



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e
Ambientais

ATRIBUTOS DE UM PLINTOSSOLO EM FUNÇÃO DO LODO
DE CURTUME

VALMI SIMÃO DE LIMA

CUIABÁ-MT

2009

VALMI SIMÃO DE LIMA

**ATRIBUTOS DE UM PLINTOSSOLO EM FUNÇÃO DO LODO
DE CURTUME**

**Orientadora: Profa. Dra. OSCARLINA LÚCIA
DOS SANTOS WEBER**

**Co-Orientadora: Profa. Dra. WALCYLENE
LACERDA MATOS PEREIRA SCARAMUZZA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação em ciências florestais e ambientais para obtenção do título de Mestre.

CUIABÁ-MT

2009

FICHA CATALOGRÁFICA

L732a

Lima, Valmi Simão de.

Atributos de um Plintossolo em função do lodo de curtume / Valmi Simão de Lima. – 2009.

49p. : il. ; color. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Engenharia Florestal, Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, 2009.

“Orientadora: Profa Dra. Oscarlina Lúcia dos Santos Weber.”

“Co-Orientadora: Profa. Dra. Walcylene Lacerda Matos Pereira Scaramuzza”.

1. Solo – Fertilidade. 2.Lodo de curtume – Solo. 3. Plintossolo – Lodo de curtume. 4. Lodo de curtume – Agricultura. I. Título.

CDU – 631.452

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

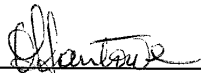
Título: Atributos de um plintossolo em função do lodo de curtume.

Autor: Valmi Simão de Lima

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Oscarlina Lucia dos Santos Weber

Aprovado em 26 de março de 2009

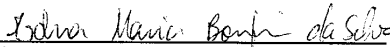
Comissão examinadora



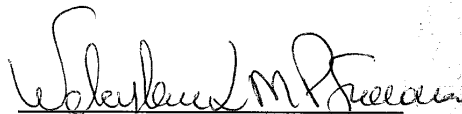
Prof^a. Dr^a. Oscarlina Lucia dos Santos Weber
Orientadora



Prof. Dr. José Fernando Scaramuzza
Membro



Prof^a. Dr^a. Edna Maria Bonfim da Silva
Membro



Prof^a. Dr^a. Walcylene Lacerda Matos Pereira Scaramuzza
Membro

À minha querida esposa Sandra Eudes,
Pela paciência e dedicação, em todos os momentos...

Aos meus espelhos Allan e Gabriel, meus filhos,
que me ensinam ser feliz.

Aos meus pais, que nunca mediram esforços pelos seus.

Aos meus irmãos: Vanduy, Valdi e
ao que foi embora antes, Waldimyr.

A Ronaldo e Ana Paula.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Jesus Cristo pela Vida, e pelo perdão dos nossos pecados.

À minha querida Professora Dra. Oscarlina Lúcia, pela paciência, vontade de ensinar, e acreditar em mim, além da amizade, um coração sincero.

À minha querida professora Walcylene Scaramuzza, que sabe como mostrar o caminho mais fácil.

Ao Professor Dr. Fernando Scaramuzza, um grande amigo.

Aos Primos Durli, por nos ajudarem nessa empreitada, acreditando, cedendo espaço e ajuda material.

Ao Geólogo Msc. Salatiel Araújo e o Eng. Químico J. Ignácio Neto, que acreditaram que seria possível.

Aos amigos do coração que sempre estiveram por perto: Pitt, Tau, Iracildo (Bola), João Xavier, Angela, Ninha, Ana Paula, Fabrício, Ana Carolina, Crislaine, Adriana, Gigio, Aline, Victor, Dudu, Dona Lucia, Vantão, Dieguito, Dezinho, Andrino, Marla, Sr. Elizeu, Dona Zilda, Vavá, TT, Juliano, Coutinho, Ronky, Rose(3s), Juliana, Regi, Marçal, Aubeci, Alan e Dudu Xavier (in memoriam).

À Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA/MT.

A todos que de alguma forma ajudaram a transformar esse sonho em realidade.

ATRIBUTOS DE UM PLINTOSSOLO EM FUNÇÃO DO LODO DE CURTUME.

RESUMO - A indústria do segmento coureiro ao processar peles gera grande quantidade de resíduos, constituídos de materiais orgânicos de origem animal misturados com sais inorgânicos, e alguns desses componentes são nutrientes às plantas, que pode ser disposto no solo, podendo contribuir para a melhoria da fertilidade dos solos e nutrição de plantas, além de representar uma forma de descarte do resíduo. Assim, objetivou-se neste trabalho verificar os atributos de um Plintossolo em função do lodo do curtume, bem como propor estratégias de controle ambiental. O experimento foi desenvolvido no município de Cuiabá/MT, num Plintossolo Argilúvico eutrófico, textura arenosa, onde foram plantados 36.000 árvores de *Eucalyptus grandis* em dois talhões (talhão I -TI, e II -TII), com áreas de 3,5 e 18 ha, respectivamente. As amostras do solo foram coletadas em minitrincheiras, nas profundidades de 0 a 5, 5 a 10 e, 10 a 20 cm, e os tratamentos consistiram de talhões e testemunha, e foram analisadas a granulometria, as características químicas e a matéria orgânica do solo (MOS). O delineamento foi inteiramente casualizado, com três tratamentos (dose de lodo e testemunha) com nove repetições. O lodo de curtume alterou as características químicas do Plintossolo, em excesso pode provocar danos ambientais.

Palavras-chave: lodo de curtume, fertilidade do solo.

ATTRIBUTES OF A PLINTHOSOL REGARDING THE TANNERY SLUDGE.

ABSTRACT – The industry of the leather segment when processing hides generates a great quantity of waste, constituted of organic matter of animal origin mixed with inorganic salts, and some of these components are nutrients for plants, that can be deposited in the soil, contributing to the improvement of soil fertility and nutrition of plants, besides being a way of getting rid of the waste. So, this study aimed at verifying the attributes of a Plinthosol regarding tannery sludge as well as proposing strategies of environmental control. The experiment was developed in the municipality of Cuiabá/MT, in an Eutric Argiluvic Plinthosol, sandy texture, where 36.000 *Eucalyptus grandis* trees in two plots (plot I -TI, and II -TII), with areas of 3,5 and 18 ha, respectively were planted. The soil samples were collected in mini trenches, in the depths of 0 to 5, 5 to 10 and, 10 to 20 cm, and the treatments consisted of plots and control, and the granulometry, the chemical characteristics and the organic matter of the soil (MOS) were analyzed. It was a completely randomized design, using three treatments (dose of sludge and control) with nine replicates. The tannery sludge altered the chemical characteristics of the Plinthosol, which in excess may cause environmental damages.

Key-words: tannery sludge, fertility of the soil.

SUMÁRIO

| | Páginas |
|---|---------|
| RESUMO | |
| ABSTRACT | |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO DA LITERATURA | 2 |
| 2.1 Curtimento e resíduos gerados no processo industrial..... | 2 |
| 2.2 Resíduos do caleiro | 2 |
| 2.3 Usos de lodo de curtume na agricultura..... | 3 |
| 2.4 Efeitos de lodo de curtume no solo | 5 |
| 2.5 Efeito da aplicação do lodo nos atributos físicos do solo | 10 |
| 2.5.1 Taxa de infiltração..... | 10 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 11 |
| 3.1 Características do local do estudo | 11 |
| 3.2 Condições climáticas | 11 |
| 3.3 Condições edáficas..... | 12 |
| 3.4 Delineamento experimental e tratamento | 13 |
| 3.5 Características avaliadas | 15 |
| 3.6 Taxa de infiltração..... | 15 |
| 3.7 Características químicas do lodo do curtume..... | 15 |
| 3.8 PST..... | 16 |
| 3.9 RAS..... | 16 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 17 |
| 4.1 Alterações nos atributos químicos do solo submetidos a doses crescentes de lodo do curtume..... | 17 |
| 4.1.1 pH e Al..... | 17 |
| 4.1.2 Ca e Mg no Solo | 20 |
| 4.1.3 P | 20 |
| 4.1.4 K | 25 |
| 4.1.5 Na..... | 26 |
| 4.1.6 Soma de bases | 27 |
| 4.1.7 CTC do solos | 28 |
| 4.1.8 Saturação por bases do solo | 29 |
| 4.1.9 Relação de adsorção de sódio – RAS | 30 |
| 4.1.10 Porcentagem de sódio trocável – PST | 31 |
| 4.1.11 Matéria Orgânica do Solo (MOS) | 33 |
| 4.1.12 N total..... | 34 |
| 4.1.13 Relação C:N | 35 |
| 4.2 Atributos físicos do solo..... | 36 |
| 4.3. Velocidade de infiltração | 38 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 39 |
| 6 CONCLUSÕES | 40 |
| 7 BIBLIOGRAFIA | 41 |

1 INTRODUÇÃO

O estado de Mato Grosso possui grande rebanho bovino, atrelado a esse setor está o segmento de transformação, frigoríficos e curtumes, em cujo processo de curtimento gera-se lodo com alta carga orgânica e diversos compostos químicos, constituindo-se num agravante do ponto de vista ambiental, mas com grande potencial agrícola.

A alternativa de aplicação no solo de sólidos oriundos no processo industrial é uma solução de baixo custo, com significativa resposta às culturas. Assim, o reaproveitamento desse resíduo como fertilizante e condicionador de solo pode ser uma das opções mais indicadas, pois pode trazer benefícios aos plantios com a diminuição da adubação química convencional e o aumento da produtividade.

A aplicação desse lodo tem duas vertentes, a primeira de caráter agrônomo, pois diminui a adubação química convencional mantendo ou incrementando a produtividade de plantios e a segunda, de caráter ambiental e ecológico, pois destina resíduos em larga escala, de modo seguro ao ecossistema.

Estudar a aplicação de lodos no meio ambiente é importante para estabelecer parâmetros balizadores, considerando a capacidade de absorção das plantas, limites de aplicação ao solo, a textura e as características do solo, riscos para águas subterrâneas e superficiais, a dose aplicada, com especial atenção ao pH e ao teor de sódio, e as culturas a serem desenvolvidas nas áreas de aplicação devem ser tolerantes ao sódio e exigentes em cálcio e nitrogênio.

Diante desse contexto, este trabalho objetivou-se avaliar as alterações nos atributos de um Plintossolo com adição de doses de lodo de curtime, bem como propor estratégias de controle ambiental para uso deste resíduo.

2 REVISAO DA LITERATURA

Processos produtivos geram resíduos, e seu uso no solo como forma de descarte, depende das características do material, do volume gerado, do potencial como fertilizante ou como corretivo, bem como do efeito que ele pode causar ao ambiente, de modo a não interferir de forma deletéria onde é aplicado. A característica desses descartes depende do processo produtivo onde o mesmo foi gerado, relacionado à atividade industrial desenvolvida.

2.1 Curtimento e resíduos gerados no processo industrial

O couro constitui a pele do animal preservada da putrefação por processos denominados de curtimento, e que a tornam flexível e macia. No curtimento é mantida a natureza fibrosa da pele, porém as fibras são previamente separadas pela remoção do tecido interfibrilar e pela ação de produtos químicos (PRIEBE, 2005).

Durante a industrialização do couro gera-se lodo em dois momentos, primeiramente no processo de desengalagem e preparação da pele conhecido como lodo do caleiro, que tem destino final o solo, e num segundo momento o lodo do curtimento, segregado na estação de tratamento de efluentes (ETE) e enviado para aterro industrial de resíduos perigosos, pois se trata de descarte rico em cromo, classificado como resíduo perigoso (CLASS e MAIA, 1994).

2.2 Resíduos do caleiro

Esses bio-sólidos são descartes com alta carga orgânica, nos quais compostos de gorduras, proteínas, produtos de degradação, de agentes químicos como sulfeto e cal, conhecido como caleiro, são lançados no solo, visando à fertilização de culturas agrícolas.

O uso de despejos da indústria do couro no solo contribui para o aumento da produção de alimentos, para a recuperação de áreas improdutivas e, o que é mais importante, preservar e proteger o meio

ambiente, porque, reduz o lançamento de esgotos em cursos d'águas naturais, prevenindo a poluição, a contaminação e a eutrofização; e favorece a conservação do solo e a recuperação de áreas degradadas (NETO, 2005). Combinações adequadas de técnicas de tratamento de esgotos, tipo de cultura, método de irrigação e cuidados ambientais, permitem a utilização de despejos em irrigação, com baixo risco à saúde pública, de forma econômica e tecnicamente viável.

2.3 Usos de lodo de curtume na agricultura

O uso agrícola de lodos de curtume pode contribuir para a melhoria da fertilidade dos solos e nutrição das plantas (KONRAD e CASTILHOS, 2002; FERREIRA et al., 2003), além de representar uma forma de descarte do resíduo no ambiente. No entanto, quando isso é feito de forma pouco criteriosa, e utilizado de forma inadequada, pode resultar em elevados valores de pH (SELBACH et al., 1991) e excesso de sais solúveis (KONRAD e CASTILHOS, 2002) o que pode comprometer a sustentabilidade agrícola e o uso futuro dessas áreas.

A adição de materiais orgânicos é fundamental à qualidade do solo, caracterizando-se pela liberação gradativa de nutrientes, que reduz o efeito de processos como lixiviação, fixação e volatilização, embora dependa essencialmente da taxa de decomposição, controlada pela temperatura, umidade, textura e mineralogia do solo, além da composição química do material orgânico utilizado (LEITE, 2002).

Destaca-se a necessidade de critérios técnicos para aplicação desse resíduo na agricultura, pois tal prática, quando utilizada de forma inadequada, pode elevar o pH acima da faixa adequada para a maioria das plantas. Considerando-se que a maioria dos solos tropicais são ácidos, isso permite o uso de maior quantidade de resíduos com alcalinidade elevada, sem oferecer tantos riscos ao meio ambiente (SELBACH et al., 1991).

