

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

**ALTERAÇÃO EM PROPRIEDADES QUÍMICAS E
FÍSICAS DE SUBSTRATO DE CULTIVO POR ADIÇÃO
DE COMPOSTO ORGÂNICO**

PEDRO CORRETO PRIANTE

ORIENTADOR: Prof. Dr. GEORGE LOUIS VOURLITIS

Cuiabá, MT outubro de 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

**ALTERAÇÃO EM PROPRIEDADES QUÍMICAS E
FÍSICAS DE SUBSTRATO DE CULTIVO POR ADIÇÃO
DE COMPOSTO ORGÂNICO**

PEDRO CORRETO PRIANTE

*Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Física Ambiental da Universidade
Federal de Mato Grosso, como parte
dos requisitos para obtenção do título
de Mestre em Física Ambiental.*

ORIENTADOR: Prof. Dr. GEORGE LOUIS VOURLITIS

Cuiabá, MT novembro de 2009

Folha de Aprovação

DEDICATÓRIA

Deus pela vida, meus amigos, professores e à minha família pelo amor e compreensão, em especial aos meus pais Nicolau Priante Filho e Josita Correto da Rocha Priante pelas oportunidades e sacrifícios.

AGRADECIMENTOS

Durante o período de estudos percebi o quanto estou rodeado de pessoas maravilhosas e que foram fundamentais para realização deste trabalho. Além do título de mestre, aprendi ainda mais valorizar a família, amigos, colegas, professores e todos aqueles que de certa maneira contribuíram sem medir esforços na minha vida acadêmica e pessoal.

- Agradeço aos meus pais Nicolau e Josita, que não se cansam em auxiliar e apoiar o próximo.
- Aos meus irmãos, Leandro, Maíra e Gabriela e sobrinhos, Lucas e Matheus pela compreensão de minha ausência em muitas atividades.
- À Prof^ª. Dr^ª. Sânia Lucia Camargo por quem tenho muita admiração e respeito pela seriedade, competência e prazer em ensinar e repassar seus conhecimentos.
- Aos professores, em especial o Prof^º. Dr^º. Francisco de Almeida Lobo (Professor Chico).
- Ao Prof^º. Dr^º. José de Souza Nogueira (Professor Paraná) pela amizade, dedicação e conquistas do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental.
- Ao Prof^º Dr^º. George Louis Vourlitis que foi muito compreensivo com minhas limitações.
- Aos meus colegas de mestrado com quem compartilhei bons momentos e aprendizado.
- Ao Thiago Luciano, estudante de Agronomia, que demonstrou muita disposição, pró-atividade e vontade de aprender antes e durante a condução do experimento.
- Aos amigos Cleverson, Luis Fernando e famílias que fazem parte da minha formação e sempre estiveram ao meu lado para superar desafios.
- À Catherine M. Resende e família por quem tenho muita admiração e carinho.
- Ao Sr^º. Enok, da empresa Rei das Balanças, que sempre apoiou atividades de pesquisa e extensão da UFMT.
- À Prof^ª Dr^ª. Maria Aparecida Braga Caneppele (Professora Cida) e estudantes do NTA que estiveram sempre à disposição para ajudar e contribuir.

- Ao Prof^o. Dr^o. Luciano Cabral e toda equipe do Laboratório de Nutrição Animal da FAMEV.
- Ao Sr^o. José Joaquim de Souza Neto e aos funcionários do Laboratório Agroanálise em nome do Ricardo que sempre estiveram de prontidão em nos atender.
- Ao Luciano Godoy, pelo companheirismo nos momentos finais da elaboração deste trabalho.
- Aos membros da banca examinadora, Prof^a. Dr^a. Maria Aparecida Braga Caneppele, Prof^o. Dr^o. Francisco de Almeida Lobo e Prof^o. Dr^o George Louis Vourlitis pelas críticas, sugestões e correções.
- Ao Sr^o Juarez Ductevicz por acreditar e apoiar atividades em busca de alternativas para recuperação de áreas degradadas.
- À Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA) em especial aos funcionários da Coordenadoria de Gestão de Resíduos Sólidos (CGRS), Sr. João Marcelo Shiroma, Sr^a. Solange Fátima de Oliveira Cruz, Sr^a. Nêisi Leonor de Pinho Dias, Sr^a. Nilma da Silva Taques, pela confiança e ética profissional em suas atribuições.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 CTC e pH.....	5
2.2 DENSIDADE APARENTE.....	5
2.3 DINAMICA DA ÁGUA E CAPACIDADE DE VASO.....	6
2.4 TAXA DE DRENAGEM DE ÁGUA NO SOLO.....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
4.1 pH.....	17
4.2 CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA - CTC.....	18
4.3 MATÉRIA ORGÂNICA – MO.....	19
4.4 DENSIDADE - D _s	20
4.5 DINAMICA DA ÁGUA E CAPACIDADE DE VASO- CV.....	22
4.6 TAXA DE DRENAGEM – D _r	25
5. CONCLUSÕES.....	27
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Variação do teor de água em base seca dos tratamentos em função do tempo após encharcamento.	15
Figura 2. Alteração do pH do substrato em relação à adição de CEB (Composto de esterco Bovino).	17
Figura 3. Alteração da CTC do substrato em relação à adição de CEB (Composto de esterco Bovino).	18
Figura 4. Alteração da MO em relação à adição de CEB (Composto de esterco Bovino).....	20
Figura 5. Alteração da densidade seca em relação à adição de CEB (Composto de esterco Bovino).	21
Figura 6. Alteração da densidade em relação à adição de CEB (Composto de esterco Bovino) conforme Método Publicado no Diário Oficial da União (2007).	22
Figura 7. Dinâmica da água retida no substrato em função logaritmo neperiano do tempo após encharcamento.	23
Figura 8. Teores de água na CV (capacidade de vaso) em função da adição de CEB (Composto de esterco Bovino).....	24
Figura 9. Dr (taxa de drenagem 0,5 hora após o encharcamento) em função da adição de CEB (Composto de esterco Bovino).	26

