado em uma área de pastagem estabelecida de *Brachiaria Brizantha* cv. Marandu da EMBRAPA (CNPGC), Campo Grande-MS, em um Latossolo Vermelho-Escuro distroférico (LVED), fase cerradão, caracterizado como um solo de baixa fertilidade, textura argilosa, pH ácido, baixa saturação por bases e baixo teor de fósforo (EMBRAPA, 2006).

O padrão climático da região é descrito, segundo Köppen, na faixa de transição entre Cfa e Aw tropical úmido. A precipitação média anual é de 1500 mm, sendo considerados meses de seca, de maio a setembro (30% da precipitação anual).

4.3.2 Delineamento experimental e descrição dos tratamentos

Os tratamentos e os equivalentes dos nutrientes estão descritos na tabela 4.4.

O delineamento experimental foi montado blocos casualizados com 6 tratamentos com 5 repetições. Os tratamentos consistiam de uma testemunha (sem aplicação de lodo e de fertilizantes minerais), quatro doses de lodo e um tratamento com adubação mineral (N, P₂O₅, K₂O).

Tabela 4.4 - Doses de lodo primário de curtume e adubo mineral aplicados e as quantidades de nutrientes, cromo, sódio e matéria orgânica nos diferentes tratamentos do experimento de campo

Tratamentos (kg ha ⁻¹)	Ca	MO	N	P	K	Na	Cr
	-----Total de nutrientes aplicados (kg ha ⁻¹)-----						
0	0	0	0	0	0	0	0
1650	650	2300	145	26	5	230	19
3300	1300	4600	290	52	10	460	38
6600	2600	9200	580	104	20	920	76
13200	5200	18400	1160	208	40	1840	152
Test adubação ¹	-	-	100	100	100	-	-

¹ – Usou-se como fonte de Ca um Calcário dolomítico, com 90% de PRNT. A fonte de N foi a uréia, de P₂O₅ o superfosfato triplo e de K₂O o Cloreto de Potássio.

Cada parcela apresentou uma área de 20m² (5 x 4m), e espaçamento entre si de 1m. As doses de lodo de curtume foram equivalentes a 0; 1,65; 3,3; 6,6 e 13,2 t ha⁻¹ de lodo seco, os valores correspondentes de lodo aplicado e as quantidades de matéria orgânica, nutrientes (Ca, N, P, K), sódio e cromo estão descritos na tabela 4.5.

No tratamento com a testemunha com adubação mineral foi aplicado o equivalente a 100 kg ha⁻¹ de N, com o uso da fonte uréia, 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅, com o uso da fonte superfosfato triplo e 100 kg ha⁻¹ de K₂O, com o uso da fonte cloreto de potássio (KCl) como tratamento complementar foi aplicado 2000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico, com PRNT de 90%.

Nos tratamentos em que foi aplicado o lodo de curtume, a dose máxima em base seca, foi de 80 kg parcela⁻¹, conforme descrito na tabela 4.5. A dosagem foi calculada com base no teor de óxido de cálcio com objetivo de avaliar o poder de neutralização da acidez. Esta dose adicionou um total de 76 mg de cromo por quilo de solo, ficando 2,63 vezes menor que o permitido pela Instrução Normativa 27 em seu anexo V (BRASIL, 2006).

Tabela 4.5 – Dose percentual de lodo primário de curtume e quantidade de lodo aplicados nos diferentes tratamentos

Tratamentos	Dose (%)	Total lodo (kg ha ⁻¹)	Total de lodo (kg) Por parcela (20m ²)
1	0	0	0
2	0,25	5000	10
3	0,5	10000	20
4	1	20000	40
5	2	40000	80

4.3.3 Instalação e condução do experimento

Na instalação do experimento realizou-se um corte para padronização da área, cortando-se as plantas a 10 cm do solo sendo o material cortado retirado da área. Em seguida, a área foi cercada e demarcados os cinco blocos e as parcelas de 5m x 4m, ambos espaçados 1m entre si (Figura 4.7).



Figura 4.7 – Instalação experimento de campo. (A) área do experimento, (B) rebaixamento do capim, (C) área padronizada com plantas a 10 cm do solo, (D), planta rebaixada, (E, F) preparo para confecção da cerca limite, (G) demarcação de blocos e parcelas, (H) área preparada

A aplicação do lodo foi realizada manualmente com aplicação superficial nas parcelas e a área experimental foi mantida vedada (Figura 4.8).

Aos 45 e 90 dias após a adubação realizou-se a colheita da parte aérea das plantas através do método do ponto quadrado (0,5m x 0,5m), a coleta foi realizada aleatoriamente dentro de cada parcela. O material colhido foi levado para laboratório, onde foram separadas as frações da planta (folhas, pseudo-colmos e material morto). As frações da parte aérea foram identificadas e encaminhadas à estufa de ventilação forçada, à temperatura constante de 65°C por 72h até obter peso constante. Realizou-se a pesagem do material verde (MN) e após a secagem (MS), as amostras foram homogeneizadas e armazenadas para posteriores análises conforme metodologia descrita por Silva (1998).

O experimento não contou com práticas culturais de irrigação e/ou pastejo, e, portanto, foram mantidas as condições ambientais naturais do pasto.



Figura 4.8 – (A) Aplicação manual do lodo, (B) lodo disposto na parcela

4.3.4 Variáveis avaliadas

4.3.4.1 Solo

Após a segunda coleta de parte aérea, aos 90 (DAP), coletou-se amostras de solo em cinco pontos distintos por parcela, na profundidade de 0 a 20 cm, após realizou-se a homogeneização das amostras que deram origem a uma amostra composta por parcela.

Realizou-se a análise de pH, condutividade elétrica e análise de rotina dos atributos do solo (MO, P, K, Ca, Mg, Ca + Mg, Al, H, Al + H, S, T, V).

O pH (água/solo 2:1) é determinado com auxílio de um potenciômetro com eletrodo combinado e as demais análises de rotina dos atributos do solo foram realizadas de acordo com metodologia descrita por EMBRAPA, (1997). A condutividade elétrica foi realizada através de condutivímetro modelo MACA 150/P marca Marconi, ajustado à temperatura da amostra que era a mesma do ambiente: 25° C e calibrado com solução padrão 1,49 dS/m.

4.3.4.2 Planta

Para determinação da matéria seca, em cada época de colheita, as amostras da parte aérea foram cortados à 10 cm do solo e todo o material foi pesado e colocado para secar em estufa com temperatura de 65°C por 72 horas para determinação da matéria seca conforme metodologia descrita por Silva (1999). Após a secagem, o material foi moído e uniformizado retirando-se uma amostra para análise bromatológica (proteína bruta, e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica)

Para as análises bromatológicas, utilizou-se a espectroscopia de reflectância do infravermelho próximo (NIRS), de acordo com os procedimentos descritos por Marten et al. (1985). Os dados de reflectância das amostras foram analisados por um espectrômetro (modelo NR 5000; NIR Systems, Inc., USA), acoplado a um microcomputador. As amostras foram analisadas via úmida para quantificação de proteína bruta, conforme AOAC (1990) e DIVMO (digestibilidade *in vitro*), conforme Tilley & Terry (1963) modificado por Moore & Mott (1974).

4.3.4.3 Análise dos dados

A análise de variância dos dados será realizada utilizando-se o PROC MIXED do pacote estatístico SAS® (Statistical Analysis System), versão 8.2 para Windows®. As médias dos tratamentos serão estimadas utilizando-se o “LSMEANS” e a comparação entre elas, quando necessária, realizada por meio da probabilidade da diferença (“PDIF”), usando o teste de Tukey e um nível de significância de 5%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 EXPERIMENTO 1 – Condições controladas

5.1.1 Solo

Para efeito de comparação entre experimento de campo e casa de vegetação, o solo analisado após aplicação do lodo, se restringiu apenas aos tratamentos destinados à espécie *B. brizantha* cv. Marandu.

5.1.1.1 pH

Os valores de pH do solo variaram em função das doses crescentes do lodo de curtume aplicado (Tabela 5.1). Nas doses acima de 0,5% de lodo observa-se aumento do pH, levando o solo a faixa considerada alcalina. Esses valores demonstram que o lodo tem alto poder corretivo da acidez do solo em função do aumento observado nos valores do pH.

Entre as duas coletas realizadas, observou-se que os valores permaneceram com pequenas alterações entre o período de 45 e 90 dias após aplicação do lodo no solo. Esse fato demonstra que o lodo em um período de 45 dias já foi suficiente para realizar as reações com o solo promovendo sua alcalinização.

Tabela 5.1 - Valores de pH em água no solo com aumento das doses de lodo primário de curtume em vasos da espécie *B. brizantha* cv. Marandu

	----- Tratamentos -----								
pH água	0%	0,125%	0,25%	0,50%	1%	2%	CV%	DMS	
45 DAP	5,20 c	4,70 d	5,07 cd	6,76 b	7,10 ab	7,31 a	2,17	0,37	
90 DAP	4,80 c	5,00 bc	5,63 b	6,48 a	7,11 a	7,23 a	4,68	0,80	

Valores seguidos de mesma letra nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Teixeira *et al.* (2006) e Castilhos (1998) também verificaram aumento de pH com adição de lodo de curtume. Melo & Marques (2000) e Oliveira *et al.* (2002) atribuem a eficiência do lodo em aumentar o pH do solo em razão da alcalinidade dos materiais utilizados, visto que, no processo de tratamento do lodo utilizado nestes ensaios, são adicionadas cal virgem (CaO) ou cal hidratada (Ca(OH)₂),

A figura 5.1 mostra que os valores de pH apresentaram resposta linear com adição de lodo e observa-se que acima da dose de 15 t ha⁻¹ de lodo primário de curtume, o solo apresenta características de pH alcalino. Considerando-se as classes de interpretação para a acidez ativa do solo da CFSEMG (1999) observa-se que um valor entre 5,5 e 6,0 e entre 6,1 a 7,0 de pH é considerado bom e alto, respectivamente. Sendo assim, considera-se que o tratamento até 0,5% ou 15 t ha⁻¹ foi adequado para promover as alterações satisfatórias neste parâmetro do solo, não devendo ser utilizadas quantidades maiores, pois poderá promover um aumento não desejado no pH que influencia negativamente em outros parâmetros de solo como absorção de macro e micronutrientes.

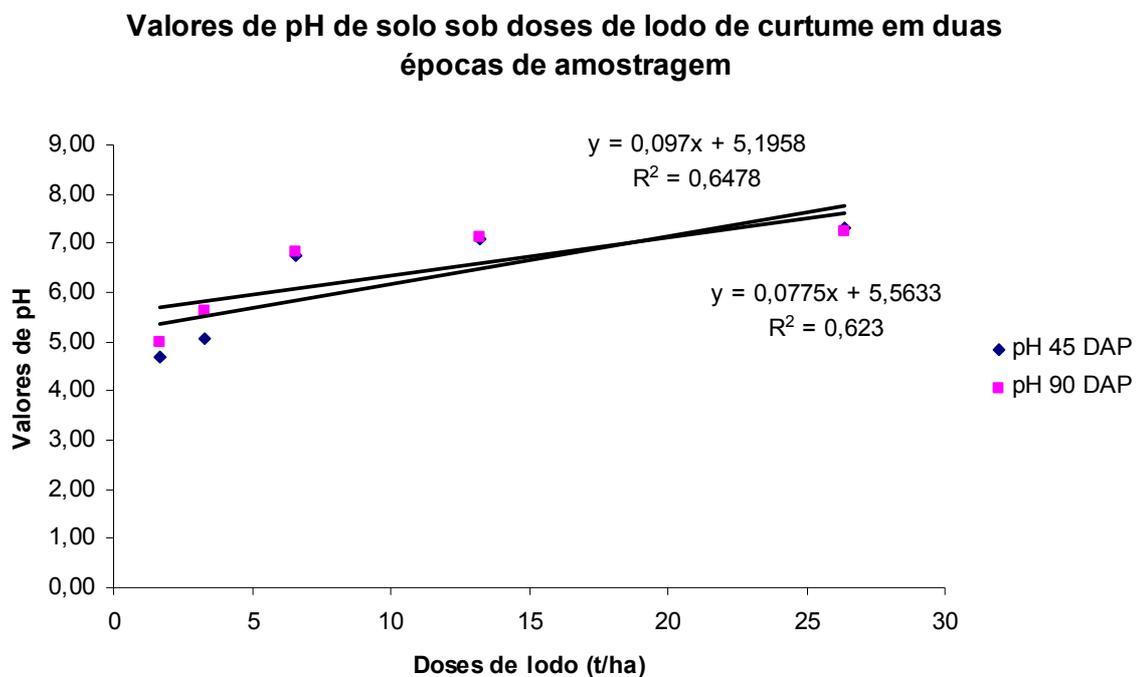


Figura 5.1 – Valores de pH em água no solo com doses crescentes de lodo primário de curtume nos vasos cultivados com *B. brizantha* cv. Marandu aos 45 e 90 DAP.

5.1.1.2 Condutividade elétrica (CE)

A condutividade elétrica correlaciona-se com os teores de sais dissolvidos na solução do solo. Verifica-se (Tabela 5.2) que a CE aumenta com as doses crescentes de lodo nas duas coletas. Aos 90 dias observa-se que, mesmo havendo a mesma tendência observada aos 45 dias, há um decréscimo nos valores da CE. Esse comportamento é importante para determinar que a aplicação do resíduo deve respeitar um intervalo de tempo superior a 90 dias após a

aplicação para que uma nova aplicação seja realizada. Valores crescentes da condutividade inferem que o resíduo promoveu adição de sal no solo.

Resultados semelhantes foram observados por Souza *et al.* (2006) e Teixeira *et al.* (2006), que verificaram aumento no teor de sódio do solo e da condutividade elétrica, após fazer uso de lodo de curtume em caupi.

Tabela 5.2 - Condutividade elétrica do solo em duas épocas de amostragem do solo em vaso

CE (dS m ⁻¹)	-----Tratamentos-----						CV%	DMS
	0%	0,125%	0,25%	0,50%	1%	2%		
45 DAP	0,63 e	0,91 e	1,40 d	3,31 c	7,90 b	13,2 a	3,51	45,3
90 DAP	0,43 e	0,67 d	0,72 d	1,70 c	4,20 b	8,68 a	1,78	13,7

Valores seguidos de mesma letra nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Um solo é considerado salino de acordo com Freire & Freire (2007), quando apresenta $CE \geq 4 \text{ dS m}^{-1}$. A tabela 5.2 mostra que a partir da dose de 1%, o lodo oferece risco de salinizar o solo pois mesmo aos 90 dias DAP, a condutividade elétrica continua alta e com tendência linear para aumento de dose de lodo como mostra a figura 5.2.