Esse resíduo ao ser aplicado no solo deve-se considerar os aspectos físicos, químicos e biológicos, Do ponto de vista físico do solo, a aplicação do resíduo é feita considerando-se os mesmos fatores utilizados para a irrigação (ALCÂNTARA, 1999).

Do ponto de vista químico, a aplicação de tais resíduos visa propiciar uma economia em adubação nitrogenada, em função dos elevados teores de nitrogênio normalmente encontrados em sua composição. Geralmente os resíduos aplicados na agricultura apresentam umidade elevada, o que resulta em baixas concentrações de nutrientes em comparação com os adubos de origem mineral (TREBIEN, 1994).

Martines et al. (2006) relataram que devido ao elevado teor de nutrientes e potencial de neutralização da acidez do solo, a utilização de lodos de curtume em áreas agrícolas pode ser uma alternativa para a disposição e reciclagem desses resíduos.

Como há um limite na quantidade máxima de resíduo a ser aplicado, na maioria das vezes esses descartes não fornecem às plantas todos os elementos essenciais recomendado pelas tabelas de adubação. Além dos aspectos físicos e químicos, devem ser observados os benefícios biológicos decorrentes da adição de material orgânico presente nos resíduos (MARTINES, 2005).

A recomendação da dose no valor corretivo e fertilizante que esses apresentam, bem como a capacidade da macro e microbiota do solo em decompor os materiais orgânicos, requerem, entretanto, considerar as alterações nas propriedades do solo e a resposta das plantas para avaliar o potencial fertilizante dos resíduos e a possível contaminação do ambiente por metais pesados (FERREIRA, 2003).

Além da importância da matéria orgânica nos solos o uso do lodo afeta importantes propriedades químicas, tais como: elevação do pH (SOPPER e SEAKER, 1990), aumento da capacidade de troca catiônica (MELO et al., 1993) incremento dos teores de nitrogênio e de fósforo disponíveis (SCHNEIDER et al., 1981), N, P, e K (ROS et al., 1993), macro e micronutrientes (OLIVEIRA et al., 1993).

É importante destacar que as formas de nitrogênio adicionadas pelos compostos orgânicos determinam que parte do teor total torna rapidamente disponível, enquanto outras frações de mais difícil disponibilização ficarão armazenadas no solo, reduzindo as perdas por lixiviação (BRADY, 1990).

2.4 Efeitos do lodo de curtume no solo

Os lodos de curtume, originados no processo de depilação e caleiro, são compostos de materiais orgânicos de origem animal misturados com sais inorgânicos. Alguns desses componentes são nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) às plantas e microrganismos (SELBACH et al., 1991).

Ferreira (2003) relatou que os tratamentos com adição de lodo de curtume tiveram os maiores aumentos de pH do solo, situando-se entre 6 e 6,3. A maior concentração de Ca^{2+} trocável no solo foi obtida nos tratamentos com adição desse resíduo, considerando o elevado teor desse elemento no lodo, nas formas de hidróxido, sulfeto e carbonato.

Ferreira et al. (2003) verificaram que os rendimentos de grãos das culturas de soja e de milho nos tratamentos com a adição de lodo de curtume acrescido de adubação fosfatada e potássica na forma mineral foram semelhantes aos obtidos no tratamento com calagem e adubação mineral. Esses mesmos autores demonstraram que a adição de lodo de curtume no solo reduziu a acidez e elevou o teor de cálcio trocável.

Os teores de Al^{3+} e Mn^{2+} trocáveis no solo diminuíram com a aplicação de calcário e lodo de curtume em relação à testemunha, pelo aumento do pH do solo e possível complexação com radicais orgânicos do resíduo (ERNANI, 2007). A diminuição nos teores de Al^{3+} e Mn^{2+} trocáveis foram também observada em estudos em casa de vegetação com lodo de curtume por Teixeira (1981) e Selbach et al. (1991).

Selbach et al. (1991) aplicaram lodo de curtume no solo e avaliaram o seu efeito como fertilizante, corretivo da acidez, aporte de nutrientes ao solo, aporte de metais pesados, água percolada e efeitos sobre a população microbiana, às culturas de rabanete e sorgo. O lodo utilizado teve potencial como corretivo da acidez dos solos, devido à sua capacidade de neutralização. Foi necessária a suplementação de N, P e K em cobertura para obtenção de bons rendimentos nas culturas, e os demais elementos (Ca, Mg, S e micronutrientes) tiveram níveis satisfatórios.

O lodo do caleiro por ter pH alcalino e ao ser aplicado ao solo, promove aumento do pH, diminuição da acidez potencial e do alumínio

trocável. A elevação do pH do solo é consequência da formação de íon amônio devido à oxidação do nitrogênio orgânico, presente em grande quantidade no lodo de curtume, bem como no lodo de esgoto (MELO e MARQUES, 2000). O pH do solo afeta significativamente a disponibilidade de nutrientes no solo e a capacidade de troca de cátions, que aumenta em pH alto (TROEH e THOMPSON, 2007).

Castilhos et al. (1999) aplicaram 60 Mg ha^{-1} de lodo de curtume em um Argissolo Vermelho Amarelo em que o pH aumentou de 5,0 para valores que variaram entre 7,8 e 7,9 após 42 dias. Ao avaliarem as alterações químicas de um Planossolo após aplicação de lodo de curtume com doses de $20,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ (massa seca), Konrad e Castilhos (2002) verificaram elevação do pH de 4,5 para 5,5. No entanto, Ferreira et al. (2003) constataram que com a aplicação de $21,25 \text{ Mg ha}^{-1}$ (massa seca) de lodo elevou o pH de 4,6 para 6,0 equivalente ao mesmo efeito de $3,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ de calcário com PRNT 100%. Costa et al. (2001), também, verificaram a eficiência do lodo de curtume na elevação do pH do solo.

Teixeira et al. (2006) em experimento com lodo de curtume avaliando a fertilidade do solo, observou que houve diminuição nos teores de P disponível no solo com a adição $46,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ do lodo no solo, e conclui que provavelmente, a adição da dose mais elevada contribuiu para a precipitação do P pelo aumento do pH do solo. Malavolta (1967) citou que em condições de pH elevado ocorre a precipitação do P em formas insolúveis de fosfato de cálcio e hidroxiapatita - $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$.

A deficiência de K nas plantas reduz o tamanho dos internódios, a dominância apical, o crescimento, retarda a frutificação e origina frutos de menor tamanho, perdendo a intensidade de cor. A sua deficiência está relacionado à clorose nas bordas das folhas, seguida por necrose, inicialmente nas folhas mais velhas, em função de ser um nutriente móvel no floema.

Quanto ao Mg, os teores de Mg^{2+} da grande maioria dos solos brasileiros são baixos. O Mg é um elemento móvel na planta, por isso os sintomas de deficiência aparecem nas folhas maduras. Essas folhas apresentam a superfície entre as nervuras cloróticas, que com o

agravamento da deficiência vão ficando amareladas, no entanto as nervuras permanecem verdes.

Ribeiro et al. (2003) citou que os principais sais presentes no solo são cloretos de sódio, cálcio e magnésio, carbonatos, bicarbonatos e nitratos, esses últimos encontrados em menores quantidades. As fontes de sais solúveis são, primordialmente, os minerais primários formados das rochas, por intemperismo químico. Os solos salinos geralmente se localizam em áreas de baixadas, que recebem os sais das áreas circunvizinhas, sendo a água o principal agente transportador, ou quando são aplicadas doses de sais juntamente com água de irrigação, ou lançamento por outras fontes desses elementos.

A passagem do Na para o complexo de troca começa a se tornar crítico quando o mesmo constitui a metade ou mais dos cátions solúveis da solução do solo. Nessas condições, o Ca e o Mg, por serem menos solúveis, precipitam-se à medida que a solução do solo se concentra, em consequência da evaporação, deixando o Na como o único cátion na solução. Dessa maneira, o Na apesar de possuir menor capacidade de adsorção no complexo de troca (carga monovalente, e a preferência de ligação da série liotrópica, $Li^+ < Na^+ < K^+ < Rb^+ < Cs^+ < Mg^{+2} < Ca^{+2} < Al^{+3}$), consegue deslocar os cátions por ação de massa. O processo da passagem do sódio para o complexo de troca é denominado de sodificação, e constitui a primeira fase do processo de salinização, levando à formação dos solos salino-sódicos (RIBEIRO et al., 2003).

De La Penha (1996), descreveu os efeitos das altas concentrações de sais no solo e na planta, que provocam alteração do estado de agregação das partículas, alterando a aeração, retenção de umidade, aumentando o potencial osmótico do solo. O Na promove a dispersão das partículas do solo reduzindo a aeração, infiltração e condutividade hidráulica. Esse elemento na planta causa redução do crescimento devido ao aumento da pressão osmótica da solução do solo, o que promove a redução no abastecimento da água, da absorção, retardando a germinação, e causando toxicidade.

Os efeitos dos íons na solução irá depender da tolerância e da adaptação da cultura quanto a toxidez do íon. Como efeitos antagônicos, uma competição por certas reações podem promover a redução de absorção de outros elementos, causando desbalanço da solução intracelular, o que pode originar certas reações e impedir outras. Os efeitos iônicos têm origem nas características eletroquímicas dos íons, as quais estão relacionadas com a série liotrópica dos elementos e com a afinidade dos íons das células.

Os altos níveis de Na promovem redução do crescimento vegetativo por inibir principalmente a absorção de Ca, embora não se descarte a inibição de absorção de Mg e K em espécies madeiríferas Bergmann (1992). Niu et al. (1995) comentaram que o NaCl promove um rápido aumento de Ca no citoplasma, atuando como um sinal de estresse geral, mas esse aumento não poderia ser confirmado como efeito de tolerância à salinidade, já que é transitório. O Na compete com o Ca na absorção e/ou mudança nos níveis internos de Ca, além de aumentar a permeabilidade da membrana e reduzir a seletividade de absorção.

O lodo caleado, originado nas estações de tratamento de efluentes doméstico possui muitas similaridades com o lodo de curtume, e alguns pesquisadores demonstraram que doses desse material melhoram as condições químicas e físicas do solo, promovendo aumento de pH, CTC, saturação por bases, e dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} (BARBOSA et al. 2002).

Segundo Guerra et al. (2008) a MOS apresenta-se como um sistema complexo de substâncias, cuja dinâmica é governada pela adição de resíduos orgânicos de diversas naturezas e por uma transformação contínua sob ação de fatores biológicos, químicos e físicos.

A matéria orgânica do solo (MOS) desempenha um importante papel nas características químicas, físicas e microbiológicas do solo, sendo responsável por mais de 70% da capacidade de troca catiônica (CTC) dos solos tropicais. As características químicas da MOS se alteram em função da temperatura, umidade, aeração, força iônica, pH e outros.

Guedes et al. (2006), observaram redução na MOS do solo após adição de biossólidos, e estabeleceram que a provável causa tenha

sido o efeito *priming*, que trata-se da diminuição do C do solo logo após uma entrada de material orgânico na área.

O efeito *priming* tem sido definido como a estimulação da decomposição da matéria orgânica do solo pela adição de N inorgânico (fertilizante) ou de matéria orgânica, sendo os seguintes fatores ou processos que tem sido relatados na literatura como causa da maior disponibilidade de N no solo quando se adiciona fertilizante mineral: a) estimulação da atividade biológica pela adição de N do fertilizante; b) a nitrificação como causa da hidrólise ácida de substâncias orgânicas do solo; c) efeito osmótico; d) mudanças nos processos fisiológicos das plantas induzido por fertilizantes; e e) maior desenvolvimento do sistema radicular em parcelas fertilizadas (JANSSON e PEARSON, 1982 e FIORE et al., 1990).

Terry (1979) observou diminuição do C do solo com a aplicação de biossólido, assim como Hsieh et al. (1981), que relataram a ocorrência do efeito *priming*, em estudo sobre a decomposição de lodos de esgoto em condições de laboratório, por meio de medidas do CO₂ evoluído. Normalmente, a maior taxa de decomposição da matéria orgânica do solo, após adição de material orgânico fresco, é atribuída ao incremento da atividade dos microrganismos, em função da disponibilidade de substrato energético (LIRA, 2006).

Teixeira et al., (2006) concluíram que a adição de lodo de curtume aumentou de 1,80 a 3,35 vezes, os teores de matéria orgânica do solo (MOS) comparado ao conteúdo de MOS antes da instalação do experimento.

Avaliando os efeitos de lodo de esgoto em Latossolo Vermelho, Santos et al. (2005) observaram aumento nos teores de carbono orgânico total para as amostras de solo submetidos à adição de lodo de esgoto, durante 7 anos consecutivos, resultou efeitos favoráveis de resíduos orgânicos como alternativa para elevação dos teores de MOS.

O aumento no teor de matéria orgânica em solo onde foi aplicado lodo foi observado por Bataglia et al. (1983). Melo et al. (1994) encontraram aumento de carbono orgânico com aplicação de lodo de esgoto na dose mais elevada (32 Mg ha⁻¹) até 230 dias após a aplicação.

Esses autores também verificaram aumento na CTC do solo nos tratamentos com lodo, atribuindo esse efeito ao aumento do carbono orgânico do solo. Jahnel (1997) observou aumento no teor de carbono na biomassa do solo após aplicação de lodo de curtume.

2.5 Efeito da aplicação do lodo nos atributos físicos do solo

2.5.1 Taxa de infiltração

A infiltração é o processo pelo qual a água penetra no perfil do solo, e a princípio, seu valor é elevado, diminuindo com o passar do tempo, até se tornar constante no momento em que o solo se satura. O processo de infiltração é de importância prática por que, muitas vezes, determina o balanço de água na zona das raízes e o deflúvio superficial, responsável pela erosão hídrica. Assim, o conhecimento do processo e sua relação com as características do solo são de fundamental significância para o eficiente manejo do solo e da água nos cultivos agrícolas (REICHARDT, 1996).