RESUMO

PRIANTE, P.C. *Alteração em propriedades químicas e físicas de substrato de cultivo por adição de composto orgânico.* Cuiabá, 2009. 33p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

A adequada destinação de resíduo dos frigoríficos de bovinos, conteúdo ruminal, é uma questão pouco conhecida e em alguns casos pode constituir-se em um problema de contaminação ambiental. A produção de compostos a partir desses resíduos se apresenta como uma alternativa que permite tanto a limitação de material contaminante lançado ao ambiente quanto redução de fontes de dióxido de carbono para a atmosfera, devido à incorporação do carbono em compostos estáveis da matéria orgânica do solo. O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar os efeitos da adição de diferentes proporções de composto de esterco bovino nas propriedades físicas e químicas em substrato para cultivo. O trabalho foi conduzido em vaso na casa de vegetação da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMEV) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Foram avaliados cinco tratamentos, 0%, 25%, 50%, 75% e 100% do volume de composto em relação ao volume do substrato. Houve efeito significativo ($p < 0,01$) no pH, na matéria orgânica (%), na capacidade de troca catiônica (CTC) e na densidade seca (Ds) em função da dose de composto adicionada ao substrato. Houve efeito da dose de composto na taxa de drenagem ($L \cdot h^{-1}$), quantidade de água perdida 0,5 (meia) hora após o encharcamento, explicada pela equação de regressão linear ($p < 0,01$; $R^2 = 0,48$). Os resultados obtidos no presente estudo indicam que as proporções, em volume, de mistura para substratos mais adequadas estão entre 25% e 75% de CEB.

Palavras chave: retenção de água, composto de esterco bovino, terra preta

ABSTRACT

PRIANTE, P.C. *Effect of adding cattle manure compost in the substrate chemical and physical properties*. Cuiabá, 2009. 33p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

The proper disposal of cattle slaughterhouses waste is a little known question and in some cases may constitute a problem of environmental contamination. The production of compounds from this waste is an alternative for pollutant environment release or reducing sources of carbon dioxide in atmosphere due to the incorporation of carbon in stable compounds of soil organic matter. The objective of this study was to evaluate the effects of adding different proportions of compost from cattle manure on the chemical and physical properties of soil. The study was conducted in a greenhouse of the Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMEV) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Five treatments were evaluated, 0%, 25%, 50%, 75% and 100% (by volume) between cattle manure compost and soil. Applying regression analysis, significant effects ($p < 0,01$) of pH, organic matter (%), cation exchange capacity (CEC) and dry density (Ds), were obtained the amount compost added to the substrate. There was an effect of the amount of compost added on drainage rate ($L \cdot h^{-1}$), or the amount of water lost 0.5 hours after the drenching, explained by the linear regression equation ($p < 0,01$; $R^2 = 0,48$). The results of this study indicate that mixing proportions between 25% and 75% of cattle manure are the most appropriate for substrate.

Keywords: water retention, cattle manure compost, soil.

1. INTRODUÇÃO

O uso inadequado dos recursos naturais, em especial o solo e água, é uma questão muito debatida mundialmente. O Brasil é um país privilegiado na disponibilidade de água potável e solos agricultáveis, no entanto é necessário que mudanças nas técnicas e no modelo de produção continuem sendo estudadas na busca de maiores produtividades com diminuição de agressão ao meio ambiente.

A busca por fontes alternativas de adubação é uma realidade, no entanto, ainda não se presencia essa prática no campo de maneira expressiva. Grande parte dos resíduos originados nos frigoríficos, feiras, confinamentos, lodo de lagoas de tratamentos, etc, pode ser utilizada como fertilizantes desde que tratados e com autorização do órgão ambiental responsável.

A compostagem é uma atividade conhecida como uma maneira eficaz de se processar resíduos orgânicos, no entanto o processamento de conteúdo ruminal de bovinos é uma atividade recente no Estado de Mato Grosso. Na região denominada Baixada Cuiabana, diariamente, são geradas dezenas de toneladas de resíduos nos abatedouros e frigoríficos e, em sua maioria, a destinação destes materiais é realizada de forma pouco sustentável e muitas vezes imprópria (depositados próximo de rios, nascentes, centros urbanos, etc). Muitos resíduos, se processados/tratados, podem ser utilizados como substratos para cultivo de plantas, produção de mudas, etc, com excelentes propriedades físicas e químicas.

O composto de esterco bovino, produto resultante da compostagem, é uma excelente fonte de matéria orgânica, microrganismos benéficos e de macro e micronutrientes. Além de melhorar a estrutura do solo, favorecendo retenção de água e aeração, corrige efeitos tóxicos e regula o pH (efeito tampão) do solo.

Nas condições edafoclimáticas do Estado de Mato Grosso em particular na “Baixada Cuiabana” existem poucos trabalhos e resultados de estudos que avaliam a contribuição da adição de composto de esterco bovino, produzido a partir da compostagem de conteúdo ruminal de bovinos, em substrato para o cultivo de plantas.

A utilização de fontes alternativas de substratos e fertilizantes é, muitas vezes, definida sem um parâmetro científico, podendo até mesmo causar falsa impressão sobre um determinado tipo de resíduo em função do seu mau uso.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da adição de diferentes proporções de composto de esterco bovino (CEB) em propriedades físicas e químicas de substrato para cultivo como a densidade, a umidade na capacidade de vaso, o pH, a capacidade de troca catiônica (CTC), o percentual de matéria orgânica (MO) e a retenção de água após o encharcamento. Partiu-se da hipótese que quanto maior a quantidade de CEB adicionado ao substrato menor a densidade e maior a umidade na capacidade de vaso, o pH, a CTC, o teor de MO e a retenção de água após encharcamento.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Muitas pastagens no Estado do Mato Grosso estão em processo avançado de degradação por falta de investimentos e manejo adequado. AZEVEDO (2004) destacou que, nas últimas décadas, as alterações dos atributos que ocasionam a degradação dos solos têm sido detectadas de forma intensa em áreas agrícolas, em razão de diversos processos que levam ao depauperamento das características físicas, químicas e biológicas, sendo apontados como responsáveis o revolvimento excessivo do solo em áreas agrícolas, as práticas agrícolas inadequadas e o superpastejo. Esses processos são responsáveis por diversos fatores que têm contribuído para a diminuição do potencial produtivo do solo, o que tem afetado a sustentabilidade do sistema.