Condutividade elétrica solo sob doses de lodo de curtume em duas épocas de amostragem

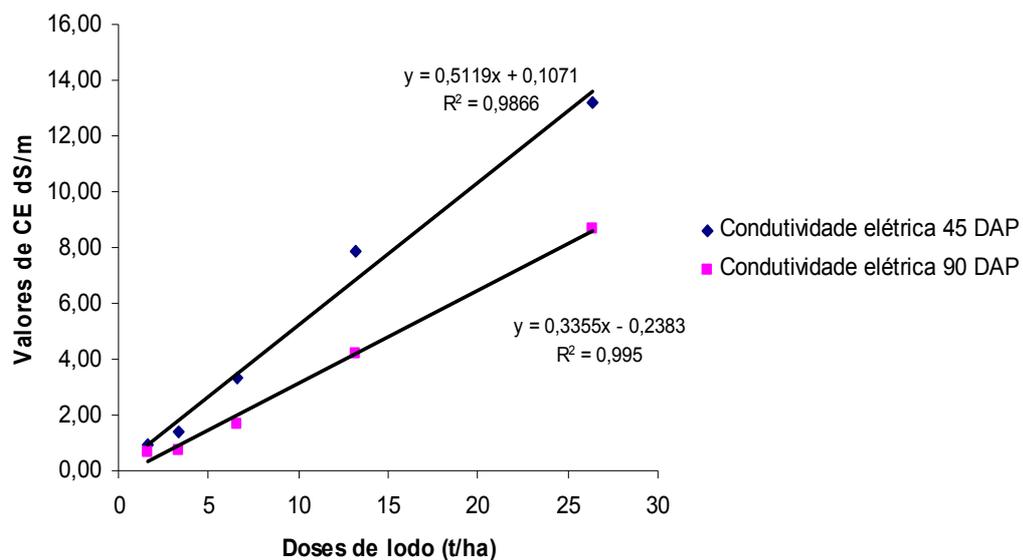


Figura 5.2 – Condutividade elétrica solo com aumento das doses de lodo primário de curtume nos vasos cultivados com *B. brizantha* cv. Marandu aos 45 e 90 DAP.

5.1.1.3 Caracterização de atributos do solo após aplicação do lodo

Ao final do experimento realizou-se a análise de rotina do solo dos diferentes tratamentos aplicados à *B brizantha* cv. Marandu (Tabela 5.3).

Tabela 5.3 - Teores de nutrientes no solo, do experimento de casa de vegetação, nos vasos de *Brachiária brizantha*, após aplicação de doses crescentes de lodo primário de curtume aos 90 DAP

Doses (%)	pH		P	MO	K	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H	Al+H	S	T	V
	CaCl ₂	água *	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----				-----				%	
0	4,61	4,80	0,48	31,2	0,06	0,3	0,3	0,6	0,24	4,37	4,61	0,66	5,27	12,53
0,125	5,04	5,0	0,58	37,1	0,05	1,6	0,3	1,9	0	3,89	3,89	1,95	5,84	33,39
0,25	5,34	5,63	1,16	29,8	0,05	2,75	0,3	3,05	0	2,9	2,9	3,1	6	51,67
0,5	6,16	6,81	1,79	36,4	0,03	5,7	0,25	5,95	0	2,41	2,41	5,98	8,39	71,28
1	6,61	7,11	3,58	29,9	0,04	8	0,6	8,6	0	1,35	1,35	8,64	9,99	86,49
2	6,89	7,23	7,99	31,3	0,05	11,5	0,55	12,05	0	0,35	0,35	12,1	12,45	97,19

Teores médios adequados para este solo de acordo com Raij *et al.* 1996: P (4 - 6 mg dm⁻³), MO (20 - 40 mg dm⁻³); K (0,1 - 0,2 cmol_c dm⁻³); Ca (2 - 4 cmol_c dm⁻³); Mg (0,5 - 1 cmol_c dm⁻³); Ca + Mg (2,5 - 5 cmol_c dm⁻³); SB (2 - 3,6 cmol_c dm⁻³); T (4,5 - 8,6 cmol_c dm⁻³); V (40 - 60%)* pH água 1:2,5

Observou-se que o lodo de curtume tem potencial como fonte de nutrientes essenciais, pois, promoveu incrementos nos teores de cálcio, principalmente, representando 38 vezes o teor presente no tratamento sem aplicação do lodo de curtume. Nos teores de fósforo, o incremento foi de até 16 vezes o valor obtido na testemunha, para o enxofre observou-se incremento de 18 vezes o valor obtido na testemunha e um pequeno aumento no teor de magnésio (1 vez o valor obtido na testemunha), porém sem alteração nos teores de potássio. Castilhos (1998), após aplicar lodo de curtume no solo verificou que os teores de cálcio, magnésio e fósforo aumentaram com doses crescentes de lodo e mantiveram os teores baixos de potássio. Teixeira *et al.* (2006), comparando lodo de curtume e fertilização mineral constatou que os teores de Ca²⁺ disponível no solo, após o cultivo do caupi, aumentaram nos tratamentos com a adição do lodo, apresentando um aumento de 1,6 vezes, na dose mais elevada. O lodo de curtume proporcionou também, liberação de nutrientes para o caupi uma vez que os teores de matéria orgânica e Ca²⁺ no solo aumentaram após a adição da maior taxa do resíduo.

Houve aumento também do pH do solo (tabela 5.3) com as doses crescentes de lodo, com reflexos na diminuição do alumínio, apesar da redução ter sido benéfica desde a menor dosagem. Deve-se observar no entanto, que a aplicação de lodo não deve ultrapassar a dose de 1% (13 t ha⁻¹) pois acima desta dose, o pH foi alcalino o que não é benéfico para o crescimento de plantas. Em citações de Ferreira *et al.* (2003), McBride (1994), afirma que a diminuição de Al³⁺ ocorre pelo aumento do pH do solo que libera íons OH⁻ e pela possível complexação com radicais orgânicos do resíduo. Souza *et al.* (2005) e Borges (2007), verificaram que o lodo de curtume promoveu a correção da acidez do solo, melhorando a absorção dos nutrientes pelas plantas sugerindo que esta forma de uso do lodo de curtume é viável e inclusive pode substituir, em parte, o adubo mineral.

Houve ainda, aumentos nos valores T (capacidade de troca de cátions a pH 7,0) e V% (Saturação por bases), que segundo a CFSEMG (1999) à partir da dose de 0,25% de lodo pode ser considerado como teores de bom a muito bom.

Embora não tenha sido analisado devido a aspectos técnicos, a presença de Cr³⁺ solúvel provavelmente não seria detectada no solo. Nas condições experimentais do estudo, as amostras do solo apresentaram o valor de pH acima de 5,5, para todos os tratamentos com lodo no final do experimento o que, neste caso, torna o elemento insolúvel no solo (forma óxidos e hidróxidos estáveis e de baixíssima solubilidade), concordando com as citações de Cavallet *et al.* (2007).

5.1.2 Forrageiras

5.1.2.1 *Stylosanthes guyanenses* cv. Mineirão

5.1.2.1.1 Densidade de plantas e matéria seca

A leguminosa Mineirão, não apresentou efeito sobre a densidade de plantas aos 45 e 90 DAP permanecendo as 5 plantas iniciais por vaso. Esse comportamento ocorreu porque o Mineirão não tem característica de perfilhamento. No entanto, com relação a produção de MS observou-se diferença entre os tratamentos submetidos às doses crescentes de lodo de curtume aos 45 e 90 DAP (Tabela 5.4).

A tabela 5.4 mostra que os efeitos de época de colheita, na matéria seca foram significativamente diferentes (p<0,05) aos 90 DAP. Nesta época, houve uma superioridade da produção de MS nos tratamentos com 0,5 e 1% de aplicação de lodo de curtume em relação à

testemunha e aos outros tratamentos. Porém a aplicação de 2% de lodo indica que nessa dosagem, poderá haver prejuízo da produção de MS. Esse fato pode ser visualizado pela redução observada tanto no corte aos 45 quanto aos 90 DAP.

Tabela 5.4 - Densidade de matéria seca (g) da leguminosa *Stylosanthes guyanenses* cv. Mineirão, sob doses crescentes de lodo primário de curtume, em duas épocas de desenvolvimento (45 e 90 dias após o plantio – DAP)

Doses (t ha ⁻¹)	Tratamentos	MS total (g vaso ⁻¹)	
		45 DAP	90 DAP
0	1	0.12 b	0,16 e
1,65 (0,125%)	2	0.82 ab	3,06 c
3,3 (0,25%)	3	0.90 ab	4,46 b
6,6 (0,5%)	4	1.09 a	6,36 a
13,2 (1%)	5	1.05 a	5,90 a
26,4 (2%)	6	0.68 ab	0,96 d

Valores seguidos de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Na dose de 2% (40 t ha⁻¹) observou-se um menor crescimento das plantas, comportamento comprovado através da menor produção de MS (Tabela 5.4). Pode-se inferir que este fato ocorreu em função do acúmulo de sal na solução do solo, concordando com resultados de Santana *et al.* (2007) que relatam que em solo com nível textural argiloso ocorre uma maior retenção de sal, elevando a condutividade elétrica, redundando em queda das variáveis vegetativas. Em Santana *et al.* (2007) citando Bernardo (1996), um dos principais problemas causados pela salinização do solo é a redução do potencial osmótico da solução do solo, diminuindo sua disponibilidade de água e acentuando a toxicidade de certos íons às plantas. Ainda nesse mesmo artigo de acordo com Lima (1998), a acumulação de sais na rizosfera prejudica o crescimento e desenvolvimento das culturas, provocando um decréscimo de produtividade e, em casos mais severos, pode levar a um colapso da produção agrícola.

Na figura 5.3 visualiza-se, através das equações de regressão polinomial, que aos 45 DAP as plantas responderam até a dose de 14,10 t ha⁻¹ e aos 90 DAP, à dose de 12,93 t ha⁻¹. Pode-se concluir, portanto, que a partir da dose de 13,2 t ha⁻¹ de lodo (1%), haverá acréscimo de produtividade, porém com valor muito próximo ao tratamento controle conforme mostra os resultados da tabela 5.4.

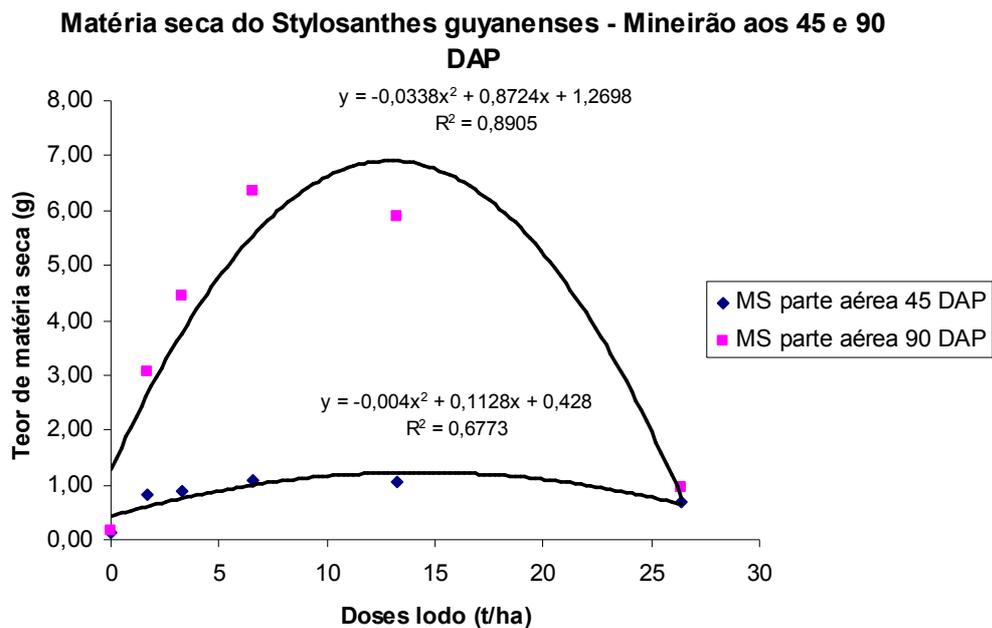


Figura 5.3 – Produção de matéria seca da leguminosa *Stylosanthes guyanenses* cv. Mineirão em função das doses crescentes de lodo de curtume aos 45 e 90 DAP.

Resultados semelhantes foram encontrados por Costa *et al.* (2001), ao utilizar lodo de curtume em adubação de soja obtendo aumentos nos rendimentos de matéria seca, nos tratamentos que continham lodo. Porém na dose mais elevada, houve decréscimo da MS. Godói *et al.* (2008), verificaram que o índice de cobertura vegetal e a produtividade de matéria seca do Mineirão não diferem significativamente entre tratamento mineral e doses crescentes de biossólido com cromo e que a partir da dose de 35,7 t ha⁻¹ pode ocorrer efeitos negativos para o desenvolvimento e estabelecimento.

Estes resultados mostram que o resíduo de curtume pode ser uma alternativa para adubação de leguminosas conforme resultados positivos encontrados por Ferreira *et al.* (2003). Ao avaliar lodo de curtume acrescido de adubação fosfatada e potássica em soja e milho, estes autores concluíram que os rendimentos de grãos das duas culturas, foram semelhantes aos obtidos no tratamento com calagem e adubação mineral. Araújo *et al.* (2006) fazendo uso do lodo de curtume (nas doses 11,625 kg ha⁻¹, 23,250 kg ha⁻¹ e 46,500 kg ha⁻¹ adicionados de PK) na adubação de leguminosas (algaroba e leucena), este resíduo promoveu aumento significativo, na menor dose, na altura das plantas, diâmetro do caule e massa seca da parte aérea. Os autores relatam ainda que a resposta não significativa com aumento das doses, ocorreu em função da alta taxa de sal adicionado através do resíduo.