Uma das principais preocupações na avaliação da infiltração da água no solo, quando se aplica biossólidos, é a possibilidade que algum tipo de contaminante possa alcançar o lençol freático. A utilidade de cada método está relacionada à finalidade resultados, à precisão desejada, à facilidade de manejo e ao custo operacional. Os métodos mais utilizados são: entrada e saída de água no sulco, infiltrômetro de anéis concêntricos e simuladores de chuva.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Características do local do estudo

A área experimental foi em um campo de aplicação de resíduos de uma empresa curtidora de couros em Cuiabá/MT, localizada nas coordenadas geográficas -15°41'54" de latitude Sul e -055°48'36" de longitude Oeste. Essa área faz parte da micro-bacia do rio Aricá, contribuinte da margem esquerda do rio Cuiabá, que deságua no Pantanal, componente da Bacia do Prata.

3.2 Condições climáticas

O clima da região é do tipo Aw, ou seja, tropical semi-úmido da escala de Köppen. A característica principal desse clima é a temperatura elevada chegando aos meses mais quentes em torno de 45°C. É um atributo marcante nesse tipo de clima a estação bem definida de chuva e de seca. A estação chuvosa coincide com o verão, onde mais de 70% do total das chuvas precipitam entre os meses de novembro a março. O índice pluviométrico gira em torno de 1.350 mm ano⁻¹.

A evapotranspiração média mensal oscila em torno de 82 mm com valores mínimos entre 0 e 4 mm nos meses de julho a setembro e máximas em torno de 150 mm nos meses de novembro a março. A média anual da umidade relativa do ar permanece na faixa de 74%. No inverno a umidade relativa do ar diminui, chegando a 12%, ocorrendo então à estação seca (INMET, 2008).

Observa-se na Figura 1 os dados de precipitação, com ocorrência da sazonalidade dos períodos de chuva e de estiagem na região. De acordo com Nimer (1979), as características regionais das chuvas são tipicamente tropicais, ou seja, máximas no verão e mínimas no inverno e se devem quase que exclusivamente, aos sistemas de circulação atmosférica.

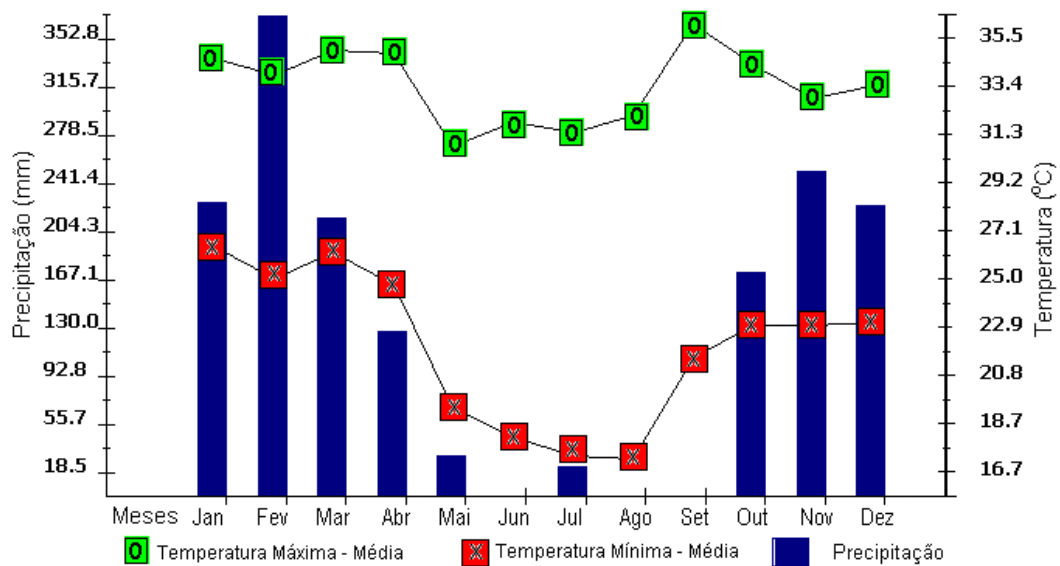


Figura 1: TEMPERATURA MÁXIMA MÉDIA, MÍNIMA MÉDIA E PRECIPITAÇÃO DO ANO DE 2007. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2008).

3.3 Condições edáficas

O solo foi caracterizado de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) como Plintossolo Argilúvico eutrófico, textura arenosa, com horizonte A proeminente variando de 0 a 35 cm em média, de 35 a 55 cm se alterando para horizonte E, e de 55 até 100 cm se caracterizando como horizonte B textural, variando de férrico a plíntico

A área estudada é plana, com declividade inferior a 3%, com parte mais alta para o Oeste, margeando a BR 163/364, decaindo para Leste e Nordeste, drenando para o rio Aricá.

Históricos do local, feita por antigos moradores, citaram que o lote de terras fazia parte de uma fazenda de criação de bovinos, descaracterizada há mais de 20 anos, para plantio de gramíneas onde ocorreu primeiramente o desmate do cerrado, uso do fogo como forma de eliminar restos vegetais, gradeamento, e adição de calcário para correção do solo.

As áreas de aplicação foram divididas em lotes, e a aplicação do lodo foi feita com uso de tanque tracionado por trator, que descarregou o material no solo em camadas sucessivas, que após perder umidade

foram incorporados com grade de discos. Nos talhões estudados, receberam volume de 20 e 85 Mg há⁻¹ no ano de 2005, e no ano seguinte plantio de eucaliptos.

3.4 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três tratamentos e nove repetições, tendo como testemunha, o solo sob cerrado, e de duas áreas com doses de lodo, definidos como Talhão I (TI), com 6.000 árvores, plantadas após adição de 20,0 Mg ha⁻¹ (massa seca), e Talhão II (TII), com 30.000 árvores, onde incidiu aplicação de 85,0 Mg ha⁻¹ (massa seca), ambos com 1 ha, escolhidos aleatoriamente dentro de cada plantio.

O solo testemunha pode ser caracterizado antes da antropização, a partir de uma área com remanescente florestal existente nas proximidades (Figura 2), onde não ocorreu desmate ou adição de corretivos agrícolas, servindo esta como testemunha.

Em janeiro de 2006, as áreas de aplicação de resíduos receberam plantios de 36.000 árvores de eucalipto da variedade *Eucalyptus grandis*, do mesmo lote, no mesmo período do ano. Cada muda durante o plantio recebeu 120 g cova⁻¹ de fertilizantes (NPK 5-25-10), e não foi feita adubação de manutenção durante os dois primeiros anos após o plantio. As coletas de amostras e ensaios aconteceram nos meses de março e abril de 2008.

Foi utilizado o aplicativo computacional Sisvar em que se fez a análise de variância e o teste de média Tukey 5%.



FIGURA 2: VISTA PARCIAL DO CERRADO (TESTEMUNHA).



FIGURA 3: VISTA PARCIAL DO TALHÃO I (TI).



FIGURA 4: VISTA PARCIAL DO TALHÃO II (TII).

3.5 Características avaliadas

As amostras do solo foram coletadas em minitrincheiras, nas profundidades de 0 a 5, 5 a 10 e, 10 a 20 cm. As frações do esqueleto do solo foram obtidas por tamisamento, desde calhaus, cascalhos, e terra fina, e dessa, extraído a terra fina seca ao ar (TFSA).

Da TFSA caracterizou-se física (granulométrica) e quimicamente o solo (Tabela 1): pH, N, P, K, Ca e Mg, capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (SB), saturação por bases (V%), matéria orgânica do solo (MOS) e Na, seguindo os métodos descritos em Embrapa (1997). O carbono orgânico total foi determinado pelo método de combustão via seca, em analisador de carbono.

TABELA 1: ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB CERRADO.

| Profundidade em | pH (CaCl ₂) | P --- (mg dm ⁻³) ---- | K | Ca | Mg | Al | H | MOS (g dm ⁻³) |
|--------------------|----------------------------|--------------------------------------|-------|-----|-----|-----|-----|------------------------------|
| 0-5 | 4,2 | 19,9 | 44,99 | 0,7 | 0,5 | 0,5 | 9,2 | 18,33 |
| 5-10 | 4,0 | 5,47 | 59,67 | 0,4 | 0,2 | 0,5 | 9,2 | 15,33 |
| 10-20 | 4,0 | 4,3 | 66 | 0,3 | 0,1 | 0,6 | 1,8 | 7,78 |

| Profundidade em | N (g kg ⁻¹) | Na (mg kg ⁻¹) | Soma Bases -- (cmol _e dm ⁻³)-- | CTC | Sat. Bases % | RAS (cmol _e dm ⁻³) | PST % | Relação C/N ----- | Relação Ca/Mg ----- |
|--------------------|----------------------------|------------------------------|---|------|--------------------|---|----------|-------------------------|---------------------------|
| 0-5 | 1,35 | 0,3 | 1,2 | 5 | 25 | 0,12 | 6 | 8:1 | 1,4 |
| 5-10 | 1,06 | 0,27 | 0,7 | 4,43 | 17 | 0,15 | 6 | 8:1 | 2 |
| 10-20 | 0,82 | 0,12 | 0,6 | 2,9 | 20 | 0,08 | 3,4 | 6:1 | 2 |

3.6 Taxa de Infiltração

Para avaliar a capacidade de infiltração, foram feitos testes de infiltração de água no solo, por meio de anéis concêntricos de 0,25 e 0,50 m de diâmetro, objetivando avaliar a velocidade de infiltração média do solo.

3.7 Caracterização química do lodo do curtume

O lodo aplicado ao solo foi caracterizado como lodo do caleiro, classificado segundo a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 10004/2004 e Resolução Conama 313 de 29 de outubro de 2002, como classe IIA, resíduo não inerte com código A899, gerado no processo inicial de preparação da pele para o curtimento, coletado na empresa Durlicouros Ltda., Cuiabá-MT.

As características químicas do lodo, determinadas segundo métodos de Embrapa (1997) e Tedesco et al. (1995), encontram-se na Tabela 2. O lodo foi coletado no tanque de equalização da indústria, antes da remoção para aplicação no solo.

TABELA 2: CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO LODO DO CALEIRO UTILIZADO NO PLANTIO DE EUCALIPTO.

| pH | P | K | Ca | Mg | CO | N | Fe | Na | S |
|-------|------------------------|--------|---------------------------------------|-----|------|-----------------------|-------|------|-----------------------|
| * | (mg dm ⁻³) | | (cmol _c dm ⁻³) | | ---- | (g kg ⁻¹) | ----- | | |
| 11,5 | 3 | 1,9 | 185 | 1,5 | 298 | 25,2 | 0,5 | 42,3 | 1,2 |
| B | Cr ⁺⁶ | Cr | Zn | Mn | Cu | Ni | Cd | Pb | Umidade |
| ----- | | | | | | | | | (g kg ⁻¹) |
| 0,1 | 0 | 0,0065 | 0,1 | 0 | 0 | 0,0005 | 0 | 0 | 833 |

* Medido diretamente no lodo do caleiro

3.8 Percentagem de sódio trocável - PST

A percentagem de sódio trocável (PST) foi calculada a partir dos dados de CTC e do Na pela equação $PST = (Na/CTC) \times 100$.

3.9 Relação de adsorção de sódio - RAS

A RAS (relação de adsorção de sódio) foi calculada a partir dos dados de Na, Ca e Mg, pela equação $RAS = Na/[(Ca + Mg)/2]^{1/2}$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Alterações nos atributos químicos do solo submetido a doses crescentes de lodo do curtume

Em função da adição do lodo do calcário no Plintossolo ocorreram alterações nos atributos do solo, e a seguir discutem-se os resultados obtidos.

4.1.1 pH e Al

Ao avaliar o pH no perfil para cada tratamento, observou-se que houve diferença significativa desse atributo na testemunha, na menor profundidade, com similaridades na profundidade de 5 a 20 cm (Figura 5). Com relação aos tratamentos, as médias foram semelhantes para o TII, e em TI, as duas primeiras profundidades foram semelhantes, porém as duas maiores profundidades foram iguais.

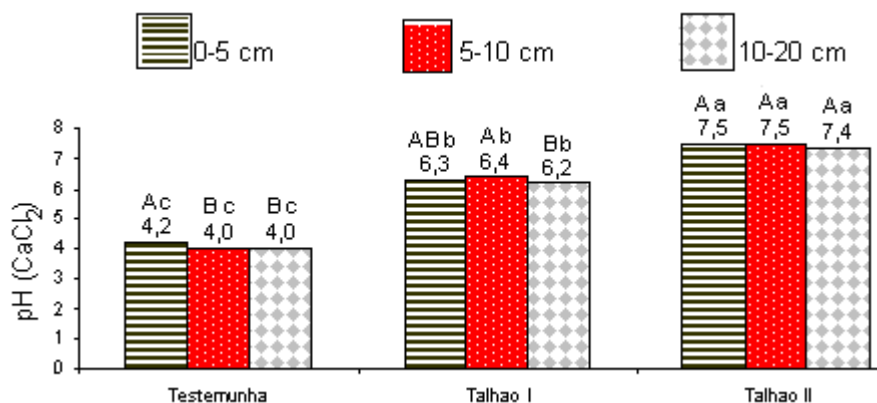


FIGURA 5. pH (CaCl_2) EM PLINTOSSOLO NOS DIFERENTES TRATAMENTOS. (Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro de cada talhão, e minúscula nas respectivas profundidades, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%).

O pH na testemunha se manteve em 4,2 na superfície e 4,0 na profundidade 10-20 cm. Comparando com os estudos de Lopes (1983) e Fageria (1999) em solos sob cerrado, esses autores obtiveram pH próximo de 5, mas Lorenzo-Montero (2008) que trabalhou com diversos

solos sob cerrado nativo no estado de São Paulo, observou variação de pH de 2,7 a 4,3.

Com a adição de lodo, o pH elevou para 6,3 e 7,5 em TI e TII, respectivamente, e segundo Barros et al. (1997) o pH mais indicado para o eucalipto se situa entre 5,5 e 6, assim o pH no perfil do TI atendeu essa recomendação, mas em TII ficou um pouco acima do ideal, denotando que o lodo do caleiro é um resíduo de alta capacidade corretiva e, possui características semelhantes ao calcário (KONRAD e CASTILHO 2002; FERREIRA et al., 2003).