Inúmeras pesquisas mostram que são perceptíveis as alterações que ocasionam a degradação dos solos sob pastagens, especificamente relacionada às propriedades físicas. Segundo HUMPHREYS (1994), HOLT et al. (1996), CORREA e REICHARDT (1995), MORAES e LUSTOSA (1997) e MULLER et al. (2001), a deterioração das condições físicas de solos sob pastagem é atribuída ao pisoteio do gado, que causa compactação, expressa pelo aumento da densidade, da microporosidade e da resistência do solo à penetração, e da redução do espaço poroso total, da macroporosidade e dos valores das propriedades hidráulicas, o que propicia menor capacidade de infiltração da água no solo e aumento da susceptibilidade a erosão. Para AZEVEDO (2004) o uso do solo com pastagem propiciou a diminuição do teor de elementos químicos no solo, especificamente dos elementos: P, K, Ca, Mg, N, B, Mn e Zn.

Os resíduos orgânicos e esterco originados em frigoríficos e criadouros possuem propriedades químicas e físicas que beneficiam cultivo de plantas em solos pobres e degradados. Autores como BRUMMER (1998); CANTLIFFE (1995) e STEWART e ROBINSON (1997) afirmaram que os esterco foram muito utilizados no passado, mas com o advento dos adubos químicos o interesse pelos fertilizantes orgânicos diminuiu. Atualmente, a preocupação com a degradação ambiental renovou o interesse pelo uso dos esterco, ou seja, pela agricultura sustentável.

Uma das características mais importante presente na maioria dos fertilizantes orgânicos é o elevado teor de matéria orgânica (MO). “A MO do solo influencia o crescimento vegetal por meio de seus efeitos sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo” (STEVENSON, 1982). “Ela possui função física, porque promove boa estrutura do solo, reduz sua compactabilidade” (ZHANG et al., 1997), “(...) melhorando sua aeração, o movimento e a retenção de umidade no solo” (OELSEN et al., 1997; TESTER, 1990). “Sua função química é manifestada pela habilidade para interagir com metais, óxidos e hidróxidos metálicos e formar complexos orgânico-metálicos atuando como depósito de N, P e S” (SCHNITZER, 1991).

“Em solos ácidos sob cerrado, o efeito da MO na disponibilidade de fósforo aplicado tem caráter temporal” (MESQUITA FILHO e TORRENT, 1993).

“A função biológica da MO do solo é proporcionar C como fonte de energia para bactérias fixadoras de N, aumentar o crescimento vegetal, o sistema radicular, o rendimento, a absorção de nutrientes, a síntese de clorofila e a germinação das sementes” (PRAKASH e MACGREGOR, 1983). Os autores MENESES (1993) e ERNANI (1984) constataram que vários tipos de adubos orgânicos são capazes de aumentar o rendimento de grãos do milho, incluindo esterco bovino, esterco de suínos ou cama de aves.

De maneira semelhante, SILVA et al. (2004) constataram aumento na retenção de umidade e no teor de água disponível no solo com aumento das doses de esterco aplicadas no solo. Além disso, TIARKS et al. (1974) concluíram que o esterco bovino aumenta a retenção de água no solo, provavelmente devido à formação de agregados. “A MO do esterco atuaria como agente cimentante na formação dos agregados (...). A maioria das substâncias orgânica do solo aumenta sua capacidade de retenção de água devido a seu acentuado caráter hidrofílico” (TRINCA, 1999).

De maneira contrária ANDREOLA et al. (2000) registraram que em solos com pH elevado, aplicações anuais de altas doses de esterco, principalmente de aves, podem facilitar o encrostamento, a desagregação das partículas pela chuva, reduzir a condutividade hidráulica, bem como favorecer a formação de substâncias cerosas repelentes à água, culminando com uma redução na sua capacidade de campo.

2.1. CTC e pH

No que se refere às propriedades químicas do solo, os compostos orgânicos são fontes adicionais de micro e macronutrientes, especialmente N, e apresentam elevada capacidade de troca catiônica (CTC) e alta capacidade de retenção de cátions, afirma CARDOSO (1992). Segundo GIORDANO et al. (1975), a aplicação de compostos de resíduos ao solo resulta, freqüentemente, no aumento de pH, com a conseqüente redução do alumínio trocável e, também, no aumento dos teores de cátions trocáveis. Essas alterações dependem da quantidade e qualidade do composto bem como das características do solo. PEIXOTO (1988) acrescenta que o composto mineraliza-se lentamente, liberando gradativamente os nutrientes para as plantas, além de suas substâncias húmicas atuarem na complexação de Al e Mn trocáveis, diminuindo a ação tóxica desses elementos temporariamente.

“Fontes de MO são responsáveis pela CTC do solo porque possuem uma superfície específica cerca de setenta vezes maior que a caulinita das argilas silicatadas” (KIEHL, 1985), materiais de origem muito freqüentes em solos do Mato Grosso.

2.2. DENSIDADE APARENTE

“O valor da densidade é importante para determinação de outras características, como porosidade, espaço de aeração e disponibilidade de água (...). A densidade de um substrato, dentro do recipiente, depende da pressão aplicada no momento do preenchimento, ou quanto do plantio, do peso das partículas do substrato ao caírem uma sobre as outras, da umidade presente nas partículas ou efeito da irrigação” (FERMINO, 2003).