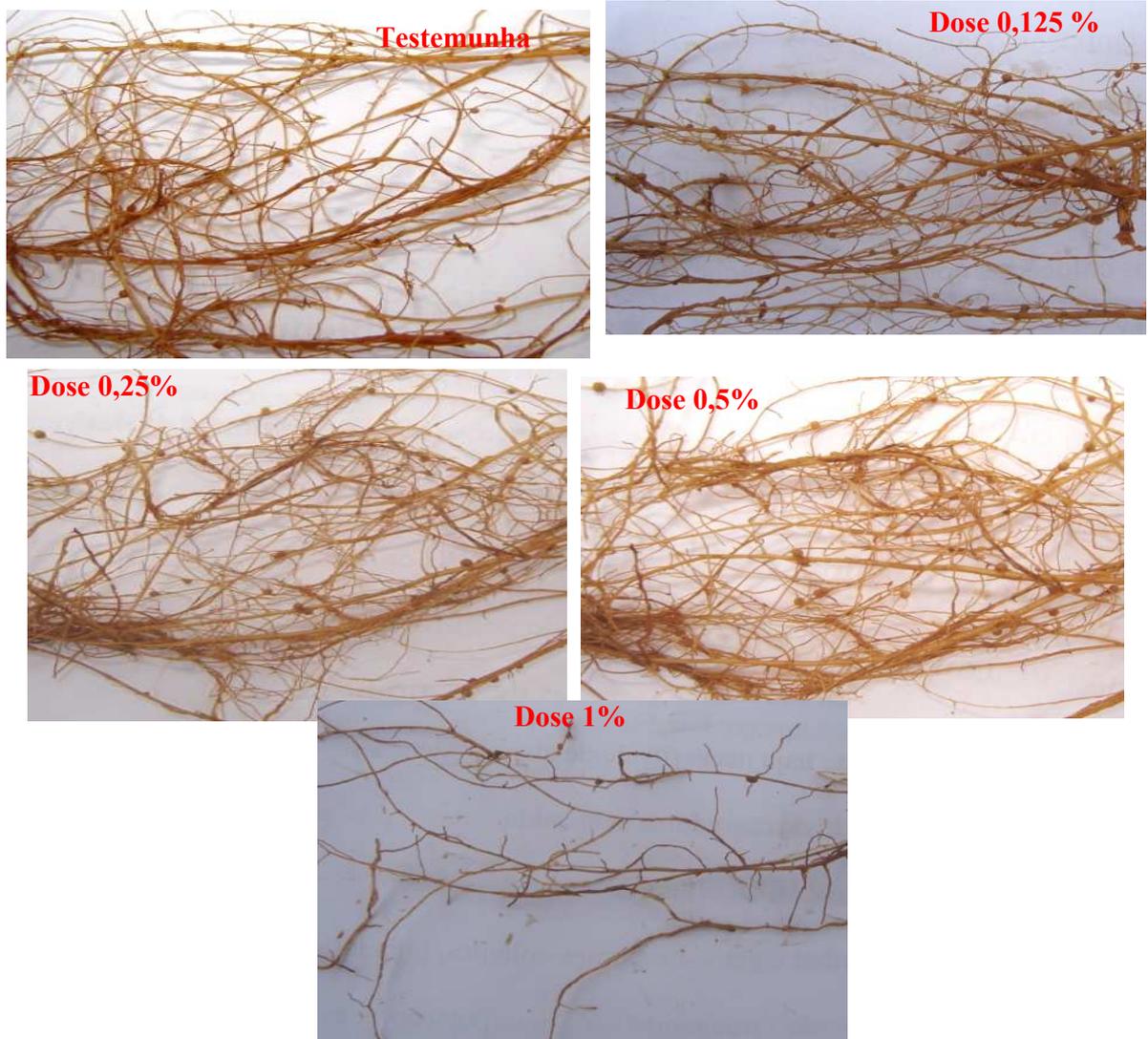


Figura 5.4 - Presença de nódulos nas raízes de Mineirão aos 90 DAP

Com relação à influência do lodo na formação de nódulos nas raízes do mineirão, a figura 5.4 indica que a nodulação foi favorecida nas doses de 0,125% à dose 0,5% ($6,6 \text{ t ha}^{-1}$). Nesses tratamentos observou-se uma presença de nódulos e comparando com a testemunha, um considerável aumento da nodulação com a aplicação do lodo. Este resultado positivo deve estar relacionado com a matéria orgânica que segundo relatos de Martines (2005), proporciona crescimento de microorganismos e Ferreira *et al.* (2003) que o lodo de curtume estimula a atividade microbiana. O contrário foi observado por Araújo *et al.* (2006), onde concluíram que não houve diferenças significativas no número e na massa seca dos nódulos, entre os tratamentos com aplicação de lodo de curtume e inoculado com *Bradyrhizobium sp.*, em mudas de leucena e algaroba em casa de vegetação.

A dose de 1% (20 t ha⁻¹) (Figura 5.4) mostra que somente a partir desta quantidade de lodo aplicado, houve redução da nodulação e da massa de raiz, esse efeito é prejudicial ao desenvolvimento das plantas. Resultados semelhantes foram encontrados por Teixeira *et al.* (2006), que ao avaliar adição de lodo de curtume, em nodulação de caupi, observou que não houve efeitos negativos sobre o número de nódulos nas menores doses (11 e 23 t ha⁻¹) e a adição da maior taxa (46 t ha⁻¹) provocou redução significativa na nodulação.

Os resultados observados na produção de matéria seca, (Tabela 5.4) indicam que a adição do lodo de curtume ao solo, em doses elevadas, apresentou efeitos negativos sobre a nodulação, provavelmente devido ao aumento do teor de Na⁺ e do aumento da condutividade elétrica do solo após a adição do resíduo. De acordo com citações de Teixeira *et al.* (2006), Ferreira & Castro (1995), afirmam que o número, a massa e o tamanho dos nódulos são indicadores usuais de nodulação e que o processo de infecção bacteriana é altamente sensível à salinidade devido, principalmente, ao cessamento do crescimento do pelo radicular.

5.1.2.1.2 Proteína Bruta (PB) e Digestibilidade (DIVMO)

O material vegetal do tratamento testemunha não foi suficiente para realizar as análises deste item, assim como o tratamento com 26,4 t ha⁻¹ (tratamento 6), aos 45DAP, durante o procedimento analítico houve perda da amostra não sendo, portanto, analisado as variáveis proteína bruta (PB) e digestibilidade (DIVMO) para estas doses (Tabela 5.5).

O teor de PB aos 45 DAP não diferiram entre si a partir da dose 3,3 t ha⁻¹ sugerindo que acima dessa dose, o lodo não promove aumentos significativos nos teores desta variável (Tabela 5.5). Somente a menor dose 1,65 t ha⁻¹, diferiu dos demais tratamentos com lodo de curtume (P<0,05) esse comportamento confirma que há um efeito de dose nos aumentos nos teores de proteína bruta.

O teor de PB aos 90 DAP mostrou diferença significativa onde o maior teor (15,77%) foi obtido no tratamento com 26,4 t ha⁻¹. Porém a percentagem da PB neste tratamento é menor do que o obtido aos 45 DAP com a dose de 3,3 t ha⁻¹ (17,12%), esse comportamento demonstra que para obter um maior aproveitamento, deve-se preferir a liberação dessas forrageiras aos 45 DAP. Neste experimento observou-se alto teor de proteína bruta concordando com as características produtivas divulgadas pela EMBRAPA – CNPGC (1993) que esta leguminosa produz de 12 a 18% desta variável ao longo do ano.

Tabela 5.5 – Percentual de Proteína Bruta e digestibilidade da *Stylosanthes guyanenses* cv. Mineirão nas doses crescentes de lodo primário de curtume, aos 45 e 90 dias após o plantio (DAP)

Doses (t ha ⁻¹)	Tratamentos	Proteína Bruta (%)		Digestibilidade (%)	
		45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP
0	1	- *	-*	- *	-*
1,65 (0,125%)	2	10,13 b	7,18 d	59,21 b	62,55 b
3,3 (0,25%)	3	17,12 a	8,11 d	89,96 a	64,41b
6,6 (0,5%)	4	17,61 a	10,21 c	92,60 a	69,23 b
13,2 (1%)	5	18,19 a	13,22 b	91,20 a	79,27 a
26,4 (2%)	6	- **	15,77 a	- **	86,69 a

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)

* Sem material suficiente para análise /** Material perdido em laboratório

A análise de regressão demonstrada na figura 5.5 registra que o teor de proteína é crescente com adição de lodo ainda que segundo o teste de tukey (P<0,05) da tabela 5.5, os dados não tenham apresentado esse crescimento.

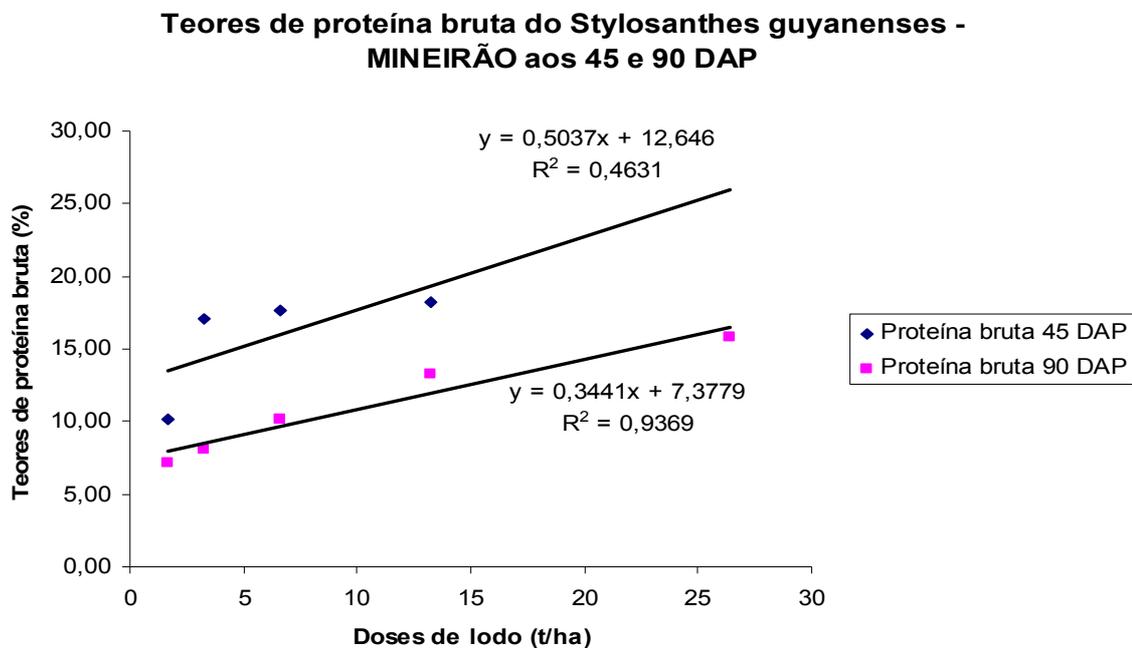


Figura 5.5 – Resposta do teor de proteína bruta aos 45 e 90 DAP da leguminosa *Stylosanthes guyanenses* cv. Mineirão em função das doses de lodo de curtume.

Em relação a digestibilidade, observa-se que aos 45 DAP houve uma correlação entre o teor de PB e a digestibilidade, em que o tratamento com 10,13 % de PB apresentou a menor digestibilidade (59,21) e os demais tratamentos que apresentaram teor de PB superior a 17% a digestibilidade aumentou em aproximadamente 54% (Tabela 5.5). Aos 90 DAP observa-se que houve um aumento na digestibilidade da menor dose de lodo aplicado ($1,65 \text{ t ha}^{-1}$), sendo que nos demais tratamentos a digestibilidade foi reduzida quando comparado com o primeiro corte (45 DAP). Apesar dessa pequena redução observada, os valores obtidos são satisfatórios para a nutrição animal, o que garante que mesmo com a redução de PB, a manutenção desta leguminosa com idade de maturação mais elevada garante boa digestibilidade, ou seja, bom aproveitamento dos nutrientes para os animais.

A figura 5.6 demonstra que a digestibilidade apresentou comportamento crescente linear.

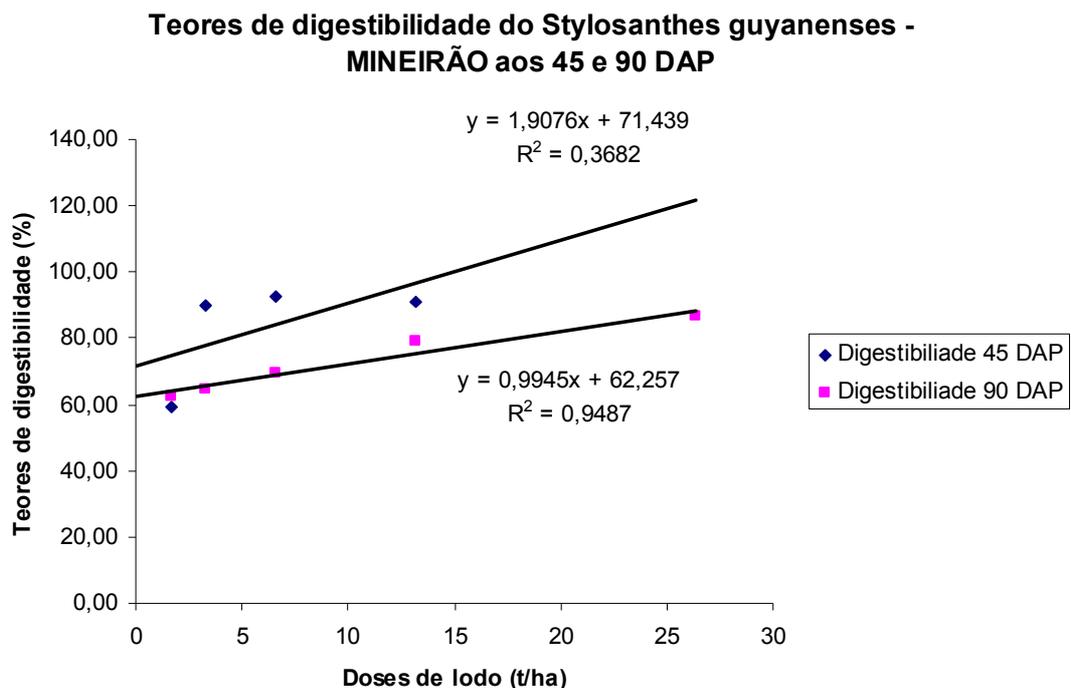


Figura 5.6 – Resposta do teor digestibilidade da leguminosa *Stylosanthes guyanenses* cv. Mineirão em função das doses de lodo aos 45 e 90 DAP à doses crescentes de lodo de curtume.

Aos 45 DAP, observa-se tendência de aumento da digestibilidade até a dose máxima de lodo de curtume e aos 90 DAP, os resultados inferem resposta crescente à doses crescentes de lodo ainda que o teste de tukey ($P < 0,05$) da tabela 5.5, não aponte esse crescimento. Porém, observa-se que a diferença entre os valores da digestibilidade aos 45 DAP e aos 90 DAP, apresentam uma redução conforme aumenta-se a dose de lodo, ou seja, na doses 0,25 e 0,50% de lodo, a digestibilidade aos 45 DAP é 39,66% e 33,75% respectivamente, superior à

observada aos 90 DAP e na dose de 1% de lodo, essa diferença reduz para 15%. Esse fato permite que pelo efeito da menor redução na digestibilidade aos 90 DAP, se mantenha nessas parcelas, com maior aplicação de lodo de curtume, o fornecimento dessa forrageira com a idade de maturação mais elevada.

5.1.2.2 *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

5.1.2.2.1. Número de perfilhos e matéria seca

Para colheita aos 45 DAP, a densidade de perfilhos (Tabela 5.6) não mostrou diferença estatística entre tratamentos. Silva *et al.* (2005), usando doses de 20 e 40% de lodo de curtume e 60 % de esterco bovino como fonte de adubação em milho concluíram que o fato das plantas, nos tratamentos com lodo, terem tido seu desenvolvimento afetado, foi em função da presença do sal que reduz o processo de assimilação (osmose reversa). Para a produção de matéria seca, observou-se que todos os tratamentos em que aplicou-se lodo de curtume foram estatisticamente ($P < 0,05$) iguais apesar dos aumentos na produtividade de 272 a 655% com aplicação de lodo em relação a testemunha.

Aos 90 DAP, houve um aumento significativo do perfilhamento às doses crescentes do lodo mostrando que o número de perfilhos foi influenciado pela aplicação do lodo. No entanto, estatisticamente, não houve diferença significativa entre o tratamento 2 e a testemunha. Ou seja, o efeito o lodo apresentou-se à partir da aplicação da dose de $3,3 \text{ t ha}^{-1}$, que mostrou-se equivalente a aplicação de $6,6$ e $13,2 \text{ t ha}^{-1}$. O tratamento com aplicação de $26,4 \text{ t ha}^{-1}$ foi o único que apresentou diferença significativa sobre os demais onde apontou um perfilhamento 4,22 (322%) vezes maior que a testemunha (Tabela 5.6).