Houve acréscimo no pH de 0,7 vezes do solo sob cerrado para o TI, e de 0,8 vezes deste para TII, e comparando o solo testemunha para o TII o aumento do pH foi de 1,9 vezes.

Quanto à classificação de acidez, essas áreas foram consideradas com acidez alta para a testemunha, e acidez baixa para os TI e TII, segundo Raij et al. (1996) e Sousa et al. (2007), e plantios de eucalipto são tolerantes à acidez elevada de acordo com Vale (1982), Raij et al. (1997), e Lima (1996) que relataram ligeira diminuição do pH do solo sob floresta com essa essência vegetal.

Um importante indicador das condições química do solo é o pH, por possuir capacidade de interferir na disponibilidade de vários elementos químicos essenciais ao desenvolvimento vegetal, podendo favorecer ou não suas liberações (MALAVOLTA, 1992). Brady (1990) afirmou que quando o pH se encontra muito elevado, isto é acima de 8,0 o ferro, o manganês e o zinco se tornam menos assimiláveis ao vegetal, também interferindo em seu desempenho.

O pH alcalino do solo neutralizou totalmente o Al^{3+} trocável (Figura 6), restando pequeno teor na maior profundidade de TI, bem como da acidez potencial (H^+), elevação do teor de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis, seguindo também a tendência de se distribuir em maior quantidade nas duas primeiras camadas de ambos os tratamentos que receberam o lodo, efeito também observado por Teixeira et al. (1981), Selbach (1991) e Ferreira et al. (2003).

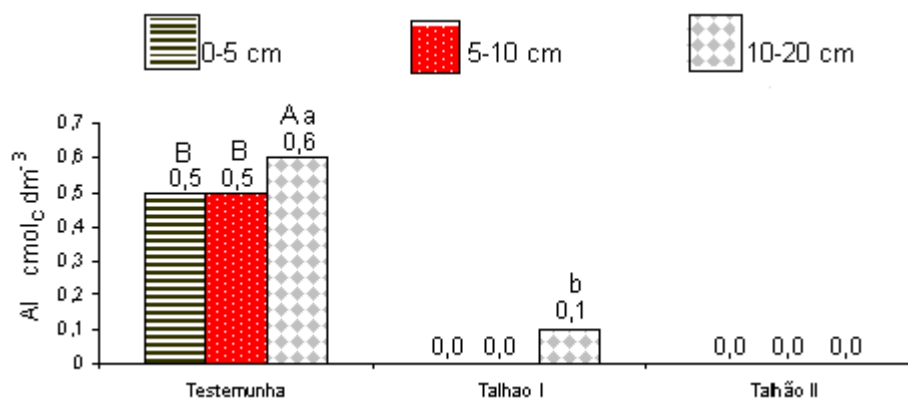


FIGURA 6. Al (cmol_c dm⁻³) EM PLINTOSSOLO NOS DIFERENTES TRATAMENTOS. (Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro de cada talhão, e minúscula nas respectivas profundidades, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%).

Essas altas doses de lodo adicionado às áreas estudadas tiveram como efeito imediato a elevação do pH, com implicação na alteração da disponibilidade de nutrientes às plantas. Barbosa et al. (2000), relataram que para valores de pH menor tem como consequência teores de alumínio maior e vice versa. Ferreira et al. (2003) verificaram que os teores de Al trocáveis no solo diminuíram com a aplicação de lodo em relação à testemunha pelo aumento do pH, em função de possível complexação com radicais orgânicos do resíduo, mesma conclusão de Teixeira (1981) e Selbach et al. (1991) que observaram a diminuição do teor de Al³⁺ trocável.

As alterações de pH aumentam as cargas negativas do solo, e a explicação estaria ligada à formação do íon amônio, devido à oxidação do N-orgânico, presente em grande quantidade no lodo, e pelo aumento da carga líquida negativa das partículas (ALBUQUERQUE et al., 2003; TEIXEIRA et al., 2006).

Em pH ácido o Al, o Fe e o Mn tornam-se mais solúveis e podem ser tóxicos para as plantas, porém quando o pH aumenta suas solubilidades diminuem, podendo ocorrer precipitações e as plantas podem apresentar deficiências com pH acima da neutralidade (MALAVOLTA, 2006).

Malavolta (2006) demonstrou que o pH do solo na faixa de 6,0 a 7,0 a disponibilidade dos elementos ou é máxima para N, P, K, Ca, Mg

e S, ou não é mínima para B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn, e de uma forma geral, todos os elementos tem sua disponibilidade diminuída quando o pH ultrapassa o limite de 7,0 exceto para molibdênio e cloro.

Segundo esse mesmo, a elevação do pH do solo provoca a neutralização do ferro e do alumínio trocável, a insolubilização do manganês, o fornecimento de Ca e de Mg, as modificações da capacidade de troca catiônica efetiva, a alteração da disponibilidade de micronutrientes entre outros efeitos.

4.1.2 Ca e Mg

Os teores de Ca nos ambientes analisados diferiram entre si em todas as camadas estudadas, e em todas as profundidades correspondentes (Figura 7).

Nos tratamentos o teor de cálcio foi crescente com as doses de lodo aplicado com maior teor em TII e essa proporção superou, em média 20 vezes o teor de Ca, e em TI essa proporção chegou a 14 vezes nas profundidades correspondentes, em relação à testemunha. Nas camadas do solo, os maiores teores foram obtidos na camada superficial, diminuindo com a profundidade.

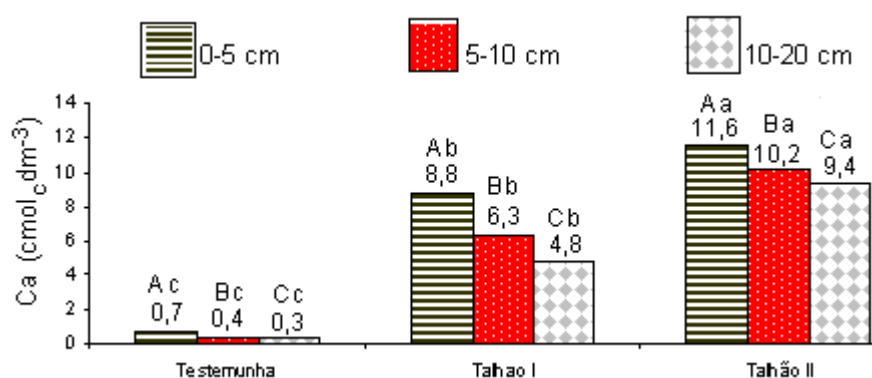


FIGURA 7: DISPONIBILIDADE DE Ca (cmol_c dm⁻³) EM PLINTOSSOLO NOS DIFERENTES TRATAMENTOS. (Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro de cada talhão, e minúscula nas respectivas profundidades, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%).

Houve acréscimo no teor de Ca de 12,5 vezes do solo sob cerrado para T1, e de 1,32 vezes deste para TII; comparando o solo testemunha com o TII o aumento do teor de Ca foi de 16,6 vezes.

Em decorrência da reação química do lodo no solo, tiveram-se as conhecidas alterações químicas, como: aumento do valor pH, a neutralização do ferro e do alumínio trocável, a insolubilização do manganês, o fornecimento de cálcio e, as modificações da capacidade de troca catiônica efetiva, alteração da disponibilidade de micronutrientes entre outros efeitos (MALAVOLTA, 2006).

Os efeitos da aplicação do lodo foi similar ao calcário nas propriedades físico-químicas do solo podem alterar significativamente ou não as propriedades físicas do solo, em função da sua característica mineralógica e da dose aplicada. Como a dose aplicada foi alta houve a elevação do pH, e aumento no teor de Ca, entre outros efeitos, Ferreira et al. (2003) também obtiveram aumento no teor de Ca com adição de lodo de curtume.

Os teores de Mg variaram em todas as camadas estudadas, exceto na camada de 5 a 20 cm de TII, sendo que T1 teve os maiores teores desse elemento, embora a dose de lodo tenha sido menor que TII (Figura 8).

Quando comparado os teores de Ca nos solos estudados com valores estabelecidos por Raij et al. (1997) este foi de médio a baixo na testemunha, e alto para T1 e TII.

O teor médio do Mg no perfil do TII correspondeu a 62% do teor obtido em T1, mostrando uma situação inversa do que ocorreu com o Ca, o que pode ser um indicador de que a adição de mais lodo no solo não necessariamente disponibilizou mais Mg às plantas ou ao solo. Houve um acréscimo no teor de Mg de 2,2 vezes do solo sob cerrado para T1, e decréscimo de 0,5 vezes deste para TII.

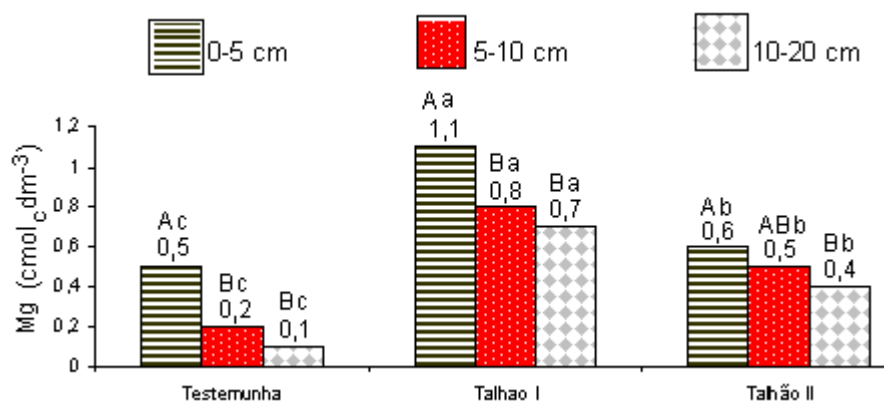


FIGURA 8. DISPONIBILIDADE DE Mg ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) EM PLINTOSSOLO NOS DIFERENTES TRATAMENTOS. (Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro de cada talhão, e minúscula nas respectivas profundidades, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%).

Quanto à relação Ca/Mg, a média dos perfis dentro de cada talhão, teve em média os seguintes resultados: 7,5; 19,4 e 1,8, em TI, TII e no cerrado, respectivamente. Sobre essa relação Raji et al. (1997) informam que a produção de culturas não são afetadas por esse índice, e esses valores variam de 0,5 até acima de 30, e não implicam em maiores consequências aos plantios florestais.

O Mg trocável em TII menor que em TI pode estar relacionado ao processo de antagonismo e inibição competitiva entre o Ca e o Mg, uma vez que o excesso de um desses elementos resulta na diminuição da absorção do outro (MALAVOLTA, 2006), e o excesso do Ca no lodo pode estar interferindo na disponibilidade do Mg em TII. Tisdale et al. (1985) citaram que a absorção de um nutriente é afetada também pela natureza dos cátions complementares, isto é, há influência de um íon adsorvido sobre a liberação de um outro, para a solução do solo, a partir da superfície trocadora, além das relações que envolvem os cátions no solo (Tisdale et al., 1985).

4.1.3 P

O P nos diferentes tratamentos estudados diferiu na camada superficial do solo em relação às demais camadas na testemunha e no TII, não houve diferença nas camadas 5-10 e 10-20 cm nesses talhões. No TI houve diferenças significativas nas três camadas (Figura 9). Ao

comparar por camada, observou-se que nas camadas 0-5 e 5-10 cm houve diferenças significativas entre os tratamentos, em que o TI apresentou maior teor de P, seguido de TII e a testemunha. Na camada 10-20cm os teores de P foram iguais para TI e TII diferindo significativamente da testemunha.

Os teores de P nos ambientes estudados foram maiores em TI, médio em TII e a testemunha com os menores teores. Houve acréscimo no teor de P de 2,3 vezes do solo sob cerrado para TI, e decréscimo de 0,8 vezes deste para TII, e comparando a testemunha com o TII o aumento do teor de P foi de 1,9 vezes.

Os teores de P dos tratamentos quando comparados com a classificação de fertilidade descrita por Raij et al (1997), a testemunha foi classificada com teor alto na camada superficial e médio na camada de 10-20cm. Quanto a TI e TII, nas camadas até 10 cm o teor de P foi médio, na maior profundidade os teores em TI e TII foram médio e baixo, respectivamente.

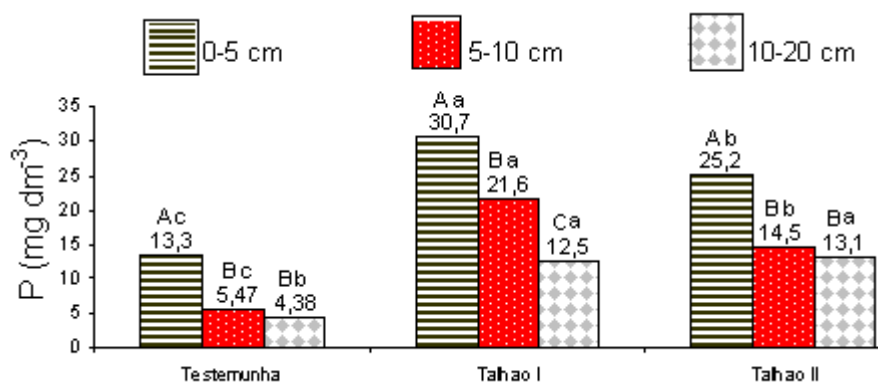


FIGURA 9. DISPONIBILIDADE DE P ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) EM PLINTOSSOLO NOS DIFERENTES TRATAMENTOS. (Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro de cada talhão, e minúscula nas respectivas profundidades, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey 5%).

Os mecanismos de adsorção de P nos solos, são afetados principalmente pela competição com outros ânions e pelo pH, e esse último interfere na quantidade de cargas positivas, ou seja, nos grupamentos protonados da superfície (CORNELL e SCHWERTMANN, 2000) com o alteração do pH, a carga superficial das partículas do solo

torna-se cada vez mais negativa, aumentando a repulsão (menor adsorção) entre fosfato e superfície adsorvente, diminuindo o potencial eletrostático do plano de adsorção (BARROW, 1985).