MILKS et al. (1989) acrescentam que a mudança nas variáveis que caracterizam o estado hídrico do substrato (porosidade total, espaço de aeração, água disponível e indisponível) é correlacionada com práticas culturais, pela mudança de determinadas variáveis de “intensidade” como a densidade e distribuição do tamanho das partículas. Segundo FONTENO (1993), a modificação de densidade de um substrato tem efeito leve sobre a porosidade total e grande efeito sobre a água facilmente disponível.

2.3. DINAMICA DA ÁGUA E CAPACIDADE DE VASO

“A água no solo é dinâmica. Perdas de água acontecem por drenagem, evaporação, transpiração e ganhos por meio de garoa, água de chuva e irrigação” (TAYLOR e ASHCROFT, 1972).

KIRKHAM (2004) sugere que o termo capacidade de campo (CC) é muito útil para o entendimento qualitativo da água no solo e não quantitativo. A CC não é o limite superior de água disponível para as plantas porque toda água que não está ligada pelo solo pode ser utilizada pelas plantas enquanto estiver em contato com as raízes, mesmo se estiver escorrendo durante a drenagem rápida, afirma KIRKHAM (2004). Além disso, o pesquisador afirma que o termo CC não deve ser aplicado a experimentos em vasos em casa de vegetação. Este termo refere-se apenas a condições de campo. Vasos de casa de vegetação não possuem camadas sub-superficiais puxando água para baixo do perfil do solo por capilaridade. Logo, neste trabalho denominou-se capacidade do vaso (CV), que é a quantidade de água restante no vaso após irrigação e cessada a drenagem visualmente.

O movimento da água para baixo não cessa, mas continua a uma taxa de redução por um longo período. Não existe um valor real para CC. Contudo, uma gama de valores (conteúdo de água no solo) é associada com CC. Segundo HILLEL (1971), muitos fatores influenciam a CC como: umidade inicial e histórico de umidade do solo, textura e estrutura do solo, tipos de argila, matéria orgânica, profundidade de lençol freático e umidade, presença de camada adensadas e evapotranspiração. Para muitos pesquisadores o termo CC é considerado obsoleto, no entanto é amplamente usado em literaturas.

Dentre as características hídricas que são utilizadas em projetos de irrigação e drenagem, experimentos em casa-de-vegetação e na avaliação do efeito do manejo do solo, está a quantidade de água disponível do solo (AD) (MILLAR, 1984; COSTA e COELHO 1989).

A AD do solo é definida como sendo a diferença entre o teor de água no limite superior de umidade ou capacidade de campo (CC) e o teor de água no limite inferior de

umidade ou ponto de murchamento permanente (PMP) (REICHARDT, 1985). Este parâmetro é afetado pelas características do solo, como o teor de matéria orgânica (MO), microporosidade, percentagem e tipos de minerais encontrados na fração argila (ELRICK e TANNER, 1955; SALTER e WILLIAMS, 1965).

O PMP é usado para representar o teor de umidade, em que abaixo dele a planta não conseguirá retirar a água do solo na mesma intensidade em que ela transpira, aumentando a cada instante a deficiência d'água na planta, o que a levará à morte, caso não se irrigue. PMP é, pois, o limite mínimo da água armazenada no solo que será usada pelos vegetais. Este conceito é muito útil, mas deve-se lembrar que o seu valor depende do tipo de solo e que diferentes plantas tem a capacidade de extrair água até diferentes limites (BERNARDO, 1982).

2.4. TAXA DE DRENAGEM DE ÁGUA NO SOLO

A taxa de drenagem é um indicador importante para entendimento do processo erosivo nos solos. A diminuição na velocidade de infiltração da água no solo faz com que aumente o escoamento superficial, acentuando os problemas relacionados à erosão.

Alterações ocorridas nos atributos físicos do solo sob pastagem, evidenciado pelo aumento da densidade do solo, da microporosidade, e da resistência do solo à penetração, pela redução da porosidade total, da macroporosidade, e da condutividade hidráulica, proporcionaram uma queda na taxa de infiltração de água neste solo, comparada a solo sob mata (AZEVEDO, 2004).

COSTA e MATOS (1997) relataram que Latossolos, apesar de apresentarem boas condições naturais das propriedades físicas, podem apresentar-se susceptíveis à erosão, especialmente quando possuem camadas sub-superficiais compactadas, devido ao uso e manejo. A suscetibilidade às alterações dos atributos do solo depende, entre muitas variáveis, da adequação do manejo do solo, notadamente das práticas relacionadas aos atributos físicos do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido, em vasos, na casa de vegetação da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAMEV) da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), onde foram avaliadas características químicas e físicas de substrato de cultivo com diferentes proporções de mistura de terra preta (TP) e composto de esterco bovino (CEB).

O CEB foi produzido a partir do conteúdo ruminal de bovinos (CRB) originado em frigorífico e processado em sistema de compostagem aeróbica pela Empresa Ecofertil Serviços de Transporte Ltda.

O CRB foi depositado em sistema de leiras impermeabilizadas, por aproximadamente 80 dias, mantido a umidade ao redor de 70% e temperatura de 65°C, controladas por meio de irrigação e aeração conforme Ilustração 1 (viragem com pá-carregadeira).



Ilustração 1. Viragem com pá-carregadeira (aeração) do conteúdo ruminal de bovinos no sistema de compostagem aeróbica.