Observando o comportamento da produtividade de MS (Tabela 5.6), aos 45 DAP observou-se que não houve diferença entre os tratamentos que receberam lodo de curtume independente da dose, porém somente os tratamentos com $13,2$ e $26,3 \text{ t ha}^{-1}$ diferiram do tratamento sem aplicação de lodo (testemunha). Aos 90 DAP as diferenças foram significativas ($P < 0,05$), mostrando que doses crescentes de lodo são benéficas para esta variável, até à dose máxima de $26,4 \text{ t ha}^{-1}$. Neste estágio de maturação observou-se incrementos de 46 vezes no valor de MS em relação à testemunha enquanto que aos 45 DAP, o aumento foi de somente 7 vezes.

O mesmo comportamento observado neste experimento foi descrito por Borges *et al.* (2007), em que estudaram os teores de micronutrientes nas folhas de milho, de plantas

cultivadas em tubos de PVC e fertilizadas com lodo de curtume, adubo mineral (NPK) e Zn e verificaram que a adição de lodo de curtume ao solo foi benéfica. Nos tratamentos onde foi aplicado somente o lodo de curtume como fonte de nutrientes, a produção de fitomassa verde da parte aérea das plantas de milho tendeu a ser crescente com as doses do lodo.

Tabela 5.6 - Densidade de perfilhos e massa seca (g) parte aérea na *B. brizantha* cv. Marandu nas doses crescentes de lodo primário de curtume, em duas épocas de desenvolvimento (45 e 90 dias após o plantio – DAP)

Doses (t ha ⁻¹)	Tratamentos	Densidade de Perfilhos		MS parte aérea (g vaso ⁻¹)	
		45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP
0	1	6,0 a	6,0 c	0,18 b	0,25 d
1,65 (0,125%)	2	6,7 a	7,67 c	0,67 ab	2,96 cd
3,3 (0,25%)	3	7,0 a	14,0 b	0,90 ab	6,04 bcd
6,6 (0,5%)	4	8,3 a	14,33 b	1,27 ab	7,99 abc
13,2 (1%)	5	10,7 a	16,0 b	1,84 a	12,42 a
26,4 (2%)	6	8,7 a	25,33 a	1,36 a	11,54 ab

Valores seguidos de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

A Figura 5.7 mostra através da equação de regressão polinomial, que a partir da dose 16,78 t ha⁻¹ aos 45 DAP e 18,62 t ha⁻¹ aos 90 DAP, a produção de matéria seca decresce. Este fato provavelmente se deve em função do baixo aporte de potássio que o lodo ofereceu. Primavesi *et al.* (2006), avaliaram os nutrientes extraídos pela fitomassa de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetido à duas fontes de N e concluíram que a extração de K é grande nesta forrageira com produções elevadas de forragem. Santos Junior (2001), estudando a dinâmica de crescimento e nutrição do capim-marandu submetido a diferentes doses de nitrogênio, observou que tanto a produção de MS, quanto a área foliar foram alteradas pelas aplicações de nitrogênio. Em citações de Costa *et al.* (2008c), Monteiro *et al.* (1980), observou que na utilização do adubo nitrogenado é necessário o suprimento de potássio, para que não haja limitação do efeito do nitrogênio.

De acordo com a EMBRAPA-CNPQC (2007), o Marandu pode produzir de 8 a 20 t ha⁻¹ de matéria seca com aplicação de fertilizantes. A tabela 5.6 demonstra que convertendo os dados g vaso⁻¹ para kg ha⁻¹, aos 90 DAP, o Marandu produziria cerca de 8,29 t ha⁻¹ ao

adicionar a dose mais responsiva (13,2 t ha⁻¹) de lodo (tratamento 5). Provavelmente diante de uma complementação do lodo com adubação mineral potássica, haveria uma produção dentro da estimativa proposta pela EMBRAPA. Contudo, não pode-se descartar a hipótese de que uma menor produção de MS pode estar relacionada com a salinidade, comprovada pela alta condutividade elétrica do solo (Tabela 5.1) que foi maior que 4 dS m⁻¹ no tratamento com aplicação de 26,4 t ha⁻¹. De acordo com Santana *et al.* (2007), ao avaliar o efeito da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento da cana-de-açúcar, em quatro níveis de salinidade, concluíram que as variáveis vegetativas apresentaram crescimento inversamente proporcional à concentração de sais na água de irrigação. Estes autores revelam ainda que solo de textura argilosa promove maior retenção de sal elevando a condutividade elétrica redundando em queda das variáveis vegetativas.

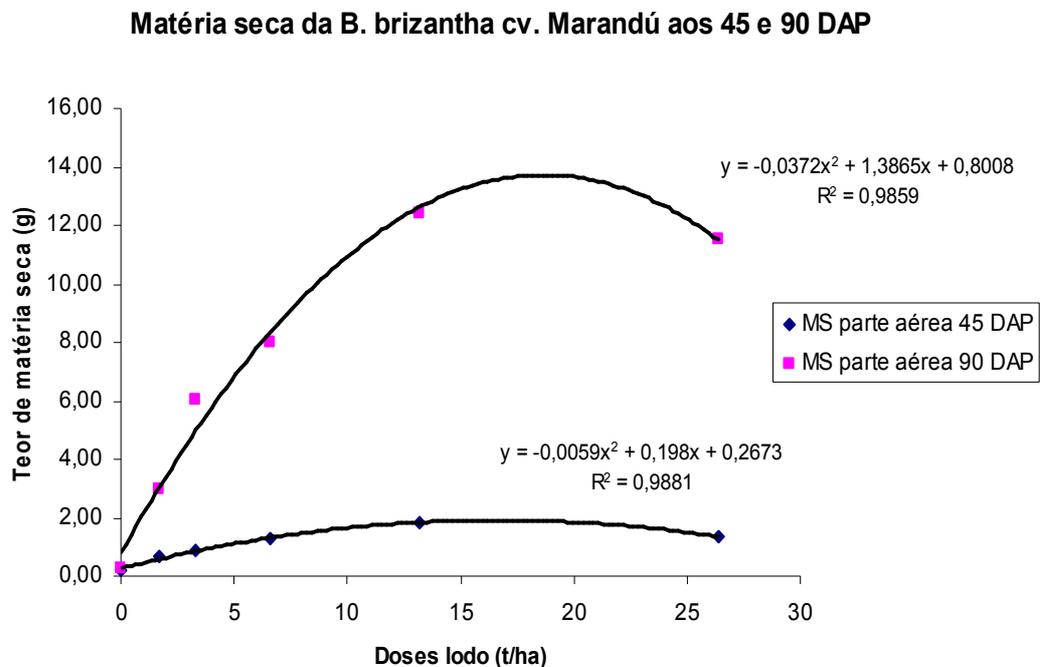


Figura 5.7 – Produção de matéria seca da *B. brizantha* cv. Marandú em função das doses crescentes de lodo de curtime de lodo aos 45 e 90 DAP.

O lodo portanto, oferece meios para uma produtividade satisfatória sem uso de fertilizante químico para essa forrageira. Minson (1990), citado por Bizinoto (2005), relata que a quantidade de matéria seca ingerida pelo animal, se constitui no principal fator a controlar a produção de ruminantes a pasto.

5.1.2.2.2 Proteína Bruta (PB) e Digestibilidade (DIVMO)

O material vegetal do tratamento testemunha não foi suficiente para realizar as análises deste item, assim como o tratamento com 1,65 t ha⁻¹ (tratamento 2), aos 45DAP, durante o procedimento analítico houve perda da amostra não sendo, portanto, analisado as variáveis proteína bruta (PB) e digestibilidade (DIVMO) para estes tratamentos (Tabela 5.7).

Tabela 5.7 - Teores percentuais de Proteína Bruta e digestibilidade da *B. brizantha* cv. Marandu nas doses crescentes de lodo primário de curtume, aos 45 e 90 dias após o plantio (DAP)

Doses (t ha ⁻¹)	Tratamentos	Proteína Bruta (%)		Digestibilidade (%)	
		45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP
0	1	_*	_*	_*	_*
1,65 (0,125%)	2	_**	7,12 c	_**	52,87 c
3,3 (0,25%)	3	10,67 ab	7,41 c	48,67 ab	53,89 c
6,6 (0,5%)	4	16,0 a	7,89 c	69,33 a	55,44 c
13,2 (1%)	5	17,33 a	11,22 b	74,0 a	62,00 b
26,4 (2%)	6	17,67 a	14,11 a	74,0 a	69,88 a

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)

* Sem material suficiente para análise** Material perdido em laboratório

Aos 45 DAP, (Tabela 5.7) não observou-se diferença estatística entre os teores de PB e digestibilidade. Esse fato atribui-se a maior variação dos dados em função dos problemas analíticos da testemunha e da menor dose de lodo aplicado. O que de fato observa-se em relação a PB é um incremento de até 65% entre o teor desta variável no tratamento com aplicação de 3,3 t ha⁻¹ e 26,4 t ha⁻¹. Porém os resultados são satisfatórios quanto ao teor encontrado, pois ficaram acima do proposto por Minson (1990), citado por Bizinoto (2005), onde afirma que os teores mínimos de proteína bruta encontrada nas pastagens, para melhor atividade dos microorganismos ruminais, são de 6,0 a 7,0% e Freitas *et al.* (2007), teores de PB superiores a 7% atendem satisfatoriamente ao requerimento mínimo dos ruminantes.

Aos 90 DAP para proteína bruta, registra-se que não houve diferença (P<0,05) entre os tratamentos que receberam 1,65 a 6,6 t ha⁻¹, mas observou-se diferença entre os tratamentos com 13,2 e 26,4 t ha⁻¹ com incrementos de 58% e 98%, respectivamente, em relação ao menor teor apresentado. Considerando que esses tratamentos apresentaram digestibilidade superior a 60% (Tabela 5.7) o teor apresentado é bastante satisfatório, pois além de fornecer um teor elevado de PB para uma forrageira tem-se uma maior produção de MS (Tabela 5.6) o que

possibilitará a manutenção de uma maior capacidade de suporte de animais em pastagem adubada com lodo de curtume.

De acordo com citações de Rodrigues *et al.* (2005), Burt (1998), explica que as adubações, principalmente a nitrogenada, além de aumentar a produção de massa seca, aumentam o teor de proteína bruta da forragem e, em alguns casos, diminuem o teor de fibra, contribuindo dessa forma para a melhoria da sua qualidade.

As figuras 5.8 e 5.9 mostram uma tendência linear de resposta no teor de proteína bruta e digestibilidade, sob doses crescentes de lodo nas duas épocas de amostragens. Ou seja, sob doses crescentes de lodo, o teor de proteína também é crescente e ultrapassa o proposto por EMBRAPA- CNPGC (2007), para esta espécie, onde os conteúdos de proteína bruta variam de 6,2 a 9,3% e dos teores de 7,6 a 9,8% encontrados por Barnabé (2007), quando avaliou a produção e composição químico-bromatológica do Marandu submetido a adubação com dejetos de suínos.

A diferença observada na digestibilidade entre o corte aos 45 e 90 DAP foi muito pequena. Normalmente espera-se de materiais com maior estágio de maturação como aos 90DAP uma redução grande na digestibilidade, pois com o passar dos dias ocorre um maior acúmulo de parede celular, consequentemente aumentando a fração celulose que reduz a digestibilidade do material. Como a pastagem estava sendo estabelecida nos vasos espera-se uma redução mais significativa da digestibilidade em estudos em campo estabelecido.

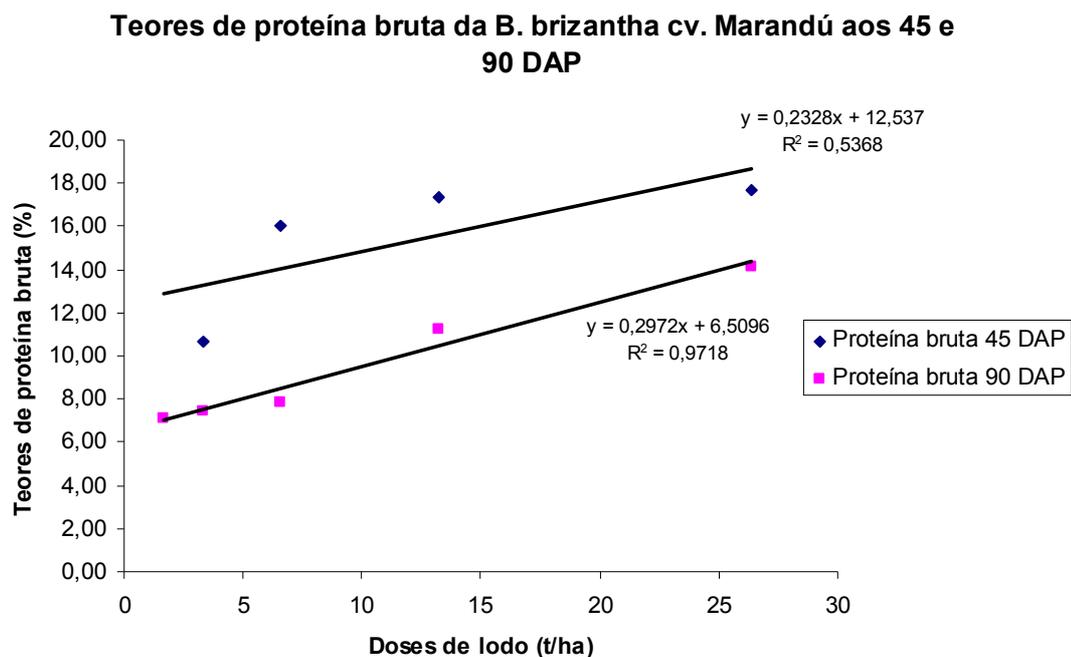


Figura 5.8 – Teor de proteína bruta da *B. brizantha* cv. Marandú em função das doses crescentes de lodo de curtume aos 45 e 90 DAP.

Teores de digestibilidade da *B. brizantha* cv. Marandú aos 45 e 90 DAP

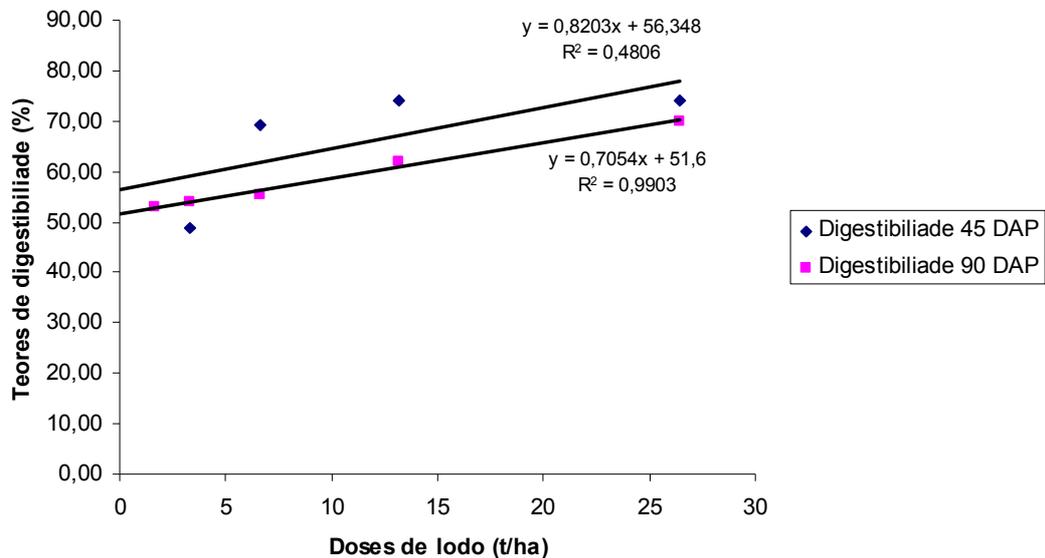


Figura 5.9 – Digestibilidade da *B. brizantha* cv. Marandú em função das doses crescentes de lodo de curtume aos 45 e 90 DAP.