Um fator importante que pode ter afetado o teor de P em TII pode estar relacionado com a alteração do pH, uma vez que parte do P absorvido pelas plantas está na forma de ortofosfato monovalente, e esse é mais disponível em pH ácido, e com a alcalinização dos sítios de troca, com pH acima de 7,0 o íon dominante passa a ser o difosfato, menos disponível para as plantas (TROEH e THOMPSON, 2007; MEURER, 2007).

Sato e Comerford (2005) avaliando a influência do pH do solo na adsorção e dessorção de P num Ultisol úmido brasileiro, constataram que a adsorção de P diminuiu até 21% e 34% com o aumento do pH de 4,7 para 5,9 e 7,0, respectivamente.

Lindsay (1979) citou que a partir do pH em água de aproximadamente 6,5 a solubilidade de P-Ca tende a controlar a disponibilidade de P especialmente em solos com teores elevados de Ca. Teixeira et al. (2006) também percebeu a diminuição do P disponível, com aumento da aplicação de lodo de curtume, em Neossolo Flúvico, relacionando esse fator ao aumento do pH.

Os resíduos orgânicos têm papel relevante na disponibilidade de P, e alguns autores consideram que a matéria orgânica é capaz de adsorver íons fosfato. Dentre eles, Novais e Smyth (1999) relatam que o P aplicado na forma inorgânica (P_i) é adsorvido a compostos orgânicos, por meio de troca de ligantes, dando origem ao P orgânico (P_o), presente no solo em formas como ortofosfato de mono-ésteres e ortofosfato de diésteres.

Smyth e Sanches (1980) e Hue (1992), demonstraram que a decomposição de materiais orgânicos pode diminuir a adsorção de P devido à formação de ácidos orgânicos que tendem a competir com o fósforo pelos sítios de adsorção.

4.1.4 K

Os valores de K nos ambientes analisados diferiram entre si em todos os tratamentos e todas as profundidades (Figura 10), o TI apresentou maiores teores desse elemento.

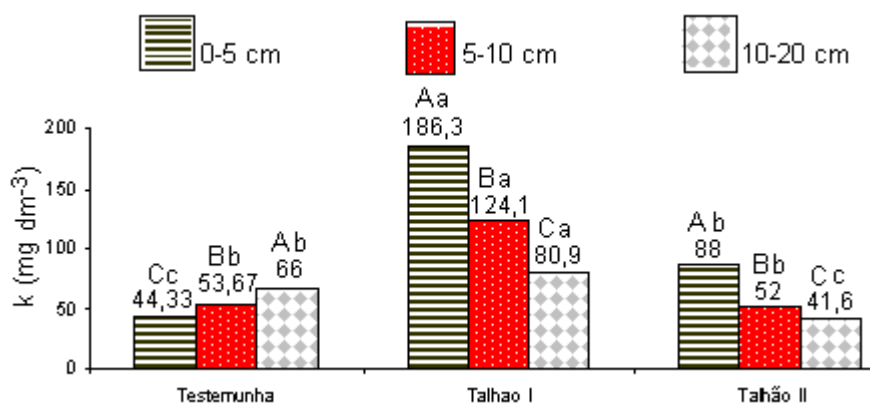


FIGURA 10. DISPONIBILIDADE DE K (mg dm^{-3}) EM PLINTOSSOLO NOS DIFERENTES TRATAMENTOS. (Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro de cada talhão, e minúscula nas respectivas profundidades, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%).

Houve um acréscimo no teor de K de 4,2 vezes do solo sob cerrado para TI, e decréscimo de 2,1 vezes desse para TII, comparando-se o solo testemunha para TII o aumento do teor de K foi de 1,9 vezes.

O menor teor de K foi obtido na camada superficial da testemunha, aumentando com a profundidade. O inverso ocorreu nas áreas que receberam lodo (TI e TII), sendo que na profundidade 10 a 20 cm o teor de K na testemunha chegou a ser maior que em TI e em TII, provavelmente devido ao alto pH tornando o ambiente pouco propício para a lixiviação do K (ERNANI, 2007).

Embora, tenha ocorrido aumento na dose de K em função da aplicação do lodo, o teor desse elemento em TII foi menor que em TI, situação semelhante ao observado para o P, para o Mg e para com a MOS, que pode ser explicado por vários fatores, com a elevação do pH, e possível efeito *priming* (LIRA, 2006; e GUEDES et al., 2006), em função da estimulação da atividade microbiana do solo e aceleração da taxa de decomposição da MOS.

Segundo Bartlett e James (1988) o pH do solo tem importante papel na adsorção e, conseqüentemente altera a quantidade de cargas positivas e negativas dos colóides do solo, especialmente da matéria orgânica e dos óxidos de Fe, Al e Mn. Camargo e Raij (1989), verificaram que a alteração na carga líquida do solo pela mudança do pH modificou a movimentação de Ca^{2+} e de SO_4^{2-} em colunas de solo, como esse ânion é altamente móvel no solo e o K por ter característica de alta mobilidade. deduz-se que a retenção desse elemento se explicada por esse processo.

Albuquerque et al. (2003) afirmaram que a elevação do pH promove aumento nas cargas negativas do solo, fazendo com que parte do K da solução se adsorva nas cargas geradas, diminuindo sua disponibilidade às plantas. No solo, Sousa e Lobato (2004) estabeleceram quatro intervalos de classes de teores, e os dados encontrados neste trabalho mostraram que para TII e a testemunha o teor foi de médio a adequado, e em TI foi alto.

4.1.5 Na

O sódio seguiu a tendência das bases discutidas anteriormente, com diferença em todas as camadas avaliadas em TI e TII com diminuição nos seus teores à medida que se aprofundou no solo, e na testemunha na camada 0 a 10 cm não houve diferença significativa, e diferente na maior profundidade (Figura 11).

Na testemunha o teor desse elemento foi baixo, com a adição do lodo os teores aumentaram, chegando à média de 42 vezes maior em TI e cerca de 200 vezes maior em TII em relação à testemunha, os maiores teores desse elemento ocorreram na superfície do solo, decrescendo com a profundidade.

Houve um acréscimo no teor de Na de 42 vezes da testemunha para TI, e de 4,8 vezes deste para o TII, e comparando o solo testemunha para o talhão II o aumento do teor de Na foi de 205 vezes.

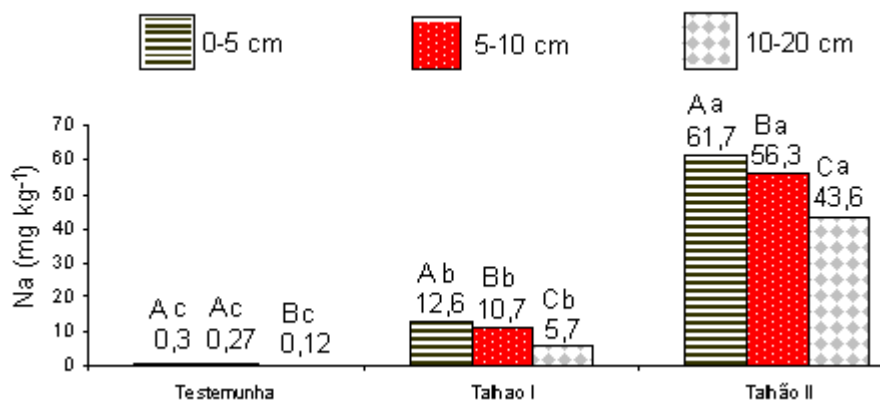


FIGURA 11. DISPONIBILIDADE DE Na (mg dm⁻³) EM PLINTOSSOLO NOS DIFERENTES TRATAMENTOS. (Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro de cada talhão, e minúscula nas respectivas profundidades, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%).

Estudos com lodo de curtume no solo também aumentaram os teores de Na nos experimentos de Ferreira et al. (2003), resultados semelhantes foram encontrados por Aquino Neto e Camargo (2000) e Costa et al. (2001). Adições sucessivas do lodo de curtume implicariam no aumento dos teores de Na no solo em função da elevada concentração desse elemento no resíduo o que proporcionou aumento nos teores de Na no solo.

A passagem do Na para o complexo de troca começa a se tornar crítico quando o mesmo constitui a metade ou mais dos cátions solúveis da solução do solo. Nessas condições, o Ca e o Mg, por serem menos solúveis, precipitam-se à medida que a solução do solo se concentra, em consequência da evaporação, deixando o Na como o único cátion na solução. Dessa maneira, o Na apesar de possuir menor capacidade de adsorção no complexo de troca (carga monovalente, e a preferência de ligação da serie liotrópica, $Li^+ < Na^+ < K^+ < Rb^+ < Cs^+ < Mg^{+2} < Ca^{+2} < Al^{+3}$), consegue deslocar os cátions por ação de massa. O processo da passagem do sódio para o complexo de troca é denominado de sodificação, e constitui a primeira fase do processo de salinização, levando à formação dos solos salino-sódicos (RIBEIRO et al., 2003).

Do ponto de vista ambiental o Na é o limitador no uso de resíduos que o contem em alto teor, que segundo De La Penha (1996), s

efeitos das altas concentrações de sais no solo e na planta, alteram o estado de agregação das partículas, alterando a aeração, a retenção de umidade, aumentando o potencial osmótico do solo. O Na promove a dispersão das partículas do solo reduzindo a aeração, infiltração e condutividade hidráulica. Esse elemento na planta causa redução do crescimento devido ao aumento da pressão osmótica da solução do solo, o que promove a redução no abastecimento da água, da absorção, retardando a germinação, e causando toxicidade.

Os efeitos dos íons na solução irá depender da tolerância e da adaptação da cultura quanto a toxidez do íon. Como efeitos antagônicos, uma competição por certas reações podem promover a redução de absorção de outros elementos, causando desbalanço da solução intracelular, o que pode originar certas reações e impedir outras. Os efeitos iônicos têm origem nas características eletroquímicas dos íons, as quais estão relacionadas com a série liotrópica dos elementos e com a afinidade dos íons das células.

Os altos níveis de Na promovem redução do crescimento vegetativo por inibir principalmente a absorção de Ca, embora não se descarte a inibição de absorção de Mg e K em espécies madeiríferas Bergmann (1992). Niu et al. (1995) comentaram que o NaCl promove um rápido aumento de Ca no citoplasma, atuando como um sinal de estresse geral, mas esse aumento não poderia ser confirmado como efeito de tolerância à salinidade, já que é transitório. O Na compete com o Ca na absorção e/ou mudança nos níveis internos de Ca, além de aumentar a permeabilidade da membrana e reduzir a seletividade de absorção.

Martines (2005) observou a limitação na produtividade de massa seca de plantas, que poderia estar associado ao efeito do Na trocável e ao pH elevado, e corroborando com esses resultados, Larcher (2000) citou que altas concentrações de Na em plantas pode ocasionar distúrbios no balanço iônico no K e Ca afetando principalmente a taxa de crescimento e a produção de matéria seca.

4.1.6 Soma de bases

A soma de bases (SB) dentro de cada talhão, diferiu em todas as profundidades. A maior SB foi verificada no TII, no TI e na testemunha, a SB apresentou nível intermediário e menor, respectivamente (Figura 12).

Quando se comparou a soma de bases nas profundidades do solo, os resultados tiveram diferenças. A soma de bases, após aplicação do lodo aumentou de 8 a 10 vezes na camada superficial do solo em TI e TII, respectivamente em relação à testemunha, evidenciando o poder do lodo em alterar as características químicas do solo.

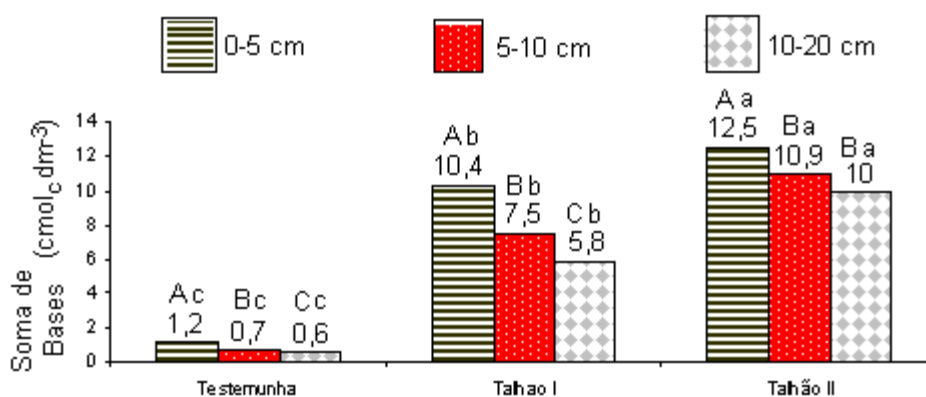


FIGURA 12. SOMA DE BASES ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) EM PLINTOSSOLO NOS DIFERENTES TRATAMENTOS (Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro de cada talhão, e minúscula nas respectivas profundidades, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%).

Houve acréscimo na SB de 8,6 vezes da testemunha para TI, e de 1,2 vezes desse para TII. Comparando a testemunha em relação ao TII o aumento da SB foi de 10,4 vezes.