A umidade foi previamente determinada em estufa e o controle desta nas leiras, foi de forma prática, pressionando-se uma amostra de CRB com uma das mãos e observando-se o escorrimento de água entre os dedos. Caso escorresse apenas algumas gotas, era sinal de que a umidade estava ideal, ou seja, 70 - 80% de umidade. O

monitoramento da temperatura foi realizado semanalmente utilizando-se uma haste metálica (1,5 m de comprimento e 0,05 m de diâmetro) inserida, perpendicularmente, na leira para identificação do aquecimento do composto pelo tato da haste. Uma vez detectado aumento da temperatura, realizou-se a viragem do material e em seguida acrescentou-se água, o excedente e/ou chorume, foram captados em reservatórios localizado na cota inferior das leiras (Ilustração 2).



Ilustração 2. Reservatório de captação de chorume localizado na cota inferior das leiras de compostagem.

O material após 80 dias de processamento apresenta coloração escura e temperatura estabilizada à temperatura ambiente (25 a 30°C), pronto para ser utilizado na agricultura (Ilustração 3).



Ilustração 3. Composto de esterco bovino pronto, após 80 dias de processamento pelo sistema de compostagem aeróbica.

A TP comercializada na região da Baixada Cuiabana (Cuiabá, MT) é extraída de manchas de solo formadas na região do município de Chapada dos Guimarães, MT. Essas manchas, com aproximadamente 0,5 m de espessura, geralmente estão associadas às regiões de escarpas em seu entorno. Esse material é comercializado para utilização em jardins, gramados, viveiros em substituição aos solos, pouco férteis, do cerrado.

Neste trabalho, a TP adquirida do local mencionado no parágrafo anterior foi peneirada em malha de 0,002 m, misturada com o CEB e, após a composição dos tratamentos, os substratos de cultivo foram homogeneizados e colocados em vasos plásticos (com orifícios de drenagem) com volume interno de 10 L.

Definiu-se um volume de 8 L de substrato (mistura) em cada vaso. As proporções de mistura em volume de TP e CEB foram definidas nos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5, com quatro repetições. De forma que no T1, utilizou-se somente 8 L de TP. No T2, 2 L de CEB e 6 L de TP, no T3, 4 L de CEB e 4 L de TP, no T4, 6 L de CEB e 2 L de TP e T5, apenas 8 L de CEB por vaso (Ilustração 4)

Foram utilizadas duas réplicas, totalizando 40 unidades experimentais, de forma que possibilitasse coletar amostras para determinação de análises laboratoriais em uma destas, sem comprometer as pesagens dos vasos (Ilustração 4).

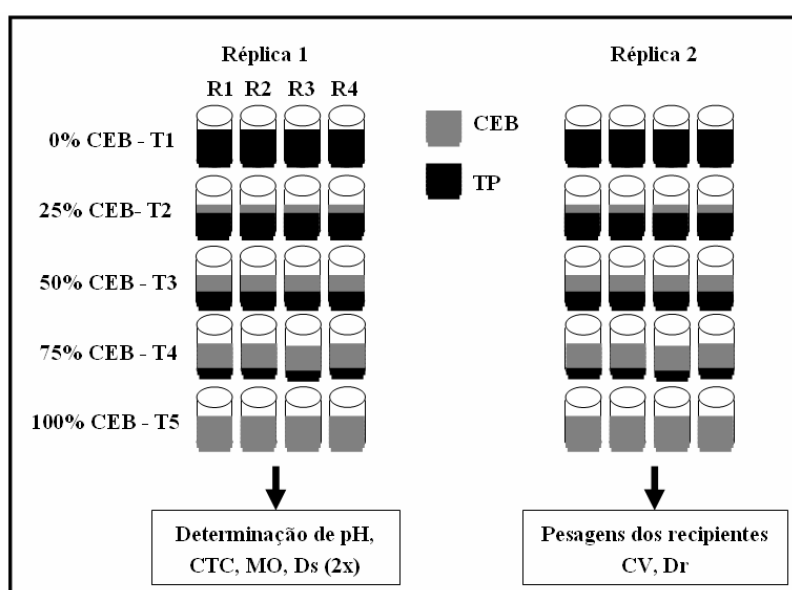


Ilustração 4. Representação esquemática do experimento

Os vasos foram incubados por um período de 20 dias; durante a incubação permaneceram abertos e, adicionou-se 0,5 L dia⁻¹ de água em todas as unidades experimentais com o intuito de acomodação das partículas dos materiais misturados.

Durante o experimento, os vasos foram remanejados, espacialmente, a cada quatro dias para evitar interferências do ambiente.

Na réplica 1, após o tempo de incubação, foram coletadas duas amostras em cada vaso, uma (0,4 kg) para determinação das densidades úmida e seca, respectivamente, Du e Ds no laboratório de nutrição animal da FAMEV e outra (cerca de 0,4 kg) para determinação de pH, CTC, MO e Ds no Laboratório Agroanálise Ltda, em Cuiabá, MT.

As determinações de Du e Ds foram realizadas conforme método descrito por HOFFMANN (1970). Este método consiste em preencher uma proveta plástica transparente e graduada, de 500 mL, com o substrato, com umidade próxima a 50% (quando a amostra ao ser comprimida entre os dedos mantém-se aglutinada, sem formar torrão). Após, esta proveta é deixada cair sob ação do seu próprio peso de uma altura de 0,1 m, por dez vezes consecutivas. Com auxílio de uma espátula nivela-se a superfície levemente, e lê-se o volume obtido (V). Em seguida, pesa-se o material úmido (Mu) e leva-se à estufa para secagem a 100°C até peso constante (Ms).