Observando a digestibilidade, os resultados demonstram a mesma tendência observada para o incremento de PB aos 90 DAP, ou seja, não houve diferença ($P < 0,05$) entre os tratamentos com 1,65 a 6,6 t ha⁻¹, e observou-se diferença entre os tratamentos com aplicação de doses de 13,2 e 26,4 t ha⁻¹ de lodo de curtume. Ou seja, observa-se um aumento linear no com o aumento das doses de lodo.

No entanto, os teores encontrados nas duas épocas de colheitas, foram superiores aos relatados por EMBRAPA- CNPGC (2007) de 51,5 a 61,2% para esta espécie. Porém de acordo com Balch & Cook (1982) os valores mínimos de DIVMO considerados satisfatórios para o bom desempenho dos animais em pastejo é de 65%. Esta percentagem foi atingida a partir da dose 6,6 t ha⁻¹ aos 45 DAP e 26,4 t ha⁻¹ aos 90 DAP.

O aumento significativo dos teores de proteína e digestibilidade pode ser dado à maior absorção de nitrogênio pelas plantas como relata Costa *et al.* (2008b). Estes autores avaliaram a nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob doses crescentes de nitrogênio em Latossolo Vermelho, de textura argilosa e concluíram que em atenção ao pH ótimo para as bactérias dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* (pH > 6,0), houve rápida nitrificação do N-NH_4^+ . Os autores inferiram que as plantas absorveram mais N-NO_3^- do que

N^-NH_4^+ ocorrendo aumento linear da concentração foliar de N^-NH_4^+ e N^-NO_3^- com o incremento das doses de nitrogênio, que pode ser atribuído à rápida nitrificação.

Van Soest (1994), citado por Dias Filho (2007), afirma que a composição químico-bromatológica das plantas forrageiras, representada pelo teor de proteína bruta (PB) e digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca (DIVMO), dentre outros, assumem papel de grande importância na análise qualitativa da forragem uma vez que estas variáveis podem ter influência direta ou indireta no consumo voluntário de matéria seca e conseqüentemente, na produção animal.

5.1.2.3 *Panicum maximum* cv. Mombaça

5.1.2.3.1 Número de perfilhos e matéria seca

Esta variedade não mostrou variação na densidade de perfilhos em função das doses de lodo nas duas épocas de colheita, ao contrário da massa seca que mostrou-se influenciada aos 45 e 90 DAP (Tabela 5.8).

Em relação à produtividade de MS aos 45 DAP, observa-se que todos os tratamentos com aplicação do lodo de curtume foram significativamente maiores que a testemunha ($P < 0,05$). As maiores produtividades foram obtidas nos tratamentos com aplicação de 6,6 e 13,2 t ha⁻¹, apesar do tratamento com aplicação de 26,4 t ha⁻¹ ser a maior dose aplicada este não diferiu dos tratamentos com 3,3 e 6,6 t ha⁻¹. O lodo se mostrou benéfico para aumento da matéria seca até à dose de 13,2 t ha⁻¹, ou seja, na maior dose pode-se atribuir à salinidade, demonstrada pela elevada condutividade elétrica obtida (Tabela 5.2), o decréscimo na produtividade, uma vez que esta gramínea é altamente eficiente na utilização de fósforo e portanto, de acordo com EMBRAPA- CNPGC (2007), em função deste fator, apresenta maiores produções de MS.

Aos 90 DAP, os tratamentos 13,2 e 26,4 t ha⁻¹, representaram os tratamentos com maior produtividade de MS e estatisticamente iguais entre si, porém significativos ($P < 0,05$) em comparação com os outros tratamentos e a testemunha. A produção de matéria seca nestes tratamentos foi 129 e 147 vezes, respectivamente, maior que a testemunha mostrando que o lodo tem efeito benéfico para esta variável aos 90 DAP. Lavres Junior (2001), avaliando adubação mineral (N e K) em capim Mombaça verificou que houve um aumento de 12 vezes na produção de MS da menor para maior dose aplicada. Nesta época de colheita, os dados da tabela 5.8 mostram que a quantidade de matéria seca é altamente responsiva às doses de lodo

passando de 0,52 g para 3,90 g no menor tratamento e 0,95 para 19,23 g no maior tratamento no intervalo entre os 45 DAP e 90 DAP (Tabela 5.8).

Tabela 5.8 - Densidade de perfilhos e massa seca (g) no *Panicum maximum* cv. Mombaça nas doses crescentes de lodo primário de curtume, em duas épocas de desenvolvimento (45 e 90 dias após o plantio – DAP)

Doses (t ha ⁻¹)	Tratamentos	Perfilhos		MS planta	
		45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP
0	1	6,05 a	5,45 a	0,09 c	0,13 d
1,65	2	6,88 a	7,30 a	0,52 b	3,90 c
3,3	3	5,55 a	5,66 a	1,00 b	7,10 c
6,6	4	5,88 a	6,33 a	1,57 a	12,43 b
13,2	5	5,88 a	7,00 a	1,57 a	16,77 a
26,4	6	6,05 a	6,33 a	0,95 b	19,23 a

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

A figura 5.10, através da equação de regressão polinomial aos 45 DAP, mostra que a dose máxima de lodo de curtume para produção de matéria seca é de 14,93 t ha⁻¹. A partir desta quantidade, a produção cai consideravelmente como verifica-se na tabela 5.8. Aos 90 DAP, a resposta para esta variável é linear, ou seja, a produção de matéria seca é responsiva à adição crescente de lodo de curtume registrando-se efeito crescente mesmo com aplicação da maior dose 26,4 t ha⁻¹ de lodo de curtume.

De acordo com a EMBRAPA- CNPQC (2007), o Mombaça produz acima de 40 t ha⁻¹ de matéria seca em solos bem adubados. A tabela 5.8 demonstra que convertendo os dados g vaso⁻¹ para kg ha⁻¹, aos 90 DAP, o Mombaça produziria cerca de 12,82 t ha⁻¹ na maior dose (tratamento 6). O lodo não mostrou apto a substituir a fertilização mineral para esta forrageira sendo necessário, portanto, complemento dos minerais em deficiência neste resíduo, além de um estudo mais minucioso quanto a sua tolerância à salinidade.

Matéria seca do *Panicum maximum* cv. Mombaça aos 45 e 90 DAP

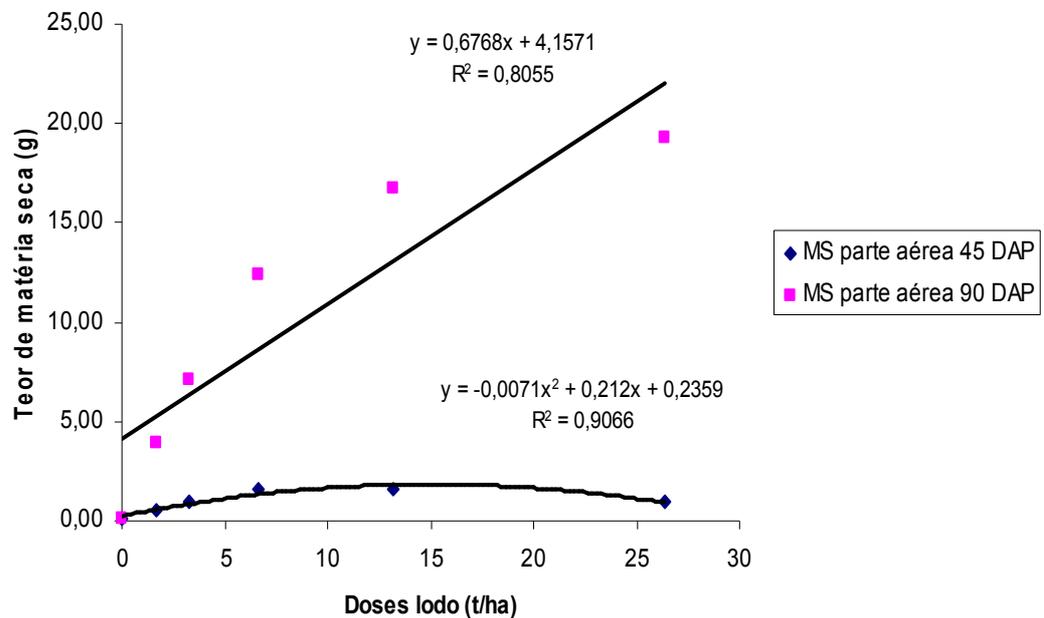


Figura 5.10 – Matéria seca de parte aérea do *P. maximum* cv. Mombaça em função das doses crescentes de lodo de curtume aos 45 e 90 DAP

5.1.2.3.2 Proteína Bruta e digestibilidade (DIVMO)

O material vegetal do tratamento testemunha não foi suficiente para realizar as análises deste item, assim como os tratamentos com 1,65 t ha⁻¹ (tratamento 2) e 3,3 t ha⁻¹ (tratamento 3), aos 45DAP, durante o procedimento analítico houve perda da amostra não sendo, portanto, analisado as variáveis proteína bruta (PB) e digestibilidade (DIVMO) para estes tratamentos (Tabela 5.9).

Para colheita aos 45 DAP, não houve diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos analisados para as duas variáveis (Tabela 5.9). Porém os teores de proteína e digestibilidade foram maiores que os padrões preconizados pela EMBRAPA - CNPGC (2007) que é de 12 e 63,4%, para época das águas, respectivamente nos tratamentos analisados.

Para colheita aos 90 DAP os tratamentos diferiram estatisticamente a partir da dose 6,6 t ha⁻¹ e foram estatisticamente iguais a partir da dose 13,2 t ha⁻¹ para proteína bruta e digestibilidade (Tabela 5.9). Os índices de proteína bruta e digestibilidade obtidos, nesta época, só foram satisfatórios, segundo EMBRAPA- CNPGC (2007), quando comparados aos teores desta gramínea na época da seca que é de 6 e 52,3% respectivamente. Na época das águas, os teores de proteína e digestibilidade desta forrageira são em torno de 12 e 63,4%,

respectivamente. Considerando que as irrigações diárias em casa de vegetação fizeram a função da chuva, os teores de proteína bruta e digestibilidade aos 90 DAP, produzidos pelo Mombaça, estão aquém do mínimo apontado para esta forrageira sob condições ideais de adubação.

Tabela 5.9 – Percentual de Proteína Bruta e Digestibilidade do *Panicum maximum* cv Mombaça nas doses crescentes de lodo primário de curtume, aos 45 e 90 dias após o plantio (DAP)

Doses (t ha ⁻¹)	Tratamentos	Proteína Bruta (%)		Digestibilidade (%)	
		45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP
0	1	_*	_*	_*	_*
1,65	2	_**	7,19 b	_**	53,10 b
3,3	3	_**	5,96 b	_**	51,10 b
6,6	4	15,27 a	7,17 b	73,34 a	51,80 b
13,2	5	16,50 a	10,50 a	74,00 a	59,80 a
26,4	6	16,88 a	10,80 a	75,67 a	61,34 a

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05)

* Sem material suficiente para análise

** Material perdido em laboratório

Porém, Freitas *et al.* (2007), afirmam que teores de proteína bruta superior a 7% atendem satisfatoriamente ao requerimento mínimo dos ruminantes. Desta maneira, a adubação com lodo foi benéfica para esta variável podendo substituir em parte a adubação mineral, mesmo não permitindo que o Mombaça demonstre todo o seu potencial.

Verificou-se que os teores de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica tiveram aumento em função das doses crescentes do lodo de curtume (Tabela 5.9). Esse fato pode ser atribuído aos teores crescentes de N à medida que se aumentou as doses do lodo. Os resultados se assemelham com os encontrados por Freitas *et al.* (2007) que em função do aumento das doses de nitrogênio aplicadas, observaram resposta linear para proteína bruta ao avaliar composição química-bromatológica do Mombaça submetido a diferentes doses de nitrogênio. Estes autores observaram teores de proteína bruta superiores a 7% para todas as doses utilizadas.

As figuras 5.11 e 5.12 mostram resposta crescente dos teores de proteína bruta e digestibilidade aos 45 e 90 DAP com tendência a estabilização com aumento das doses de lodo. O comportamento linear demonstra que a aplicação de lodo de curtume não causou prejuízo para as variáveis avaliadas, e isto pode favorecer o cultivo desta forrageira com a

suplementação de fontes minerais que irão dar suporte aos nutrientes fornecidos de forma desbalanceados quando se aplica resíduos industriais no solo. Como o lodo de curtume contribui com a suplementação principalmente de cálcio, nitrogênio e fósforo o uso de uma fonte de potássio e enxofre pode beneficiar o balanço ideal de nutrientes pelo capim Mombaça, que é considerado exigente em termos de fertilidade do solo. De acordo com citações de Schiavoni (2007), Rees (1981) afirma que o fósforo contribui para aumentar a produção de matéria seca das pastagens (Schunke *et al.* 1991).com conseqüente aumento da qualidade da forragem disponível

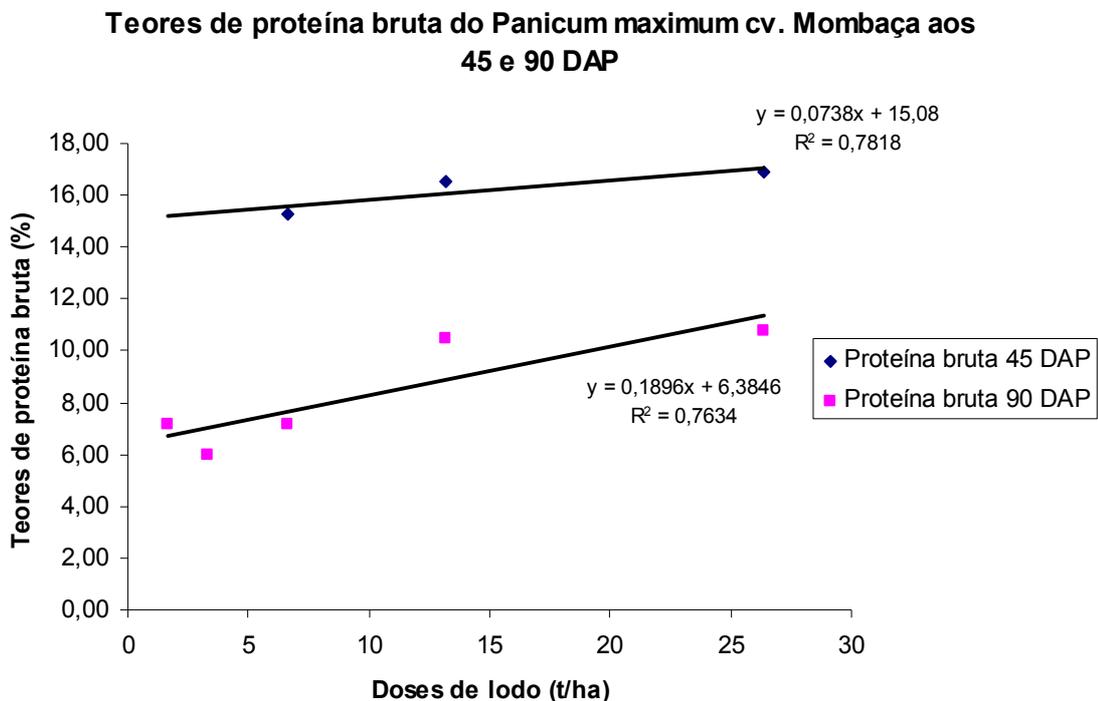


Figura 5.11 – Teor de proteína bruta do *P.maximum* cv. Mombaça em função das doses crescentes de lodo de curtume aos 45 e 90 DAP.