4.1.7 CTC do solo

Assim como houve aumento nos teores das bases, essas por sua vez influenciaram na CTC nas áreas que receberam o lodo caledado, em TII e na testemunha, esse atributo foi similar nas duas primeiras profundidades, mas diferente na camada 10-20 cm. Em TI a CTC foi diferente em todas as camadas (Figura 13). A CTC variou de muito alta em TI e em TII, exceto para a maior profundidade de TI, assim a

classificação da CTC quanto a fertilidade do solo de acordo com Novais e Mello (2007) o enquadram como de alta a média alta na testemunha

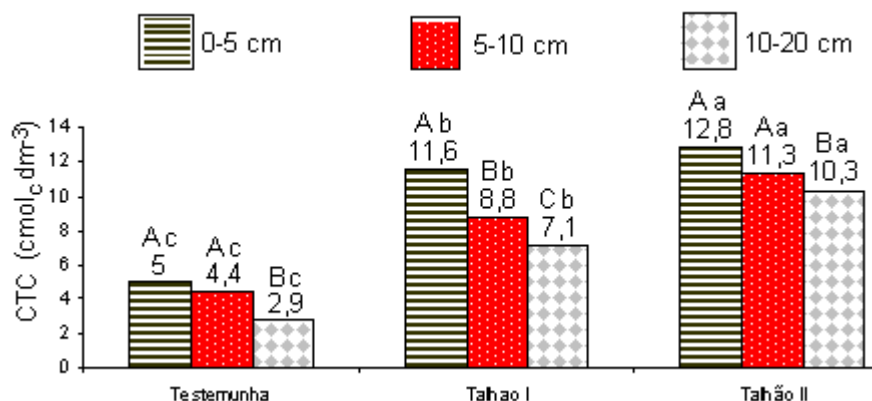


FIGURA 13. CTC ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) EM PLINTOSSOLO NOS DIFERENTES TRATAMENTOS (Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro de cada talhão, e minúscula nas respectivas profundidades, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%).

Houve aumento na CTC de 2,32 vezes da testemunha para TI, e desse de 1,1 vezes TII, e comparando a testemunha para TII o aumento da CTC foi de 2,56 vezes.

Conforme o pH do solo aumentou o Al^{3+} sofreu hidrólise deixando vago sítios de troca de cátions, ou ainda ocasionando a dissociação do hidrogênio aumentando assim a CTC e o pH do solo (HOCHMAN et al., 1992).

4.1.8 Saturação por bases do solo (V%)

A saturação por bases (V%) no TII foi semelhante em todas as profundidades, e em TI os resultados são diferentes, o mesmo ocorrendo na testemunha (Figura 14).

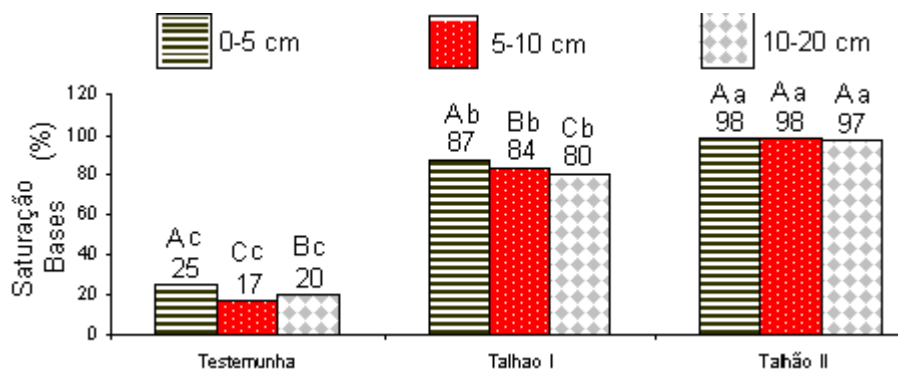


FIGURA 14. SATURAÇÃO POR BASES (%) EM PLINTOSSOLO NOS DIFERENTES TRATAMENTOS (Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro de cada talhão, e minúscula nas respectivas profundidades, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%).

Houve aumento de V% em 3,48 vezes da testemunha para TI, e de 1,12 vezes desse para TII. Comparando a testemunha em relação para TII, a saturação por bases aumentou 3,9 vezes.

Nas profundidades, a saturação por bases diferiram entre si, assim esse atributo na testemunha, segundo Novais e Mello (2007) foi enquadrada como baixa, e em TI e TII variou de alta a muito alta.

Essa elevação na CTC e saturação por bases, foram semelhantes ao de Barbosa et al. (2002) que estudaram efeito do lodo de estação de tratamento de efluentes caledo em plantios de milho, e concluíram que as parcelas que receberam o lodo aumentou os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , pH e C orgânico, aumentando conseqüentemente a CTC e a V %. Os resultados também foram similares aos de Andreoli (1997) que também estudou lodo caledo.

De maneira geral, os talhões que receberam o lodo apresentaram maiores valores de SB, CTC e V%, relacionados ao efeito de grande quantidades do Ca e Na presentes no lodo aplicado, corroborando com o trabalho de Oliveira et al. (2002).

A aplicação do lodo no TI e no TII resultou em incremento da capacidade de troca catiônica do solo, aumento da soma de bases e da saturação por bases, também verificado por Melo e Marques (2000) e Santos et al. (2003), que estaria relacionado ao lodo utilizado que apresenta altos teores de Ca e Na.

4.1.9 Relação de adsorção de sódio – RAS

O RAS seguiu a mesma tendência do Na. Os valores mais elevados foram em TII, foram semelhantes nas duas primeiras camadas, diferenciando na maior profundidade, comportamento similar ao TI, decrescendo com a profundidade (Figura 15). Na testemunha essa relação foi mais baixa, chegando a ser 14 vezes menor que em TI e pelo menos 65 vezes em TII, o lodo teve efeito nas propriedades do solo.

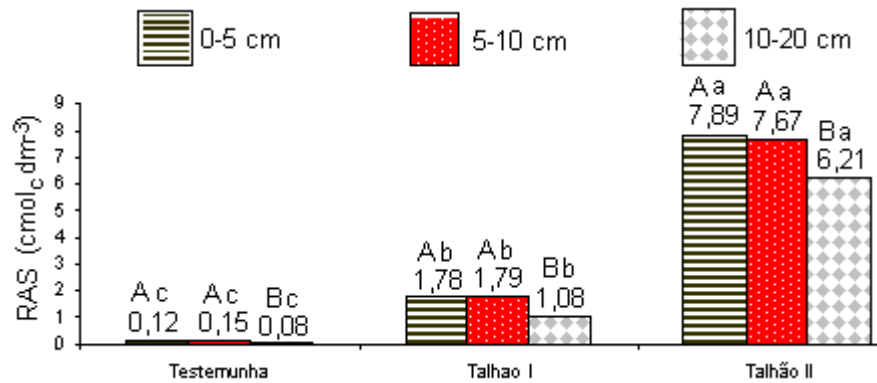


FIGURA 15. RAS (cmol_c dm⁻³) EM PLINTOSSOLO NOS DIFERENTES TRATAMENTOS (Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro de cada talhão, e minúscula nas respectivas profundidades, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%).

Nas camadas do solo estudado a RAS não diferiu apenas na maior profundidade em todos os tratamentos. A relação de adsorção de sódio - RAS nas áreas que receberam o lodo, o Na adicionado influenciou a RAS detectado em TI e TII, e pode ser um indicador de possíveis problemas de infiltração de água, como resultado do excesso de Na em relação ao Ca e ao Mg. No entanto, considerando a textura arenosa mais grosseira desses solos (Tabela 3), cuja velocidade de infiltração foi maior (Figura 3) segundo Bernardo et al. (2006), esses solos são menos propensos aos efeitos nocivos de teores elevados de Na trocável, que os solos mais argilosos (FREIRE e FREIRE, 2007).

Aquino Neto e Camargo (2000) e Costa et al. (2001) também observaram que o maior impacto da aplicação do lodo ao solo foram a elevação acentuada da condutividade elétrica e da Razão de Adsorção de Sódio – RAS.

4.1.10 Porcentagem de sódio trocável - PST

A PST dentro de cada tratamento apresentou diferença nos dois talhões, observando que a maior PST foi na segunda camada. Os maiores valores foram em TII (Figura 16). No TI a PST foi intermediária e a testemunha com a menor porcentagem.

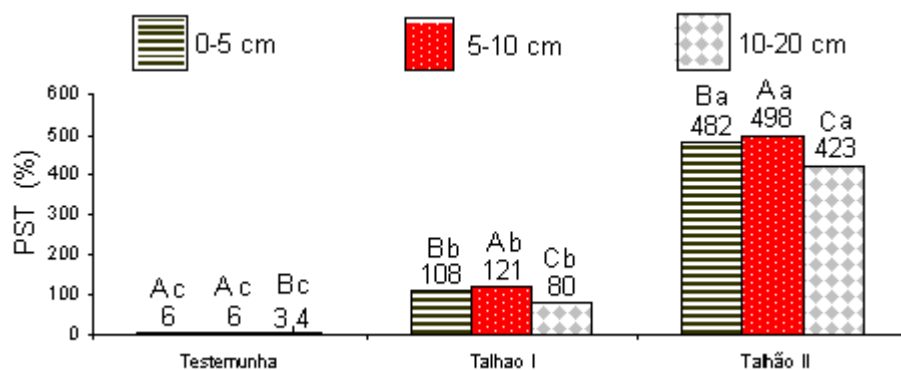


FIGURA 16. Porcentagem Sódio Trocável (%) EM PLINTOSSOLO NOS DIFERENTES TRATAMENTOS (Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro de cada talhão, e minúscula nas respectivas profundidades, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%).

Houve um acréscimo na PST de 18 vezes da testemunha para o TI, e desse para TII de 4,46 vezes. Comparando a testemunha em relação a TII o aumento da PST foi de 80,3 vezes.

Comparando com a classificação dos solos estabelecidos pela Embrapa (2006), embora a testemunha não tenha recebido doses do lodo apresentou atributo diagnóstico com caráter solódico, com saturação por sódio entre 6 e 15%. Na menor porção de adição do lodo, o solo passou de caráter solódico para sódico, com saturação por Na maior que 15%.

Essa adição de sódio no solo pode provocar a dispersão de argila, que estaria associada a uma possível alteração nas relações entre os diversos cátions presentes no solo. Essas alterações podem trazer eventuais deteriorações na estrutura do solo, afetando o sistema de poros e contribuindo para alterações na infiltração e condutividade hidráulica deste meio Veloso (1991). A consequência do aumento da dispersão de argila também é constatada pela redução na estabilidade dos agregados do solo, facilitando o transporte da fração argila, sob condições de chuva ou irrigação para horizontes subsuperficiais do solo (Silva, 2003).

O efeito do Na em TI e em TII, adicionado com a aplicação do lodo do caleiro, contribuiu para o aumento do teor de Na no solo, na relação de adsorção de sódio (RAS) e para a percentual de sódio trocável (PST), comportamento similar ao observado por Aquino Neto e Camargo (2000), por Konrad e Castilhos (2002) e por Martines (2005).

4.1.11 Matéria orgânica do solo (MOS)

Observou-se que o maior teor de MOS foi obtido na superfície do solo, diminuindo conforme se aprofundou no perfil, diferindo significativamente nas três camadas e em todos os tratamentos (Figura 17).

Em TI a MOS foi $47,49 \text{ g dm}^{-3}$ na camada 0-5 cm, e na profundidade 10-20 cm foi de $23,59 \text{ g dm}^{-3}$, com redução de quase 50% menor em relação à camada superficial. No TII onde se aplicou maior dose de lodo, a MOS variou da camada superficial de $34,21 \text{ g dm}^{-3}$ para $20,38 \text{ g dm}^{-3}$ na profundidade 10 a 20 cm, classificados com teor médio de MOS, com base nos resultados de Cochrane et al (1985), que classificaram solos de terras de baixada da América Tropical.

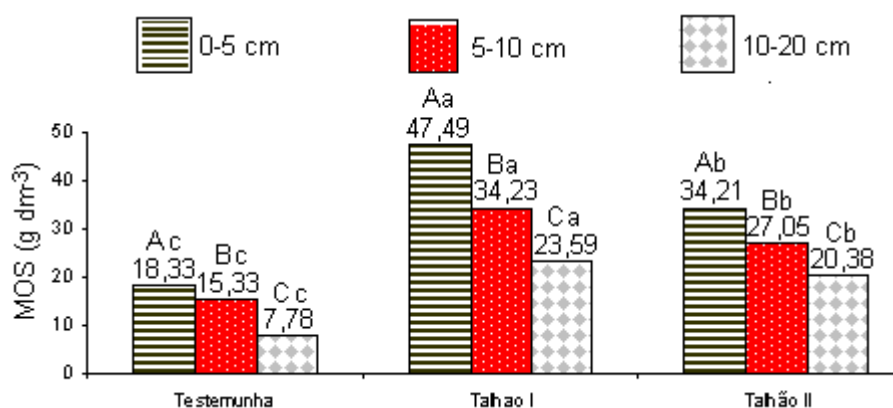


FIGURA 17. MOS (g dm^{-3}) EM PLINTOSSOLO NOS DIFERENTES TRATAMENTOS (Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro de cada talhão, e minúscula nas respectivas profundidades, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%).

Houve acréscimo no teor da MOS de 2,5 vezes da testemunha para TI, e decréscimo de 1,4 vezes deste para TII. Comparando a testemunha com o TII o aumento do teor da MOS foi de 1,9 vezes.

O TI que recebeu menor dose de lodo, a MOS foi cerca de duas vezes e meia maior que a MOS da testemunha. No entanto, quando se comparou o TII com a testemunha nas camadas de 0-5 e 5-10 cm, essa proporção foi menor que 2,0, indicando que a maior quantidade de lodo do calcário no solo não favoreceu ao aumento da MOS, fator que pode ser

atribuído ao possível efeito *priming*, citados por Soares (2003), Lira (2006) e Guedes et al. (2006),

A adição de lodo do caleiro influenciou de maneira positiva o aumento do teor da matéria orgânica nos dois talhões. No entanto, nas maiores dosagens de lodo os teores foram menores mostrando que grandes quantidades desse resíduo podem desacelerar o acúmulo da MOS (PASSIANOTO et al., 2001).

A lenta decomposição de lodos e a conseqüente mineralização dos nutrientes, é um fator favorável à MOS, pois pode permitir uma sincronia entre a liberação e a absorção dos nutrientes às plantas, diminuindo as saídas do ecossistema pela lixiviação (GUEDES 2005). Lira (2006) considerou que para plantios de espécies florestais, o arranque inicial pode requerer maiores quantidades de nutrientes, e essa menor taxa de mineralização pode ser prejudicial ao desenvolvimento inicial das plantas.

4.1.12 N total (NT)

O uso de lodo promoveu alterações no teor de NT nos talhões I e II, sendo diferentes em todos os tratamentos e profundidades (Figura 18). Os maiores teores foram verificados na camada de 0 a 5 cm, decrescendo com a profundidade (Figura 17).