Os valores de Du e Ds foram obtidos aplicando-se a Equação 1, Equação 2 e Equação 3, onde MS (%) é a porcentagem de matéria seca em relação à massa úmida (Mu). Vale destacar que a recomendação para cálculo de Ds pela Instrução Normativa SDA Nº 17 de 21 de maio de 2007 está incorreta, com certeza, devido a um erro de digitação.

$$Du\left(\frac{kg}{m^3}\right) = \frac{Mu(g)}{V(cm^3)} \times 1000$$

Equação 1

$$MS(\%) = \frac{Ms(g)}{Mu(g)} \times 100$$

Equação 2

$$Ds\left(\frac{kg}{m^3}\right) = \frac{Du \times MS(\%)}{100}$$

Equação 3

O Orgão Oficial recomenda que para determinação da densidade utiliza-se o método de auto compactação onde o cálculo da umidade atual (Uu%), Du e Ds conforme as Equações 4, 5 e 6 descritas abaixo:

$$Uu(\%) = \frac{(Mu - Ms)}{Mu} \times 100$$

Equação 4

$$Du\left(\frac{kg}{m^3}\right) = \frac{Mu(g)}{V(ml)} \times 1000$$

Equação 5

$$Ds\left(\frac{kg}{m^3}\right) = \frac{Du \times Uu}{100}$$

Equação 6

Onde:

Uu= umidade atual (% m/m) base úmida;

Mu = massa úmida (g);

Ms = massa seca, estufa a 65°C até peso constante (g);

Ds = densidade seca (kg/m³);

Du = densidade úmida (kg/m³);

V = volume (ml);

Substituindo Du e Uu em Ds tem-se a Equação 7 e Equação 8:

$$Ds\left(\frac{kg}{m^3}\right) = \left(\frac{Mu}{V}\right) \times \left(\frac{Mu - Ms}{Mu}\right) \times 100$$

Equação 7

$$Ds\left(\frac{kg}{m^3}\right) = \left(\frac{Mu - Ms}{V}\right) \times 100$$

Equação 8

No laboratório Agroanálise Ltda, as determinações de pH, CTC, MO e Ds foram realizadas conforme Instrução Normativa SDA Nº 28, de 27 de julho de 2007. O método de determinação da CTC se baseia na ocupação dos sítios de troca do material pelos íons hidrogênio provenientes da solução de ácido clorídrico utilizada. Posteriormente, os íons hidrogênio são deslocados com a solução de acetato de cálcio a pH 7 e o ácido acético formado é titulado com solução padronizada de hidróxido de sódio. O carvão ativo é empregado para prevenir as perdas dos materiais orgânicos solúveis durante a lavagem. O método para determinação da MO baseia-se na oxidação, por via úmida, do carbono orgânico contido na amostra com bicarbonato de potássio em excesso e ácido sulfúrico concentrado, promovendo-se o aquecimento externo.

Na réplica 2, após os 20 dias de incubação, os vasos foram encharcados (4 L de água) e, imediatamente, vedados com plástico insulfilm e, por meio de pesagens dos vasos, foi calculado a dinâmica da água, a umidade na CV, e a taxa de drenagem (Dr).

Nas primeiras três horas após o encharcamento pesou-se os vasos, individualmente, a cada meia hora. Posteriormente, os vasos foram pesados seis vezes com intervalo de 1 h entre cada medida e, daí em diante, as medidas foram realizadas a cada 24 h (durante 440 h ou 18 d). Utilizou-se balança eletrônica de precisão de 0,005 kg e no período de pesagens não foi realizada adição de água nos recipientes que foram mantidos devidamente vedados.

No 19º dia, retirou-se a vedação de plástico insufime, encharcou-se os vasos novamente com 4 L de água, pesou-se após 0,5 h e retirou-se amostras (cerca de 0,2 kg) para determinação teor de umidade. Pesou-se a amostra do material úmido (Mu) e levou-se à estufa para secagem a 100°C até peso constante (Ms). Descontando-se a massa do recipiente obteve-se o teor de água em base seca das amostras (Ua) pela Equação 9.

Com o valor da massa do substrato ($Pu^{0,5}$) após 0,5 h do encharcamento e o valor de Ua, calculou-se o valor do peso seco do substrato (Ps) em cada vaso pela Equação 10:

$$Ua(kgkg^{-1}) = \frac{Mu(kg) - Ms(kg)}{Ms(kg)}$$

Equação 9

$$Ps(kg) = \left(\frac{Pu^{0,5}(kg)}{Ua(kgkg^{-1}) + 1} \right)$$

Equação 10

Considerando Ps constante, determinou-se o teor de água em base seca (Ua) para cada pesagem do substrato (Pu) pela Equação 11.

$$Ua(kgkg^{-1}) = \left(\frac{Pu(kg) - Ps(kg)}{Ps(kg)} \right)$$

Equação 11

Na Figura 1 está apresentada a variação de Ua em função do tempo nas primeiras 56 h após o encharcamento. A partir dos resultados da Figura 1 definiu-se os valores para determinação do teor de umidade na CV (tempo a partir do qual a umidade apresentou tendência de estar constante), assim utilizou-se a média dos valores de Ua das 32,5 h às 400,5 h após o encharcamento.

Neste trabalho foram avaliados os valores de U_a sob baixas tensões (CV), no entanto não foi determinado valores de U_a no ponto de murcha permanente (altas tensões).