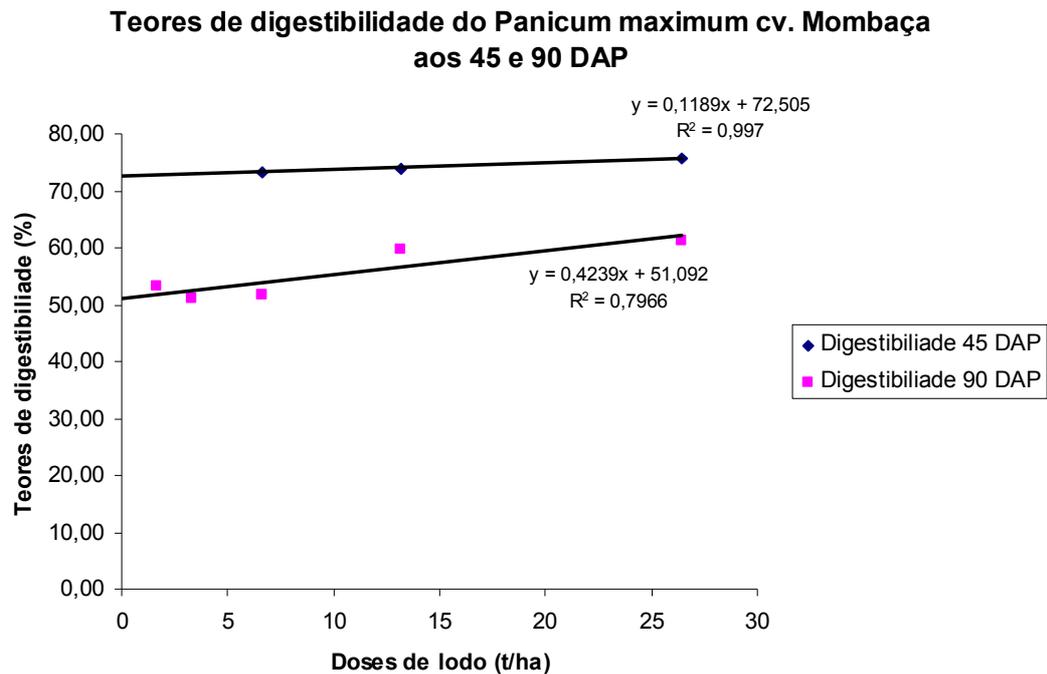


Figura 5.12 – Teor de digestibilidade do *P.maximum* cv. Mombaça em função das doses crescentes de lodo de curtume aos 45 e 90 DAP

5.2 EXPERIMENTO 2 – à campo

5.2.1 Solo

5.2.1.1 Condutividade elétrica (CE)

Dado a mobilidade do Sódio (Na), a condutividade aumentou sensivelmente (Tabela 5.10) em função das doses de lodo, o que indica que seu uso realmente carece de atenção quanto a esse risco potencial ainda que aplicado somente em superfície. Nas duas épocas de amostragem, 45 e 90 dias após aplicação (DAA) do lodo, os resultados foram estatisticamente significativos ($P < 0,05$) entre todos os tratamentos, com relação à testemunha. Porém, mesmo sob aumentos na condutividade elétrica, os valores mostram que a salinidade promovida pela adição de lodo está abaixo da máxima preconizada por Freire & Freire *et al.* (2007) que é de $CE \geq 4 \text{ dS m}^{-1}$ para considerar um solo salino.

A figura 5.13 mostra que a condutividade elétrica do solo é crescente com aumento das doses de lodo. Tanto na tabela 5.10 como na figura 5.13, observou-se que a condutividade elétrica foi maior na coleta realizada aos 90 DAA, sendo observado essa mesma característica

até no tratamento sem aplicação de lodo de curtume e adubação mineral. Somente a aplicação da dose correspondente a 1 e 2% de lodo de curtume na coleta aos 90 DAA, foi superior ($P < 0,05$) ao uso de adubo mineral.

Tabela 5.10 - Condutividade elétrica do solo, aos 45 e 90 dias após aplicação (DAA) de doses crescentes do lodo primário de curtume aplicado em pastagem implantada de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

Doses (t ha ⁻¹)	Tratamento	Condutividade (dS m ⁻¹)	
		45 DAA	90 DAA
0	1	0,24 d	0,33 e
10	2	0,29 d	0,44 d
20	3	0,38 c	0,56 c
40	4	0,55 b	0,87 b
80	5	0,73 a	1,0 a
Testemunha mineral (NPK)	6	0,26 d	0,55 c

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

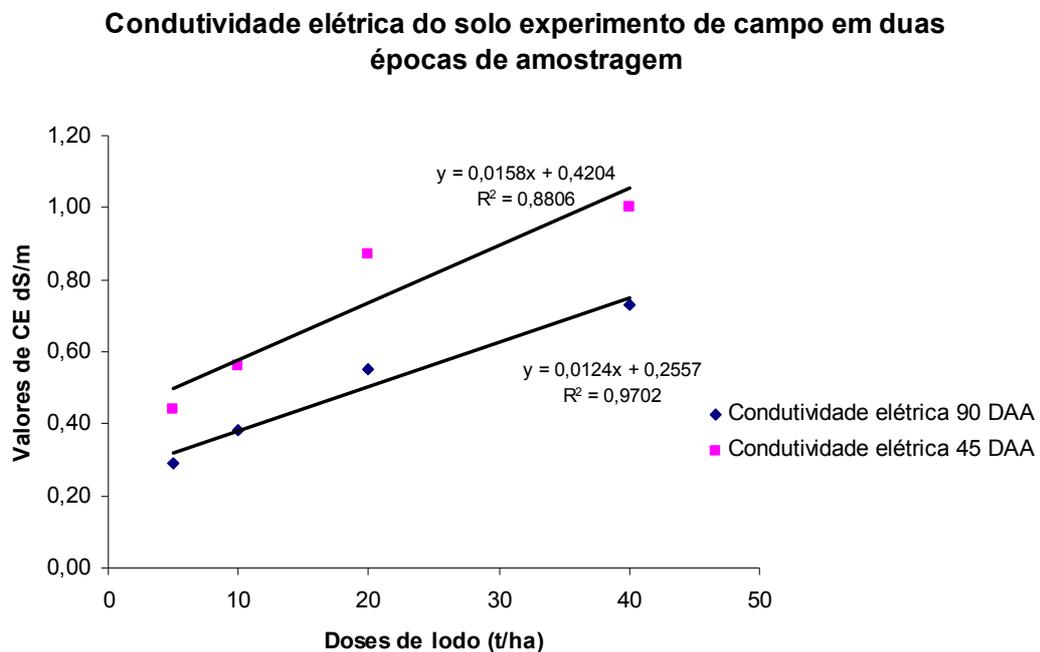


Figura 5.13 – Condutividade elétrica do solo do experimento de campo sob *Brachiaria brizantha* cv Marandu em 45 e 90 dias após aplicação do lodo.

Correlacionando com os dados do experimento em casa de vegetação, observa-se que os efeitos da condutividade elétrica foram muito superiores no ensaio em condições controladas. Observou-se em condições controladas (Tabela 5.2), valores de até 13,2 dS m⁻¹,

aos 45 DAP na maior dose (2%) de lodo aplicado, onde a CE deste tratamento foi 55 vezes superior em relação à testemunha do experimento em condições de campo. E para este mesmo tratamento (2%), aos 90 DAP, a CE foi 26 vezes maior que a testemunha do experimento de campo nesta mesma época. Esse fato, explica a importância de se avaliar também em condições de campo o efeito da aplicação de resíduos, em função dos experimentos à campo apresentarem resultados mais próximos do produtor rural.

5.2.1.2 Caracterização de atributos do solo após aplicação do lodo

A análise de solo mostrou que a adição das doses crescentes de lodo primário de curtume ou os fertilizantes minerais não alteraram os atributos na profundidade de 0 a 20cm do solo (Tabela 5.11). Esse fato não reflete o que havia sido observado nos experimentos de casa de vegetação. Entretanto, naqueles experimentos, o lodo era misturado completamente com o solo. No campo, tanto o lodo como os adubos foram dispostos superficialmente, ou seja, as reações ocorrem numa camada mais restrita do solo.

Tabela 5.11. Teores de nutrientes, em função das doses crescentes de lodo primário de curtume, aos 90 dias após aplicação em pastagem implantada de *B. brizantha* cv. Marandu

Trat. (t ha ⁻¹)	pH		P	MO	K	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H	Al+H	S	T	V
	CaCl ₂	água	mg dm ⁻³	g dm ⁻³	----- cmol _c dm ⁻³ -----									%
0	4,56	5,16	0,45	36,7	0,09	0,4	0,3	0,7	0,24	5,07	5,31	0,79	6,1	12,96
10	4,44	5,05	0,45	34,5	0,08	0,5	0,3	0,8	0,38	3,94	4,32	0,88	5,2	16,93
20	4,41	5,01	0,45	36,5	0,08	0,5	0,3	0,8	0,42	5,31	5,73	0,88	6,61	13,3
40	4,59	5,20	0,51	34,5	0,07	0,75	0,5	1,25	0,24	4,86	5,1	1,32	6,42	20,57
80	4,60	5,21	0,51	44,1	0,08	1,05	0,4	1,45	0,28	5,38	5,66	1,53	7,19	21,27
mineral	4,44	5,04	0,55	37,2	0,10	0,55	0,4	0,95	0,42	4,53	4,95	1,05	6	17,49

Teores médios ideais para este solo de acordo com Raij *et al.* 1996: P (4 – 6 mg dm⁻³), MO (20 - 40 mg dm⁻³); K (0,1 – 0,2 cmol_c dm⁻³); Ca (2 – 4 cmol_c dm⁻³); Mg (0,5 – 1 cmol_c dm⁻³); Ca + Mg (2,5 – 5 cmol_c dm⁻³); SB (2 – 3,6 cmol_c dm⁻³); T (4,5 – 8,6 cmol_c dm⁻³); V (40 - 60%).

No experimento em casa de vegetação (Tabela 5.3) observou-se alteração no pH onde na maior dose de lodo de curtume (2%), o pH chegou a 7,23, enquanto que no experimento de campo, para a mesma dose aplicada, o valor foi a 5,21 (Tabela 5.11). Ou seja, não observou-se em campo o potencial do lodo de curtume para neutralizar a acidez do solo. Se

observarmos o Al (Tabela 5.11), percebe-se que, assim como o pH, o lodo de curtume não atuou na redução do alumínio tóxico. Neste experimento ficou claro que o lodo de curtume apesar de apresentar grande quantidade de cálcio não é um corretivo de acidez do solo, uma vez que o elemento que promove a redução da acidez e do alumínio tóxico no solo é o OH⁻.

Todos os elementos avaliados no experimento em condições de campo foram diferenciados do experimento em casa de vegetação. Observa-se que comparando os dados da tabela 5.3 com os dados da tabela 5.11, não observou-se incremento em nenhum tratamento com aplicação de lodo de curtume.

Essa divergência observada entre os resultados, demonstra que são necessários novos experimentos, principalmente à campo, para confirmar se o lodo de curtume pode ser aplicado sem prejuízos para a produtividade das pastagens e definir a melhor dose para sua aplicação.

Levando-se em consideração que há uma necessidade de disposição deste resíduo, observou-se que mesmo a aplicação de 80 t ha⁻¹, não foi suficiente para promover alterações nos atributos químicos do solo. Sendo o solo um reconhecido corpo receptor de resíduos, pelo seu poder tampão, a experimentação à campo permitiu observar que é necessário um monitoramento da disposição, uma vez que alterações significativas foram obtidas no experimento em condições controladas, mas que a disposição pode ser realizada em solo, principalmente os de textura argilosa que apresentam maior capacidade de retenção de íons.

5.2.2 Planta

5.2.2.1 Proteína Bruta (PB) e Digestibilidade (DIVMO)

Para colheita aos 45 DAA, (Tabela 5.12) os teores de proteína bruta foram influenciados pela adubação com lodo de curtume apresentando diferença estatística ($p < 0,05$) entre o tratamento que recebeu a maior dose de lodo e os demais. A adubação mineral com NPK foi estatisticamente inferior ($p > 0,05$) ao tratamento sem adição de lodo e igual ao tratamento com a menor dose de lodo. Para digestibilidade, apenas o tratamento 5 com 2% de lodo de curtume foi significativo ($p < 0,05$) em relação aos outros tratamentos e onde houve fertilização mineral, o resultado foi estatisticamente igual ao tratamento sem adição de lodo e inferior aos tratamentos com as maiores doses de lodo.

Para colheita aos 90 DAA, a parcela que recebeu 40 t ha⁻¹ de lodo, obteve o maior valor de proteína bruta (4,37%) diferindo dos demais tratamentos com adição de lodo e adubação mineral. Entretanto, esta variável apresentou decréscimo nos teores em todos os

tratamentos quando comparado à colheita aos 45 DAA. Van Soest (1982), relata que quando as plantas permanecem crescendo, ocorre maior acúmulo dos constituintes da parede celular e, conseqüentemente, aumentos na fração fibrosa, enquanto os teores de proteína bruta e digestibilidade “*in vitro*” da matéria seca diminuem. O teor de proteína bruta para plantas consideradas maduras, é em torno de 6,2% segundo Vilela (2007).

Tabela 5.12 - Percentual de Proteína Bruta e Digestibilidade da *B. brizantha* cv. Marandu em rebrota sob doses crescentes de lodo primário de curtume ou adubação química aos 45 e 90 DAA

Doses (%)	Tratamentos	Total de lodo aplicado	Proteína Bruta		Digestibilidade	
			45	90	45	90
			DAA		DAA	
0	1	0 t ha ⁻¹	5,47 bc	3,67 bc	46,55 b	39,43 a
0,25%	2	5 t ha ⁻¹	5,08 cd	3,65 bc	46,40 b	37,04 a
0,5%	3	10 t ha ⁻¹	5,82 b	3,53 bc	46,20 b	36,19 a
1%	4	20 t ha ⁻¹	5,70 bc	3,77 b	44,61 bc	38,89 a
2%	5	40 t ha ⁻¹	7,16 a	4,37 a	49,15 a	36,89 a
Mineral*	6	0 t ha ⁻¹	4,77 d	3,25 c	43,57 c	36,56 a

Valores seguidos de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). * mineral = 100 kg de N, 100 kg de P₂O₅ e 100 kg de K₂O

O teor de PB obtido com aplicação de lodo de curtume e adubação mineral foi inferior ao esperado. Desta maneira o lodo aplicado superficialmente não proporcionou condições ou não foi aplicado em quantidades ideais para que as plantas pudessem atingir o mínimo preconizado.