Com a adição do lodo do caleiro no solo os teores de NT aumentou 1,9 vezes no TI em relação à testemunha, e de 1,4 vezes do TI para o TII. Comparando a testemunha ao TII o aumento no teor da MOS foi de 2,7 vezes, demonstrando que o resíduo aplicado aumentou o NT no solo, com o aumento da dose do lodo.

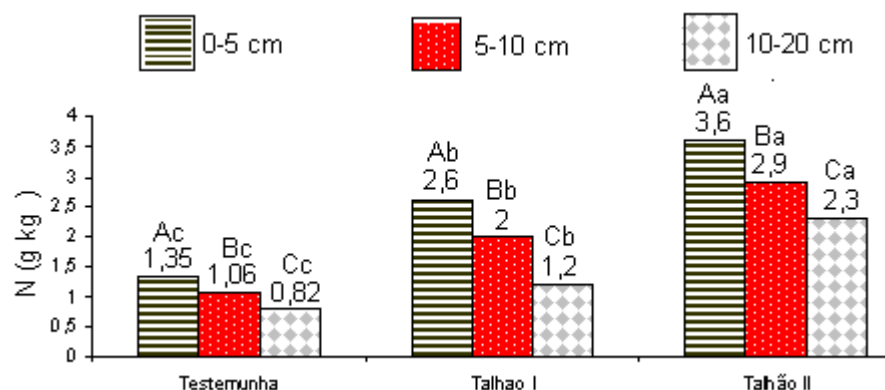


FIGURA 18. DISPONIBILIDADE DE NT (g kg^{-1}) EM PLINTOSSOLO NOS DIFERENTES TRATAMENTOS. (Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro de cada talhão, e minúscula nas respectivas profundidades, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%).

Avaliando o perfil do solo, os maiores teores de NT foram obtidos nas camadas superficiais do solo, diminuído com a profundidade para todos os tratamentos.

Assim, as observações obtidas para NT neste estudo são reforçadas pelas constatações de Barajas-Aceves e Dendooven (2001) que aplicaram lodo de curtume contendo Cr em solos de regiões semi-áridas do México e observaram aumento na mineralização de C e N. Alcântara et al. (2007), trabalhando com lodos de curtume em Latossolo, a adição de doses crescentes dos lodos resultou em maiores teores de N mineralizado acumulado, com resultados semelhantes aos trabalhos de Selbach et al. (1991), Castilhos (1998) e Ferreira et al. (2003).

Quanto aos parâmetros para classificação da fertilidade do solo, levando em consideração o NT, Raj et al. (1997), citaram que não existe um critério confiável de recomendação de adição de adubação nitrogenada, e Lima (1996) mostrou que em plantios de eucalipto onde a relação C:N é baixa essas espécies assimilam o nitrogênio de forma rápida, na forma de nitratos.

4.1.13 Relação C:N

A relação C:N da testemunha) foi 8:1 nas duas primeiras camadas e diminuiu para 6:1 na camada 10 a 20 cm. Em TI a relação foi 11:1, nas camadas 0 a 5 cm e 10 a 20 cm, na camada 5-10 cm essa

relação foi 10:1. Em TII os valores dessa relação diminuíram de 6:1 na primeira camada, e 5:1 nas duas últimas camadas.

Supõem que a incorporação de NT a partir do lodo adicionado ao solo do TI e do TII, pode ser resultado da maior atividade biológica, e conseqüente degradação da matéria orgânica, até ocorrer um novo equilíbrio da relação C:N, similar ao que ocorre quando se aplica uréia ao solo, conforme relatos de Ilhenfeld (1999).

A correção da acidez do solo esteve intimamente associada ao aumento na disponibilidade de NT às plantas, e como ocorreu elevação no teor de Ca com a adição do lodo, maiores teores de NT foram mineralizadas, semelhante ao que ocorre em solos calcareados, segundo Haynes (1984). A relação baixa C:N em solos com aplicação de lodo de curtume, também foi observado por Selbach et al. (1991) e por Alcantara (1999).

4.2 Atributos físicos do solo

A composição granulométrica do solo foi constituída como esqueleto na proporção de 50% ou mais do total na forma de calhaus e cascalho, o restante era de terra fina seca ao ar (TFSA) (Tabela 3). A proporção de calhaus aumentou com a profundidade exceto para TII, similar ao cascalho, oposto ao que ocorreu com a TFSA, que diminuiu com o gradiente do perfil. Esse resultado pode ser justificado pelo processo erosivo natural, que provoca remoção de material mais fino do horizonte superficial para a subsuperfície (GOMES et al.,2004).

Do ponto de vista físico esse solo é classificado como esquelético segundo Embrapa (2006), por possuir mais de 35% de sua composição com diâmetro maior que 200 μm , formado por calhaus e cascalhos, rico em petroplintita.

O solo da testemunha, de TI e de TII apresentam características que os classificam como solo de textura arenosa (EMBRAPA, 2006), pois o teor de areia total em todos os perfis estudados $\geq 700 \text{ g kg}^{-1}$ (Tabela 3).

TABELA 3. CARACTERÍSTICAS GRANULOMETRICA DO SOLO, NOS DIFERENTES TRATAMENTOS

| | Profundi dade cm | Calhau ----%---- | Cascalho ----- | Terra Fina ----- | Areia (g kg ⁻¹) | Silte ----- | Argila ----- | Densidade (g cm ⁻³) |
|----------------|------------------------|---------------------|-------------------|------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------|------------------------------------|
| Teste munha | 0-5 | 2,8Cc | 47,3Ab | 49,9Aa | 801,9Aa | 64,2Ac | 133,9Cc | 1,77Aa |
| | 5-10 | 3,5Bc | 48,2Ac | 48,3Aa | 787,7Ba | 63,9Ac | 148,3Bc | 1,83Aa |
| | 10-20 | 4,2Aa | 50,4Ab | 45,4Ba | 787,0Ba | 64,5Ab | 148,5Ac | 1,79Aa |
| TI | 0-5 | 3,5Bb | 55,4Aa | 41,1Ac | 708,4Bb | 101,7Aa | 189,9Cb | 1,55Bb |
| | 5-10 | 3,8ABb | 62,7Aa | 41,0Ab | 707,3Bb | 100,0Aa | 192,7Bb | 1,7Ab |
| | 10-20 | 4,4Aa | 54Aa | 41,6Aa | 713,9Ab | 90,6Ca | 195,6Ab | 1,52Bb |
| TII | 0-5 | 4,9Aa | 48,3Bb | 46,8Ab | 713,6Ab | 86,7Ab | 199,8Ca | 1,82Aa |
| | 5-10 | 4,7Aa | 53Ab | 42,3Cb | 704,9Bb | 85,0Ab | 210,6Ba | 1,8Aa |
| | 10-20 | 3,1Bb | 51,6Ab | 45,3Ba | 694,9Cc | 86,6Aa | 218,5Aa | 1,8Aa |

(Médias seguidas por mesma letra maiúscula dentro de cada talhão, e minúscula nas respectivas profundidades, não diferem entre si pelo teste Tukey 5%).

Os teores de areia na testemunha foram próximos a 800 g kg⁻¹ em todas as profundidades, e em TI e TII esses valores ficaram próximos a 700 g kg⁻¹, e em todos os talhões diminuiu muito pouco da superfície para as camadas mais profundas.

Quanto ao silte, os teores variaram nas três áreas, ficando TI com a maior porção, próximo a 100 g kg⁻¹, e menor na Testemunha próximo a 33 g kg⁻¹, e intermediário em TII, com valores na ordem de 100 g kg⁻¹. A argila aumentou de acordo com que se aprofundou as amostras do solo, com menor teor no solo sob cerrado, intermediário para o talhão I e maior teor no talhão II.

A densidade do solo dentro de TI, os resultados foram similares nas profundidades menor e na maior, e na profundidade intermediária apresentou diferença significativa, e em TII não houve diferença entre as profundidades (Figura 20). A densidade aparente nas profundidades correspondentes dos tratamentos estudados foram diferentes.

De acordo com Kiehl (1979), as amplitudes de variação das densidades aparentes para solos arenosos variam dentro de 1,25 a 1,4 g cm⁻³, solos com densidade aparente elevada, são indícios de compactação, possuem menor estruturação, conseqüentemente maiores serão as restrições ao crescimento e desenvolvimento de plantas e lixiviação de elementos químicos.

Neste estudo, os valores de densidade obtidos estão acima dos parâmetros estabelecidos por Kiehl (1979), e pode ser justificado por se

tratar de um Plintossolo, pois a fração de calhaus e cascalho corresponderam a quase 50% do volume total do solo.

4.3 Velocidade de infiltração

Observou-se que a taxa de infiltração no T1 foi maior que no T2, a partir dos 10 minutos a testemunha apresentou valores intermediários, houve tendência de diminuição tornando-se constante aproximadamente aos 120 minutos após o início dos testes, com valores de velocidade de infiltração básica (VIB) em 21 26 e 32 mm.h⁻¹, respectivamente para T1 testemunha e T2. De acordo com Bernardo et al. (2006) essa VIB foi considerada alta, devido à sua constituição física apresentar grande quantidade de calhaus e cascalhos e com densidade aparente alta.

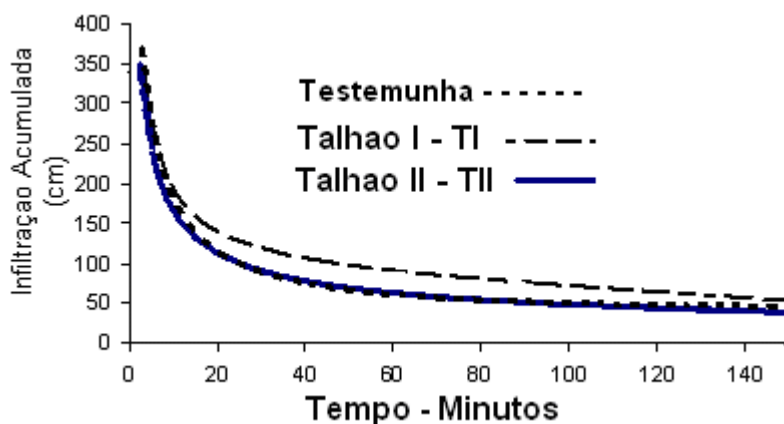


FIGURA 21. INFILTRAÇÃO DE ÁGUA NOS DIVERSOS TRATAMENTOS.

Normalmente os Plintossolos apresentam baixa taxa de infiltração por conter naturalmente uma camada impermeável logo abaixo da superfície (BERNARDO et al. 2006). No entanto, essa taxa neste estudo foi oposta, provavelmente porque a camada impermeável esteja muito abaixo da profundidade onde os ensaios foram efetivados.

Quanto à VIB em T2 ser menor que em T1, uma possível explicação seria o maior volume de sódio adicionado em T2, o que provavelmente influenciou a percolação de água no perfil, conforme argumento De La Penha (1996).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para usar o lodo do caleiro em solo agrícola deve-se levar em consideração a dose a ser aplicada, a textura e as características físicas e químicas do solo, com especial atenção ao pH e ao teor de sódio, e as culturas a serem exploradas nessas áreas lodo devem ser tolerantes ao sódio e exigentes em cálcio e nitrogênio;

A aplicação do lodo no solo deve ser o mais homogênea possível de modo que não se concentre em alguns pontos do terreno, pois evitará sua concentração localizada, e após adição deve ser incorporado ao solo, visando uniformizar a distribuição nas camadas profundas do mesmo, e permitir a decomposição natural e melhor aproveitamento pelas plantas;

Quando aplicado em doses crescentes no solo, o monitoramento das áreas de aplicação deve ser feito periodicamente visando avaliar os impactos ambientais.

6 CONCLUSÕES

1. A adição do lodo do caleiro alterou as características químicas do Plintossolo;
2. A adição do lodo reduziu a acidez do Plintossolo, aumentou o teor de Na, Ca, CTC, saturação por bases e da soma de bases, elevou o pH, o teor de Na e conseqüentemente a RAS e a PST.
3. O lodo do caleiro pode ser utilizado como corretivo da acidez do solo, mas com o cuidado de monitorar o teor de sódio.

7 BIBLIOGRAFIA

ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; MAFRA A. L.; E. C. FONTANA. Aplicação de calcário e fósforo, estabilidade e estrutura de um solo ácido. Revista brasileira de ciência do solo. Volume 27, nº. 5. Viçosa. 2003.

ALCÂNTARA, M. A. K. Eluviação de crômio (III) de resíduo de curtume em colunas de dois latossolos com diferentes texturas – Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.-Campinas, SP: [s.n.], 1999.

ALCANTARA, M. A. K.; AQUINO NETO, V.; CAMARGO, O.A.; CANTARELLA, H.; Mineralização do Nitrogênio em solos tratados com lodo de curtume. Pesquisa agropecuária brasileira. Brasília, v.42, n.4, p.547-555, abr. 2007.

ANDREOLI, C.V.; FERNANDES, F.; DOMASZAK, S.C. Reciclagem agrícola do lodo de esgoto: estudo preliminar para definição de critérios para uso agrônômico e de parâmetros para normatização ambiental e sanitária. Companhia de Saneamento do Paraná. Curitiba: Sanepar, 1997. 81p.

AQUINO NETO, V.; CAMARGO, O. A. Crescimento e acúmulo de crômio em alface cultivada em dois latossolos tratados com CrCl_3 e resíduos de curtume. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.24, p.225-235, 2000.

ASHRAF, M.; O'LEARY, J.W. Responses of a salt-tolerant and a salt-sensitive line of sunflower to varying sodium/calcium rations in saline sand culture. Journal of Plant Nutrition, New York, v.20, n.2-3, p.361-377, Feb./Mar., 1997.

BARAJAS-ACEVES, M.; DENDOOVEN, L. Nitrogen, carbon and phosphorus mineralization in soils from semi-arid highlands of Central Mexico amended with tannery sludge. Bioresource Technology, v.77, p.121-130, 2001.

BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. & NOVAIS, R.F. Nutrição e adubação de eucalipto. Inf.Agropec., 18:70-75, 1997.

BARROW, N. J. Reaction of anions and cations with variable charge soils. Advanced Agronomy, v.38, p.183-230, 1985.

BATAGLIA, O. C. , BERTON, R. S., CAMARGO, O. A., VALADARES, J. M. A. S., Resíduos orgânicos como fontes de nitrogênio para capim braquiária, Revista Brasileira de Ciência do Solo (1983), 7: 277-284.

BARBOSA, G.M.C.; TAVARES FILHO, J. & FONSECA, I.C.B. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho eutroférico após aplicação por dois anos consecutivos de lodo de esgoto. *Acta Sci.*, 24:1501-1505, 2002.

BARTLETT, R. J.; JAMES, B. R. Mobility and bioavailability of chromium in soils. In: NRIAGU, J. O.; NIEBOER, E. Chromium in the natural and human environments. New York: J. Wiley & Sons, 1988. p. 267-304.

BERGMANN, W. Nutritional disorders of plants. New York: G. Fischer, 1992. 741p.

BERNARDO. S.; SOARES. A. A.; MANTOVANI. E. C.; Manual de irrigação – Viçosa. Editora UFV. 2006. 625 p.

BRADY, N.C. The nature and properties of soils. 10th S.1.: McMillian Publishing, 1990.

CAMARGO, O. A.; RAIJ, B. V. Movimento do gesso em amostras de latossolos com diferentes propriedades eletroquímicas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, V. 13, p.275-280, 1989.

CASTILHOS, D. D.; VIDOR, C.; TEDESCO, M.J.; Redução do Cromo em Solo Suprido com lodo de Curtume e Cromo Hexavalente. *Revista Brasileira de Agrociência*, Viçosa, v. 5, no. 3. p. 228 a 232, 1999.

CASTILHOS, D.D.; VIDOR, C.; CASTILHOS, R.M.V. Atividade microbiana em solo suprido com lodo de curtume e crômio hexavalente. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v.6, n.1, p.71-76, 2000.

CASTILHOS, D. D.; TEDESCO, M. J.; VIDOR, C. Rendimentos de culturas e alterações químicas do solo tratado com resíduos de curtume e cromo hexavalente. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 26, p. 1083-1092, 2002.

CLAAS, I.; MAIA, R. Manual básico de resíduos de curtume. Porto Alegre: SENAI/RS, 1994.

COCRHANE, T. T.; SANCHEZ, L. G. ; AZEVEDO, L. G. DE ; PORRAS, J. A. ; GARVERL, C. L. A Terra na America Tropical. Cali: CIAT/EMBRAPA-CPAC, 1985. 146 p.

COSTA, C. N.; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V.; KONRAD, E. E.; PASSIANOTO, C. C.; RODRIGUES, C. G. Efeito de adição de lodo de curtume sobre as alterações químicas do solo, rendimento de matéria seca e absorção de nutrientes em soja. *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 7, p. 189–191, 2001.

CORNELL, R. M.; SCHWERTMANN, U. The iron oxides: structure, properties, reactions, occurrences and uses. 2.ed. Wiley-VCH, New York, 2000. 664p.

DE LA PENÃ, I. Salinidad de los Suelos Agrícolas. Sua origem – classificacion – Prevencion y Rehabilitacion. Boletín Técnico Nº 10 SARH. 1996.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2.ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília, Embrapa/Produção de Informação; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C.; Potássio. In: Novais et al. Fertilidade do solo. P. 551 a 594. Viçosa. 2007. 1017p.

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, p.755-763, 2003.

FIORE, M.F.; SILVA, P.M.; FERREIRA, R.M.; VICTORIA, R.L.; TSAI, S.M. Mineralização da azola marcada com 15N em solo cultivado e não cultivado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.14, n.3, p. 305-312,1990.

FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: Novais et al. Fertilidade do solo. P. 929 a 954. Viçosa. 2007. 1017p.

GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; TEDESCO, M. J. Princípios de fertilidade do solo. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 276 p.

GOMES, J.B.V.; CURI, N.; MOTTA, P.E.F.; KER, J.C.; MARQUES, J.J.G.S. & SCHULZE, D.G. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma Cerrado. R. Bras. Ci. Solo, 28:137-153, 2004.

GUEDES, M. C.; ANDRADE, C. A.; POGGIANI, F. M.; Matiazzo, M. E. Propriedades químicas do solo e nutrição do eucalipto em função da aplicação de lodo de esgoto. Rev. Bras. Ciênc. Solo. 2006, v. 30, n. 2, pp. 267-280.

GUERRA, J.G.M.; SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. O.; Macromoléculas e substâncias húmicas. In: Santos et al. Fundamentos da

Matéria orgânica do solo – Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre. Metrópole. 2008.

HAYNES, R.J. Lime and phosphate in the soil-plant system. *Advances in Agronomy*, v.37, p.249-315, 1984.

HSIEH, Y.P.; LOWELL, A.D. & MOTTO, H.M. Modeling sewage sludge decomposition in soil: I. Organic carbon transformation. *J. Environ. Qual.*, 10:54-64, 1981.

HUE, N. V. Correcting soil acidity of a highly weathered ultisol with chicken manure and sewage sludge, *Communications Soil Science Plant Analysis*, v. 23, P 241-264, 1992.

ILHENFELD, R. G. K.; PEGORINI, E. S.; ANDREOLI, C. V. Fatores limitantes. In: *Uso e manejo de lodo de esgoto na agricultura*. Rio de Janeiro: PROSAB, Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, 1999. 97p.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em 08 de dezembro de 2008.

JAHNEL, M.C. Método de plaqueamento por gotas e outros parâmetros microbiológicos na avaliação da degradação de lodo ativado de curtume em solos. Piracicaba, 1997. 79p. Tese USP. Piracicaba, 1997.

JANNSON, S.L.; PERSSON, J. Mineralization and immobilization of soil nitrogen. In: STEVENSON, F.J. (ed). *Nitrogen in Agricultural Soils*. Madson: American Society of Agronomy, 1982. Monograph n1 22, p.229-252.

KIEHL, E.J. *Manual de edafologia, relações solo-planta*. São Paulo, Editora Ceres, 1979. 263p.

KONRAD, E.E.; CASTILHOS, D.D. Alterações químicas do solo e crescimento do milho decorrente da adição do lodo de curtume. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.257-265, 2002.

LARCHER, W. *Ecofisiologia vegetal*. Tradução de C.H.B.A. Prado. Rima. 2005. 531 p.

LEITE, L.F.C. *Compartimentos e dinâmica da matéria orgânica do solo sob diferentes manejos e sua simulação pelo modelo Century*. Viçosa Universidade Federal de Viçosa, 2002. 146p. (Tese de Doutorado).

LIMA, W. P. *Impacto ambiental do eucalipto*. Edusp. SP. 1996. 301 p.

LINDSAY, W. L. *Chemical equilibria in soils*. New York, John Willey & Sons, 1979. 449p.

LORENZO-MONTERO. L.; Carbono em solos do cerrado: efeitos do uso florestal (vegetação nativa de cerrado, versus plantio de eucalyptus e pinus) – Tese de doutorado, USP. SP 130 p. 2008.

MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: adubos e adubações. 2. ed. São Paulo: Ceres, 1967. 606 p.

MALAVOLTA, E. ABC da Análise de Solos e Folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação - Edit. Agronômica Ceres - São Paulo-SP - 1992.

MALAVOLTA, E.; Manual de nutrição mineral de plantas. Edit Agronômica Ceres. São Paulo-SP. 2006. 638 p.

MARTINES, A. M.; Impacto de lodo de curtume nos atributos biológicos e químicos do solo. Dissertação de mestrado. USP. Piracicaba. SP. 62 p. 2005.

MARTINES. A. M. - Mineralização do carbono orgânico em solos tratado com lodo de curtume. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.41, n.7, p.1149-1155, jul. 2006,

MELO, W.J.; MARQUES, M.O.; SANTIAGO, G. et al. Efeito de doses de lodo de esgoto sobre a matéria orgânica e a CTC de um Latossolo cultivado com cana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO (24.: 1993: Goiânia) Anais... Brasília: SBSC, 1993, v.2, p.253-254.

MELO, W.J. e 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.

MEURER, E. J., Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento de plantas. In: Novais et al. Fertilidade do solo. P. 929 a 954. Viçosa. 2007. 1017p.

NETO, F.C.M. da.; SOUZA, C.M. de. Avaliação de um método de recuperação de áreas degradadas através da estimativa da respiração da microbiota. In: Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água, 2000, Ilhéus. Resumo Expandido... Ilhéus, Ba : SBSC, 2000, CD ROM.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. SUPREN/IBGE. Volume 4, 1979.

NIU, X., BRESSAN, R.A., HASEGAWA, P.M.; PARDO, J.M. Ion homeostasis in NaCl stress environment. Plant Physiology, Rockville, v.109, n.3, p.735-742, 1995.

NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V. de. Acidez do solo e sua correção. SBSC, Viçosa, 2007. Fertilidade do Solo, p. 205-292.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. 1999. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 399p.

OLIVEIRA, F.C.; MARQUES, M.O.; BELLINGIERI, P.A. Efeito da aplicação do lodo de esgoto em Latossolo Vermelho Escuro Textura média em sorgo granífero. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO (24.: 1993: Goiânia) Anais... Brasília: SBCS, 1993.

PASSIANOTO, C. C; CASTILHOS, D. D.; CASTILHOS, R. M. V.; LIMA, A. C. R.; LIMA, C. L. R. Atividade e biomassa microbiana no solo com aplicação de dois diferentes lodos de curtume. Rev. Bras. Agrocência, v.7 n 2. p. 125-130, 2001.

POGGIANI, F. Uso de biossólidos produzidos nas estações de tratamento de esgoto da região metropolitana de São Paulo em plantações florestais. Piracicaba: FEALQ/SABESP, 2003. 93p. (Relatório Técnico-Científico, 12)

PRIEBE, G.P.S. Análise da composição da pele/couro em função das etapas do seu processamento em curtumes. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS. 2005.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).

REICHARDT, K. Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas. 2.ed. Piracicaba: ESALQ, Depto. de Física e Meteorologia, 1996. 160p.

RIBEIRO, M. R.; FREIRE, F. J.; MONTENEGRO, A. A. A. Solos halomórficos no Brasil: ocorrência, gênese, classificação, uso e manejo sustentável. Tópicos de Ciências do Solo, Viçosa, v.3, p.165-208, 2003.

ROS, C.O.; AITA, C.; CERETTA, C.A. et al. Lodo de esgoto: efeito imediato no milho e residual na associação aveia-ervilhaca. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, v.17, p.257-261, 1993.

ROSCOE, R. Soil organic matter dynamics in a Cerrado Oxisol. 2002. 156 p. Tese (Doutorado) - Wageningen University, Wageningen

SANTOS, L. M.; NARIMOTO, K.M.; GALETI, H. V. A.; PARABOCZ, V.; SILVA, W. T. L.; MILORI, D. M. B. P.; MELO, W. J.; MARTIN-NETO, L. Caracterização de amostras de solo submetidos à adição de lodo de esgoto utilizando fluorescência induzida por laser (FIL). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais...** (S.I.) Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. CD-ROM.

SATO, S.; COMERFORD, N. B. Influência do pH do solo na adsorção e dessorção de fósforo num ultisol úmido brasileiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.5, p.685-694, 2005.

SCHNEIDER, K.R., WITTEW; CARPENTER, S.B. Trees respond to sewage sludge in reforestation of acid spoil. *Symp. on surface mining hydrol., sediment. and reclamation*. Lexington: University of Kentucky, 1981. p.291-296.

SELBACH, P.A.; TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; CAVALLET, L.E. Descarte e biodegradação de lodos de curtume no solo. *Revista do Couro*, v.4, p.51-62, 1991.

SILVA, C.R.; SILVEIRA, R.L.V.A.; CAMARGO, F.R.A.; PATROCÍNIO, D.D.; HIGASHI, E.N. Crescimento de clone híbrido de *Eucalyptus* em função da aplicação de nitrogênio na presença e ausência de potássio. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Ribeirão Preto, 2003. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003, CD ROM.

SOPPER, W.E.; SEAKER, E.M. Long-term effects of a single application of municipal sludge on abandoned mine land. In: *Proc. of the 1990 mining and reclamation conf. and exhibition*. Morgantown: West Virginia University, v.2, 1990. p.579-587.

SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A.; Acidez do solo e sua correção. In: *Novais et al. Fertilidade do solo*. P. 205 a 274. Viçosa. 2007. 1017p.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2 ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

SMYTH, T.J.; SANCHEZ, P.A. Effects of lime, silicate and phosphorus applications to an oxisol on phosphorus sorption and ion retention. *Soil Science Society of America Journal*, v.44, p.500-504, 1980.

TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. 2. ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5).

TEIXEIRA, K. R. G., GONÇALVES FILHO. L. A. R., CARVALHO. E. M. S., ARAÚJO, A. S. F. SANTOS. V. B, Efeito da adição de lodo de curtume na fertilidade do solo, nodulação e rendimento da matéria seca do caupi. *Ciências agrotecnicas*. Lavras, v. 30, n. 6, p. 1071-1076, (2006)

TEIXEIRA, J.A.O.S. Descarte de resíduo de curtume no solo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1981. 84p. (Tese de Mestrado)

TERRY, R.E.; NELSON, D.W. & SOMMERS, L.E. Carbon cycling during sewage sludge decomposition in soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 43:494-499, 1979.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L.M. Solos e Fertilidade dos solos. Edit. Andre. São Paulo-SP. 2007.

VALE, F. R. Efeito do alumínio sobre a cinética de absorção de nitrato, amônio e fosfato em milho (*Zea mays*, L.) e em clone de eucalipto (*Eucalyptus alba*). Viçosa, MG: UFV, 1982. 71p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1982.

VELOSO, H.P., RANGEL FILHO, A. L. & LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro. 1991.