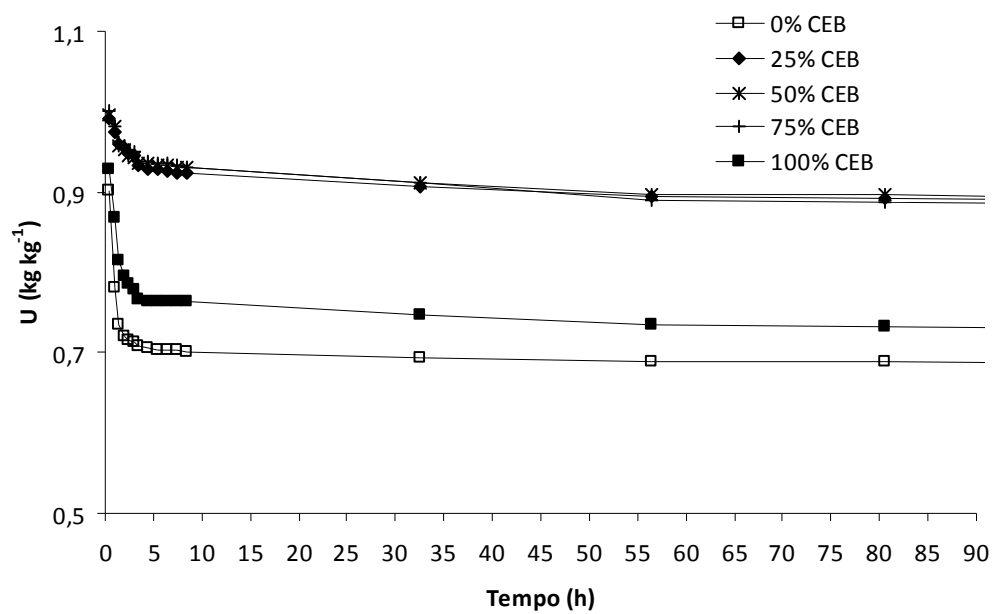


Figura 1. Variação do teor de água em base seca dos tratamentos em função do tempo após encharcamento.

Para o cálculo da taxa de drenagem (Dr), utilizou-se a Equação 12, em que considerou-se densidade da água igual a 1 kg L^{-1} .

$$Dr(L \cdot h^{-1}) = \left(\frac{(P_{H20}(L) + Pt_1(L) - Pt_2(L))}{(t_2(h) - t_1(h))} \right)$$

Equação 12

Onde:

P_{H20} - volume de água (4 L) adicionada para encharcar os vasos no momento t_1 ,

Pt_1 - massa do substrato no momento t_1 ,

Pt_2 - massa do substrato no momento t_2 ,

t_1 - tempo inicial (0 h), antes do encharcamento,

t_2 - 0,5 h após o encharcamento.

O efeito das diferentes proporções de mistura de CEB e TP nas propriedades físicas e químicas do substrato foram avaliados por análise de variância e a tendência dos níveis de CEB na propriedade por análise de regressão polinomial.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. pH

A variação do pH devido a adição de composto é explicada pela equação de regressão linear apresentada na Figura 2 ($p < 0,01$; $R^2 = 0,92$). A equação do efeito no pH obtida neste trabalho indica que a cada 1% de composto adicionado à TP elevou o pH da mistura em 0,01.

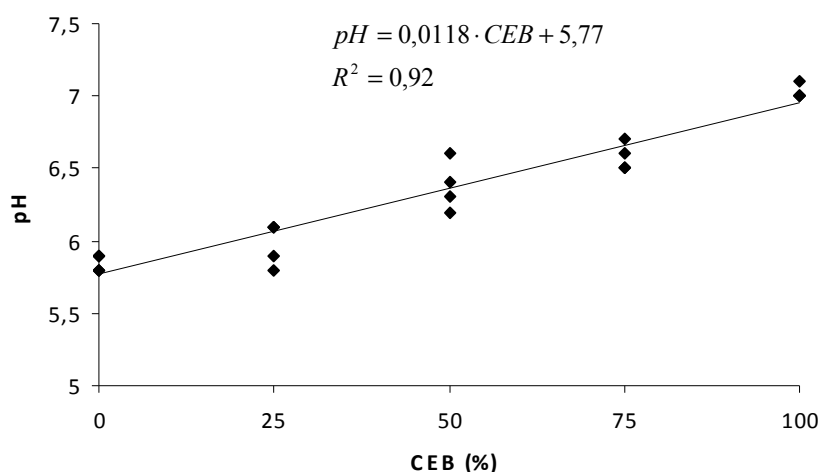


Figura 2. Alteração do pH do substrato em relação à adição de CEB (Composto de esterco Bovino).

A TP apresentou caráter levemente ácido, com valor médio do $\text{pH} = 5,77 (\pm 0,05)$.

Diferentemente do presente trabalho, SILVA et al. (2004) observaram, em experimento a campo, que o valor do pH, teores de matéria orgânica, teores de cálcio e magnésio trocáveis no solo não foram afetados pela adição de esterco bovino. Deve ser mencionado, contudo, que as doses avaliadas foram equivalente a 1 % de esterco bovino (40 t ha^{-1}) considerando-se superfície do solo e densidade do solo de 1.000 kg dm^{-3} , ou seja, 25 vezes a menos que a menor porcentagem de CEB adicionada no presente estudo.

MENESES (1993), por outro lado, também em experimento a campo, verificou aumento do pH do solo devido à adição de resíduo orgânico. A maior dose aplicada ao solo foi de 60 t ha^{-1} , equivalente a 1,5% de resíduo, considerando-se superfície do solo e

densidade do solo de 1.000 kg dm^{-3} . De maneira semelhante MAZUR et al (1983), utilizando composto de lixo urbano para determinar a influência da matéria orgânica no pH e no teor de alumínio em um Latossolo Amarelo, verificaram elevação do pH de 5,2 para 5,7.

4.2. CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA - CTC

A variação do CTC devido à adição de composto é explicada pela equação de regressão quadrática apresentada na Figura 3 ($p < 0,01$; $R^2 = 0,94$).