Para digestibilidade, os resultados não foram significativos ($P < 0,05$) em todos os tratamentos (45 e 90 DAA) ficando abaixo do relatado por Balch & Cook (1982), onde os valores mínimos de DIVMO para animais em pastejo é de 65%. Vilela (2007) afirma que o Marandu em idade madura, o teor de digestibilidade é em torno de 46%. Da primeira colheita (45 DAA) para segunda (90 DAA), houve uma queda em torno de 30% no teor de digestibilidade da forrageira concordando com resultados encontrados por Mari (2003), em que o aumento na maturidade do capim Marandu (maiores intervalos entre cortes) resultou em queda na digestibilidade da forragem (63,9% aos 15 dias a 52,1% aos 90 dias).

Outro fato que pode ter influenciado os resultados, é o estágio inicial da pastagem, mesmo realizando-se o corte de uniformização pode-se esperar que condições climáticas desfavoráveis atuem na área. Por estes motivos observa-se uma divergência grande entre a

etapa desenvolvida em condições controladas, em casa de vegetação, e o experimento desenvolvido em campo.

Os valores de proteína e digestibilidade aos 90 DAA são considerados baixos. Esse fato pode ser atribuído, provavelmente, ao longo período de rebrotação o que elevou a maturidade dos tecidos estando abaixo dos valores relatados por Hernandez *et al.* (1995) (7,0 a 9,6% de PB) para *B. brizantha* cv. Marandu sob regime de lotação intermitente e Andrade (2003) (11,3 a 13,7% de PB) sob lotação contínua e solo de elevada fertilidade. Porém os valores de proteína bruta aos 45 DAA estão superiores aos relatados por Bittencourt & Veiga (2001) (5,3% no inverno e 4,8% no verão de PB) para capim Marandu em propriedades rurais no Estado do Pará.

Machado *et al.* (1998) citado por Freitas *et al.* (2007), relata que teores de PB inferiores a 7% são limitantes à produção animal, causando menor consumo voluntário, redução na digestibilidade e balanço nitrogenado negativo. Com base nessa afirmação, pode-se constatar que o capim Marandu não atenderia satisfatoriamente aos requerimentos mínimos dos ruminantes com qualquer uma das doses de lodo utilizadas nas duas épocas.

As figuras 5.14 e 5.15 demonstram que os teores de proteína bruta e digestibilidade são inversamente proporcionais aos 45 e 90 DAA. Enquanto há aumento na primeira variável, a segunda vai ficando cada vez mais distante do ideal para alimentação de animais a pasto como relatado anteriormente. Esse fato pode estar correlacionado com o período de coleta (veranico) que colaborou para maior produção de lignina e celulose pela planta, diminuindo a digestibilidade.

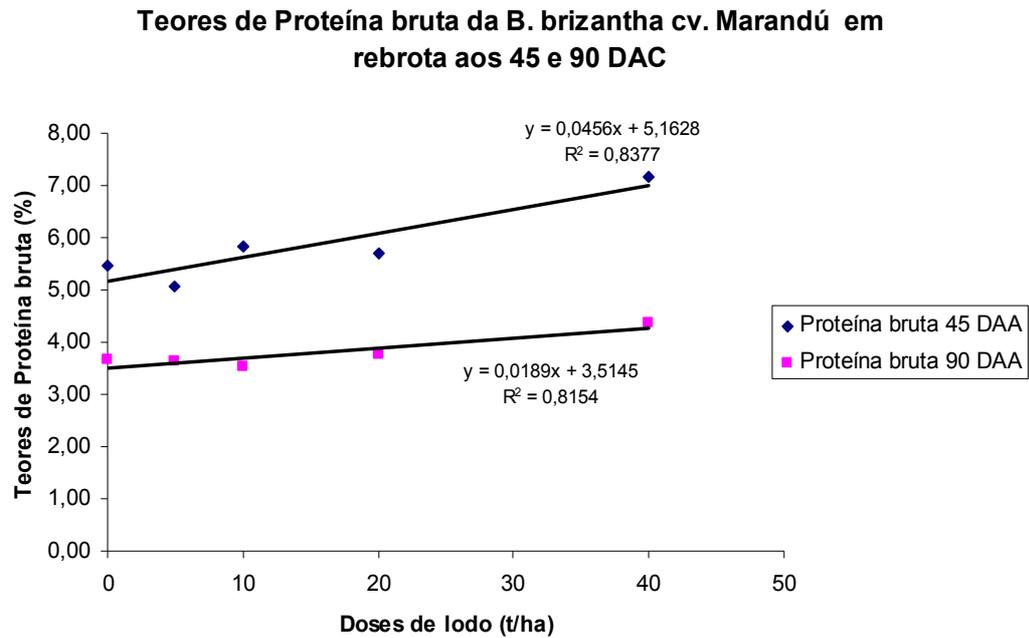


Figura 5.14 – Teores de proteína bruta da *Brachiaria brizantha* cv Marandú aos 45 e 90 dias após o corte e aplicação do lodo de curtume a campo.

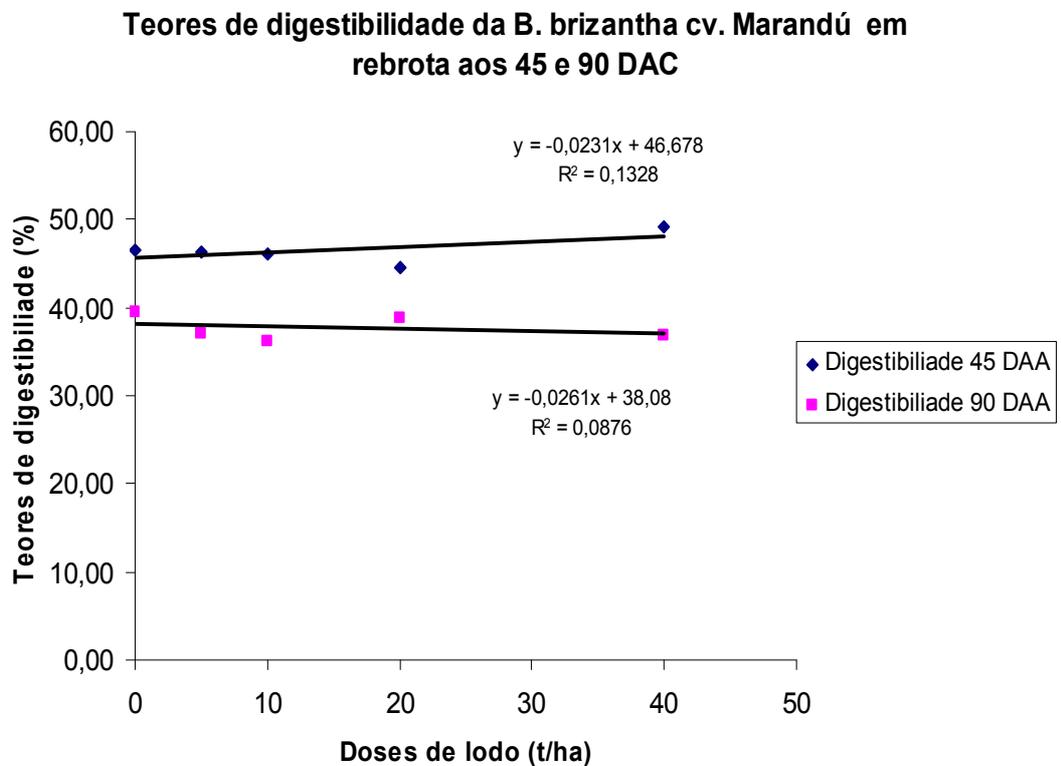


Figura 5.15 – Teores de digestibilidade da *Brachiaria brizantha* cv Marandú aos 45 e 90 dias após aplicação do lodo de curtume a campo.

O experimento 1 e 2 revela que o lodo de curtume deve ser mais pesquisado pois apresenta em sua composição, potencial para ser utilizado como fertilizante em forrageiras. Acredita-se que as divergências entre os resultados obtidos nas condições de campo e casa de vegetação, implicam em questionamentos sobre o comportamento da aplicação deste resíduo. Cabe ressaltar que provavelmente os dados obtidos em campo são menos confiáveis do que os realizados em casa de vegetação. Este fato pode ocorrer em função dos fatores externos, que são controlados quando o estudo é realizado em casa de vegetação. Por se tratar de pesquisa exploratória, optou-se por manter os dados obtidos, mesmo que aparentemente possa ser considerados divergentes.

Em casa de vegetação, o lodo de curtume proporcionou melhorias na fertilidade do solo aumentando os teores de cálcio, fósforo, magnésio, enxofre e fazendo efeito corretivo ao zerar o teor de alumínio desde a primeira dosagem aplicada. A leguminosa Estilosantes Mineirão se mostrou altamente sensível à salinidade do solo a partir da dose de $13,2 \text{ t ha}^{-1}$. Aos 45 DAA, atingiu os teores mínimos (12%) de proteína bruta, característico de sua espécie, obtendo 17,12% sob a dose de $3,3 \text{ t ha}^{-1}$. Para digestibilidade, o mínimo característico (52%) foi obtido desde a primeira dose com lodo com aumentos lineares à doses crescentes. Já as gramíneas, tiveram respostas produtivas semelhantes aos 45 DAA e distintas aos 90 DAA para densidade de perfilhos e matéria seca. A *Brachiaria brizantha* cv Marandu obteve melhor resposta em perfilhar enquanto que a *Panicum maximum* cv Mombaça, obteve melhor resposta na produção de matéria seca em todas as doses aplicadas. Para proteína e digestibilidade, a resposta de ambas para estas variáveis é de aumento linear dos teores, à doses crescentes de lodo.

O Marandu atingiu seus teores característicos de proteína bruta, quando em solo adubado na época das águas, desde a menor dose de lodo ($3,3 \text{ t ha}^{-1}$) aos 45 DAA e a partir de $13,2 \text{ t ha}^{-1}$ aos 90 DAA com teores de 10,67 e 11,22% respectivamente. Para digestibilidade, essa forrageira atingiu seus teores nas mesmas condições relatadas, a partir da dose de $6,6 \text{ t ha}^{-1}$ aos 45 DAA e de $13,2 \text{ t ha}^{-1}$ aos 90 DAA com valores de 69,33 e 62,0%, respectivamente. Esses resultados mostram que o lodo desempenhou bem o papel de corrigir e adubar o solo para esta forrageira. Já o Mombaça, só atingiu seus teores característicos de proteína e digestibilidade, quando em solo adubado na época das águas, aos 45 DAA obtendo teor de 15,27% e 73,34% sob dose de $6,6 \text{ t ha}^{-1}$.

Já em campo não se observou efeito do lodo nos atributos de solo e na produtividade de MS, PB e digestibilidade da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A aplicação do lodo de curtume promoveu alcalinidade no pH do solo no experimento em casa de vegetação, com tempo de reação inferior a 45 dias. Porém não alterou o pH em condições de campo.

A condutividade elétrica do solo foi aumentada linearmente com a aplicação de lodo de curtume sob condições controladas e à campo. Os valores superiores em condições controladas, indica que deve-se monitorar áreas, com disposição contínua, com relação à salinidade que o lodo pode promover.

Os demais atributos de solo avaliados foram incrementados no experimento em casa de vegetação e não foram alterados em condições de campo.

As plantas forrageiras em condições controladas apresentaram aumento de PB, digestibilidade e tiveram de maneira geral redução na produtividade de MS com a maior dose de lodo aplicado. O Marandu se mostrou mais responsivo à adubação com lodo de curtume uma vez que obteve maior perfilhamento e atendeu ao mínimo exigido para PB e digestibilidade.

Em condição de campo a *Brachiaria Brizantha cv. Marandu* não respondeu com a aplicação de lodo de curtume e aos 45 dias após a aplicação e do lodo e adubação mineral aos 90 dias após aplicação.

Embora não tenha sido analisado, devido a aspectos técnicos, a presença de cromo solúvel provavelmente não seria encontrada no solo em função do pH acima de 6,5, no final do experimento o que torna este metal insolubilizado no solo.

Há viabilidade na aplicação do lodo de curtume, sendo necessário realizar monitoramento para garantir que não ocorra efeito deletério de sua aplicação.

Um estudo mais específico dessa característica do lodo, advindo de tecnologia limpa, pode ser tema de futuros trabalhos quanto à avaliação das características físicas e químicas do solo após sua aplicação como também, sua influência na disposição nutrientes do solo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPET. **Avaliação para tratamento e disposição em solo.** Disponível em: <<http://www.abipet.org.br/eng/noticia.php?id=43&pg=2>>. Acesso em Dezembro de 2007.

ANDRADE, F. M. E. **Produção de forragem e valor alimentício do capim Marandu submetido a regimes de lotação contínua por bovinos de corte.** Piracicaba, 2003. 126p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

ARAÚJO, A. S. F.; CARVALHO, A. J. S.; SANTOS, F. J. S. et al. **Crescimento e nodulação de mudas de leucena e algaroba em solo com adição de lodo de curtume.** Revista Caatinga, Mossoró/RN, V.19, Nº 1, p.20-24, 2006.

ARAÚJO, A. D. S.; MONTEIRO, R. T. R. **Indicadores biológicos de qualidade do solo.** Bioscience Journal, Uberlândia/MG, V. 23, Nº 3, p. 66-75, 2007.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis.** Arlingt, v.1, p.72-74, 1990.

BALCH, C. C. COOK, G. W. **The efficiency of nutrients and energy in plant and animal production systems.** In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL POTASH INSTITUTE ON OPTMIZING YIELDS – THE ROLE OF FERTILIZERS. 12., Goslar, 1982. **Proceedings.** International Potash Institute, Bern: 1982. p.71-74.

BARCELAR, C. A.; ROCHA, A. A.; LIMA, M. R.; POHLMANN, M. **Efeito residual do lodo de esgoto alcalinizado em atributos químicos e granulométricos de um cambissolo húmico.** Trabalho apresentado na 24ª Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Santa Maria/RS, 2000.

BARNABÉ, M.; ROSA, B.; LOPES, E.; ROCHA, G.; PINHEIRO, E.; FREITAS, K. **Produção e composição químico- bromatológica da *Brachiária brizantha* cv. Marandu adubada com dejetos líquidos de suínos.** Ciência Animal Brasileira, Goiânia, V.8, Nº 12, p.435-446, 2007.

BARROS, M. A. S. D.; ARROYO, P. A.; SOUSA-AGUIAR, E. F. ; SEGARRA, V. “Problemas Ambientais com Soluções Catalíticas. I. O Cromo no Processamento de Peles”. **Capítulo IV “O processamento de Peles”.** Ediciones CYTED, Madrid/Espanha, 2001.

BITTENCOURT, P.C.S.; VEIGA, J.B. **Avaliação de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em propriedades leiteiras de Ururá, região da Transamazônica, Para, Brasil.** **Pastures Tropicales**, v. 23, n.2, p.2-9, 2001.

BIZINOTO, A. L. **Efeito da ingestão de cromo sobre o ganho de peso e de alguns constituintes sangüíneos de bovinos mantidos em pastagens do cerrado.** Uberlândia/MG:

2005. 102 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal de Uberlândia.

BORGES, J. D.; BARROS, R. G.; SOUZA, E. R. B.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P.; LEANDRO, W. M. et al. **Teores de micronutrientes nas folhas de milho fertilizadas com lodo de curtume**. Bioscience Journal, Uberlândia/MG, V. 23, Nº 2, p. 1-6, 2007.

BRASIL, 2006. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 27 DE 05 DE JUNHO DE 2006. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=16951>. Acesso em Março de 2008.

BRAZILIAN LEATHER. **Principais estatísticas**. Disponível em: <http://www.brazilianleather.com.br/conteudo.aspx?id=19&lingua=1>. Acesso em Março de 2008.

BRAZILIAN LEATHER. **Exportações de couro no primeiro bimestre de 2008**. Disponível em: <http://www.brazilianleather.com.br/noticia.aspx?id=401&lingua=1>. Acesso em Março de 2008.

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**. Tópicos Ciência do Solo, V.4, 391-470, 2005.

CASTILHOS, D. D. **Alterações químicas e biológicas do solo resultante da adição de resíduos de curtume e cromo hexavalente**. Porto Alegre: 1998. 196p. Tese (Doutorado em Agronomia – Solos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CAVALLET, L. E.; SELBACH, P. A.; GIANELLO, C. **Concentração de cromo no Sistema solo-planta-percolado em função da aplicação de resíduos de curtume em um Argissolo de estância velha (RS)**. Scientia Agraria, V.8, Nº 1, p.87-93, 2007.

CLAAS, I. C.; MAIA, R. A. M. **Manual básico de resíduos industriais de curtume**. Porto Alegre: Senai-RS, 1994. 664p.

COURONEWS. **Couro brasileiro é um negócio de R\$ 50 bi que gera divisas e empregos ao país**. Disponível em: http://www.couro.news.com.br/Perfil%20do%20Setor/view.htm?id=219440&ca_id=19. Acesso em Março de 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, 180p

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Lodos de curtumes – critérios para o uso em áreas agrícolas e procedimentos para apresentação de projetos** – Manual Técnico P 4.233. São Paulo, 1999b. 35p.

COSTA, C. N.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V. et al. **Efeito da adição de lodos de curtume sobre as alterações químicas do solo, rendimento de matéria seca e**

absorção de nutrientes em soja. Revista Brasileira de Agrociência, V.7 N° 3, p.189-191, 2001.

COSTA, K. A. P. ; FAQUIN, V.; BORBA, P. V.; ANDREOLLI, C. T. et al. **Nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob doses de nitrogênio.** In: 45ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Lavras/MG, 2008.

COSTA, K. A. P. ; FAQUIN, V.; BORBA, P. V.; ANDREOLLI, C. T. et al. **Nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha* sob doses de nitrogênio.** In: 45ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Lavras/MG, 2008b.

COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P.; BORBA, P. V. D.; ANDREOLLI, C. T. et al. **Características produtivas e fisiológicas do capim-xaraés submetidas a doses de nitrogênio e potássio.** In: 45ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Lavras/MG, 2008c.

DECRETO Nº 4.954 DE 14 DE JANEIRO DE 2004. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=5473>>. Acesso em Março de 2008.

DIAS FILHO, J. G. **Caracterização biométrica e qualidade dos capins *Brachiária* e áries submetidos a doses de nitrogênio.** São Paulo: 2007. 46 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de Marília.

DIAS FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: Processos, causas e estratégias de recuperação.** 3ª ed.. Belém, PA: Embrapa Oriental, p.19-53, 2007.

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.

EMBRAPA GADO DE CORTE. Comunicado Técnico nº 49. **Recomendações para estabelecimento e utilização do *Stylosanthes guianensis* cv. *Mineirão*,** 1993.

_____. **Mombaça - Cultivar de *Panicum maximum*.** Campo Grande, 2007. Folder.

_____. **Marandu - Cultivar de *Brachiária brizantha*.** Campo Grande, 2007. Folder.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro/RJ. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306p.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; TEDESCO, M. J.; BISSANI, C. A.; **Alterações de atributos químicos e biológicos de solo e rendimento de milho e soja pela utilização de resíduos de curtume e carbonífero.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, V.27, N° 3, Viçosa, 2003.

- FOWLER, R. B. **Disposição de resíduos industriais no solo para fins agrícolas.** In: ANAIS DO SEMINÁRIO SOBRE GESTÃO SUSTENTÁVEL DOS SOLOS AGRÍCOLAS. Curitiba: UFPR - Departamento de Solos e Engenharia Agrícola - Projeto Solo Planta, 2002. 93 p.
- FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J. **Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais.** In: Fertilidade do solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1ª Edição, p. 929-954, 2007.
- FREITAS, K. R.; ROSA, B.; RUGGIERO, J. A.; NASCIMENTO, J. L. et al. **Avaliação da composição químico – bromatológica do capim Mombaça (*Panicum maximum* jacq.) submetido a diferentes doses de nitrogênio.** Bioscience Journal, Uberlândia/MG, V. 23, Nº 3, p.1-10, 2007.
- GODOI, E. L.; BORGES, J.D.; LEANDRO, W. M. **Índices de cobertura vegetal e fitomassa de *Stylosanthes guianensis* Cv. Mineirão em área degradada, fertilizada com adubo mineral e biossólido.** Pesquisa Agropecuária Tropical, V. 38, Nº 1, p. 21-26, 2008.
- HERNANDEZ, M.; ARGEL, P.J.; IBRAHIM, M.A.; MANNETJE, T. **Pasture production, diet selection and liveweight gains of cattle grazing *Brachiaria brizantha* with or without *Arachis pintoi* at two stocking rates in the Atlantic Zone of Costa Rica.** Tropical Grasslands, v.29, p.134-141, 1995.
- HOINACKI, E.; MOREIRA, M.V.; KIEFER, C.G. **Manual básico de processamento do couro.** Porto Alegre: SENAI, Estância Velha, Centro Tecnológico do Couro, 1994. 402p.
- KONRAD, E. E.; CASTILHOS, D. D. **Atividade microbiana em um planossolo após a adição de resíduos de curtume.** Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v. 7, p. 131-135, 2001.
- LAVRES JUNIOR, J. **Combinações de doses de Nitrogênio e Potássio para o capim-Mombaça.** Piracicaba/SP: 2001. 115 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificação e fatos.** Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba/SP, 1994. 119 p.
- MARI, L.J. **Intervalo entre cortes em capim-Marandu (*Brachiaria brizantha* Hoehst. ex A. Rich. Stapf cv. Marandu) Produção, valor nutritivo e perdas associadas a fermentação de silagem.** Piracicaba, 2003. 159p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo
- MARTEN, G.C.; SHENK, J.S.; BART II, F.E. **Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS), analysis of forage quality.** Washingt: USDA, ARS, 1985. 110 p. (Agriculture Handbook, 643).

- MARTHA JUNIOR, G. B.; CORSI, M. **Pastagens no Brasil: situação atual e perspectivas.** In: REVISTA PREÇOS AGRÍCOLAS, Piracicaba/SP, N° 171, p.3-6, 2001.
- MARTINES, A. M. **Impacto do lodo de curtume nos atributos biológicos e químicos do solo.** São Paulo: 2005. 74 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola superior de Agricultura, Universidade de São Paulo.
- MARTINES, A. M.; ANDRADE, C. A.; CARDOSO, E. J. B. N. **Mineralização do carbono orgânico em solos tratados com lodo de curtume.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, V.41, N° 7, p.1149-1155, 2006.
- MEHLICH, A. **Determination of P, Ca, Mg, K, Na, and NH_4 .** Raleigh: North Caroline Soil test Div, 1953.
- MEHLICH, A. Mehlich-3 soil test extractant: a modification of Mehlich-2 extractant. **communications in Soil Science and plant analysis**, V. 15, p. 1409-1416, 1984.
- MELO, J. W.; MARQUES, M. O.; MELO, V. P.; CINTRA, A. A. D. **Uso de resíduos em hortaliças e impacto ambiental.** Horticultura Brasileira, V. 18, p 67-82, 2000.
- MELO, W. J. & MARQUES, M.O. **Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas.** In: BETTIOL, W. & CAMARGO, O.A., eds. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.109-141.
- MELO, V. P.; BEUTLER, A. N.; SOUZA, Z. M.; CENTURION et al. **Atributos físicos de Latossolos adubados durante cinco anos com biossólido.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, V.39, N°1, p.67-72, 2004.
- MOORE, J.E.; MOTT, G.O. Recovery of residual organic matter from *in vitro* digestion of forages. **Journal of Dairy Science**, v.57, n.10, p.1258-1259, 1974.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requeriments of dairy cattle.** 7. ed. Washingt: National Academy, 2001. 381 p.
- NOTA TÉCNICA. Utilização de resíduos sólidos. **ABNT NBR 10004:2004 – Resíduos sólidos – Classificação.** Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/imagens/NOTATECNICA CONSOLIDADOFINAL.pdf>>. Acesso em Maio de 2008.
- O GLOBO ONLINE. **Artigo: Couro brasileiro agrega valor.** Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/opiniao/mat/2007/04/26/295524220.asp>>. Acesso em Janeiro de 2008.
- OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo.** Brasília: EMBRAPA, 1991. 392p.
- OLIVEIRA, F. C.; MATIAZZO, M.E.; MARCIANO, C.R. & ROSSETO, R. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. R. Bras. Ci. Solo, 26:505-519, 2002.

- PACHECO, J. W. F.. **Curtimes**. São Paulo : CETESB, 2005. 76 p. (Série P + L). Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em Junho de 2005.
- PRIMAVESI, A. C.; PRIMAVESI, O.; CORRÊA, L. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. **Nutrientes na fitomassa de capim-Marandu em função de fontes e doses de nitrogênio**. Revista Ciências Agrotecnologia, Lavras, V. 30, Nº 3, p.562-568, 2006.
- RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991, 343p.
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996, 285p. (Boletim Técnico, 100).
- RANGEL, O. J. P.; BETTIOL, C. A. S.; BETTIOL, W. et al. **Acúmulo de cu, mn, ni, pb e zn em latossolo vermelho adubado com fontes de lodo de esgoto e cultivado com milho**. Revista Ciências Agrotecnologia, Lavras, V. 28, Nº 1, p. 15-23, 2004.
- Resolução do CONAMA 357, de 17 março 2005. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **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, março 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em Dezembro de 2007.**
- RODRIGUES, A.L.M.; ANGHINONI, M.C.M.; TEDESCO, M.J. et al. **Critérios técnicos para disposição no solo de resíduos sólidos de curtume**. In: CONGRESSO DA UNIÃO INTERNACIONAL DOS QUÍMICOS E TÉCNICOS DA INDÚSTRIA DO COURO, 1993, Porto Alegre. **Boletim**. Ed. Fundação Estadual de Proteção Ambiental, Porto Alegre: FEPAM, 1993. 14p.
- RODRIGUES, R. B.; COSTA, K. A. P.; OLIVEIRA, I. P. et al. **Efeito da adubação nitrogenada na produção de massa seca e composição bromatológica de cultivares de *Brachiária brizantha***. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS, 2005.
- ROPKE, C. R.V. y MAUCH, E. P. **“Competitividade das exportações brasileiras de couro”**. In: Observatorio de la Economía Latinoamericana, Nº 71, 2006.
- SAS INSTITUTE. **The SAS-system for windows: release 6.08 (software)**. Cary, 1996.
- SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; SOUZA, K. J. et al. **Efeitos da salinidade da água de irrigação na brotação e desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum Spp*) e em solos com diferentes níveis textuais**. Revista Ciências Agrotecnologia, Lavras, V. 31, Nº 5, p. 1470-1476, 2007.
- SANTOS, J. D. G. **Dinâmica de crescimento e nutrição do capim Marandu submetido a doses de nitrogênio**. Piracicaba, 2001. 79p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SCHIAVONI, E. A. **Propriedades físico-químicas e produção da *Brachiaria brizantha* em um latossolo vermelho fertilizado com AJIFER L-14.** Ilha Solteira - SP: 2007. 55 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista.

SILVA, C. J. C.; LIMA, M. G. S.; CARVALHO, C. M.; ELOI, W. M.; SILVA et al. **Efeito do lodo de estação de tratamento de despejos de curtume na fase inicial do crescimento do milho.** Revista de Biologia e Ciências da Terra, V. 5, Nº 2, 2005.

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

SILVA, T. O.; SANTOS, A. R.; SANTOS, J. H. S.; SILVA, J. O. **Produção do capim Marandu submetido a doses de nitrogênio em um latossolo amarelo.** Agropecuária Técnica, V.26, Nº1, p.29–35, 2005.

SOUZA, E. R. B.; BORGES, J. D.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P. et al. **Teores de metais tóxicos nas folhas de plantas de milho fertilizadas com lodo de curtume.** Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, Vol. 35, Nº 2, p. 117-122, 2005.

SOUZA, S. M.; CHAVES, L. H. G.; SOUZA, A. P. **Efeito da aplicação de lodo de curtume sobre a condutividade elétrica e reação de solo ácido.** Agropecuária Técnica, Areia/PB, V.27, Nº 2, 2006.

TAMANINI, C. R.; ANDREOLI, C. V.; MOTTA, A. C. V.; DOETZER, B. H.; PEGORINI, E. S. **Estudo da utilização de altas doses de biossólido na recuperação de área decapada em São José dos Pinhais.** In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, Campo Grande/MS.

TANQUÍMICA IND. & COM. LTDA. **Cartilha sobre a produção de couros Wet Blue.** Ano 12, Tanquímica, 2004.

TEIXEIRA, K. R. G.; FILHO, L. A. R. G.; CARVALHO, E. M. S.; ARAÚJO et al. **Efeito da adição de lodo de curtume na fertilidade do solo, nodulação e rendimento de matéria seca do caupi.** Revista Ciências Agrotecnologia., Lavras, V. 30, Nº 6, p. 1071-1076, 2006.

TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of the British Grassland Society**, v.18, p.104-111, 1963. (Grassland Handbook, 379).

TRANNIN, I. C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. **Atributos químicos e físicos de um solo tratado com biossólido industrial e cultivado com milho.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.12, n.3, p.223–230, 2008.

VILELA, H. **Série Gramíneas Tropicais - Gênero BRACHIARIA (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu – Capim).** 2007. Disponível em : http://Agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_gramineas_tropicais_brachiaria.htm. Acesso em Dezembro 2008.

8. ANEXOS

ANEXO V – Instrução normativa 27

LIMITES MÁXIMOS DE CONTAMINANTES ADMITIDOS EM FERTILIZANTES ORGÂNICOS

Contaminante	Valor máximo admitido
Arsênio (mg/kg)	20
Cádmio (mg/kg)	3
Chumbo (mg/kg)	150
Cromo (mg/kg)	200
Mercúrio (mg/kg)	1
Níquel (mg/kg)	70
Selênio (mg/kg)	80
Coliformes termotolerantes - número mais provável por grama de matéria seca (NMP/g de MS)	1.000
Ovos viáveis de helmintos - número por quatro gramas de sólidos totais (nº em 4g ST)	1
<i>Salmonella</i> sp	Ausência em 10g de matéria seca