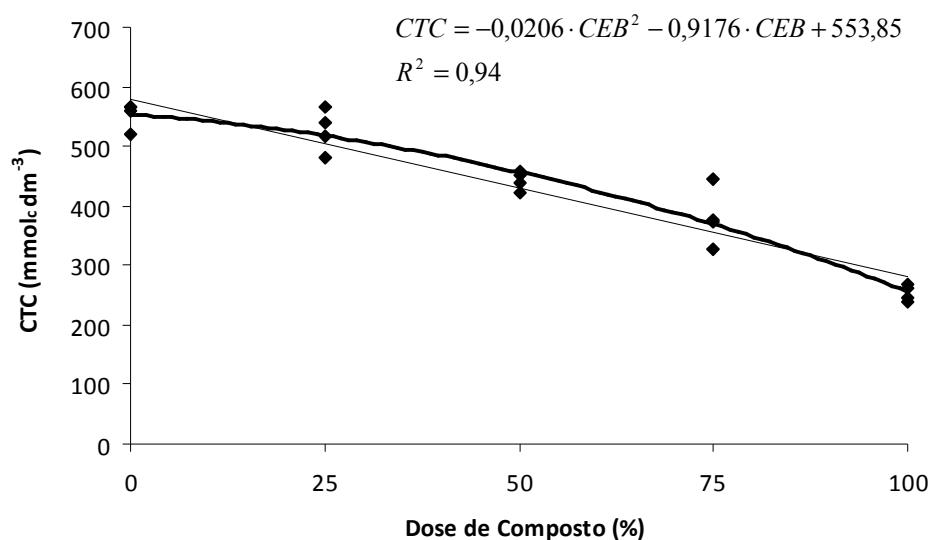


Figura 3. Alteração da CTC do substrato em relação à adição de CEB (Composto de esterco Bovino).

No solo é impossível precisar a contribuição dos componentes do solo, diferentes minerais de argila, óxidos e MO, para a CTC, já que esses materiais encontram intimamente associados (RAIJ, 1983). Fontes de MO são importantes contribuintes da CTC do solo porque possuem uma superfície específica cerca de setenta vezes maior que a caulinita das argilas silicatadas (KIEHL, 1985). Estudando a CTC dos constituintes da fração argila dos solos Malavolta (1976) mostra que a MO do solo possui CTC na faixa de 1.500 a $3.000 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ao passo que para a caulinita a CTC está entre 30 e 150

$\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Logo, tanto a porcentagem quanto a qualidade da MO podem representar alterações no valor da CTC do substrato.

A diminuição da CTC pela adição de composto pode ser explicada devido ao fato de a terra preta pura (tratamento 0%) possuir teor médio de MO de 8,75% e com reatividade elevada. A matéria orgânica da terra preta pode ter apresentado maior reatividade devido a uma maior interação no processo de formação e pela diversidade de materiais que a compõem como restos de folhas, galhos, insetos, animais, etc. Já o composto puro, mesmo com teores médios de MO em torno de 18%, apresentou tendência de menores valores de CTC em relação à terra preta pura, ou seja, menor reatividade do CEB devido ao processo de produção com 80 dias de processamento e apenas uma matéria prima, conteúdo ruminal de bovinos abatidos em frigorífico.

No que se refere às propriedades químicas do solo, os compostos orgânicos são fontes adicionais de micro e macronutrientes, especialmente nitrogênio, e apresentam elevada capacidade de troca catiônica (CTC) e alta capacidade de retenção de cátions, afirmou CARDOSO (1992). Segundo GIORDANO et al. (1975) a aplicação de compostos de resíduos ao solo resulta, freqüentemente, no aumento de pH, com a conseqüente redução do alumínio trocável e, também, no aumento dos teores de cátions trocáveis. Essas alterações dependem da quantidade e qualidade do composto bem como das características do solo.

Para KIEHL (1985), fontes de matéria orgânica são responsáveis pela CTC do solo porque possuem uma superfície específica cerca de setenta vezes maior que a caulinita das argilas silicatadas, materiais de origem muito freqüentes em solos do Mato Grosso.

4.3. MATÉRIA ORGÂNICA - MO

A variação dos teores de MO devido à adição de CEB é explicada pela equação de regressão linear apresentada na Figura 4 ($p < 0,01$; $R^2 = 0,63$). A equação apresentada indica que a cada 1% de CEB adicionado à TP há um aumento da ordem de 0,08% no teor de MO do substrato.

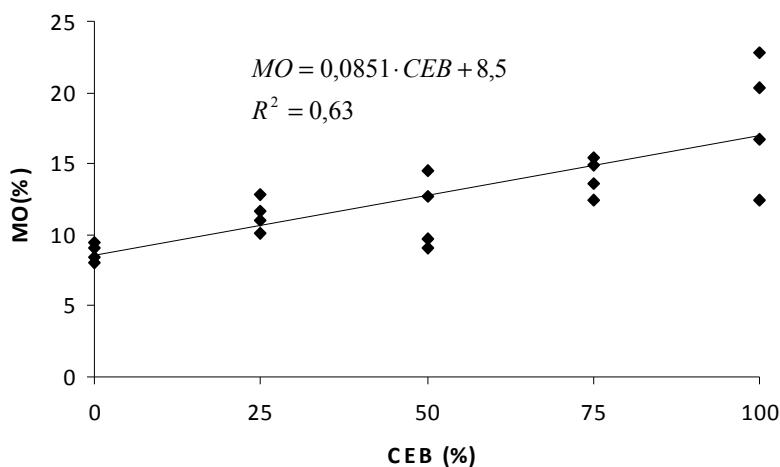


Figura 4. Alteração da MO em relação à adição de CEB (Composto de esterco Bovino).

Ao contrário dos resultados encontrados neste trabalho, SILVA et al. (2004) constataram, em experimento a campo, que resíduos orgânicos aplicados ao solo não afetaram o seu teor de matéria orgânica. No entanto as doses avaliadas no presente estudo foram diferentes conforme explicado no item 4.1

MENESES (1993), por outro lado, também em experimento a campo, verificou aumento do teor de MO do solo devido à adição de resíduo orgânico. A maior dose aplicada ao solo foi de 60 t ha^{-1} , equivalente a 1,5% de resíduo, ou seja, 16 vezes menor que o tratamento 25% CEB utilizado no presente estudo, considerando-se 0,02m de profundidade de camada arável, densidade do solo igual a 1.000 kg dm^{-3} e densidade do composto de 500 kg dm^{-3} .

4.4. DENSIDADE – Ds

A variação da Ds devido à adição de CEB é explicada pela equação de regressão quadrática ($p < 0,01$; $R^2 = 0,80$) está apresentado abaixo na Figura 5.

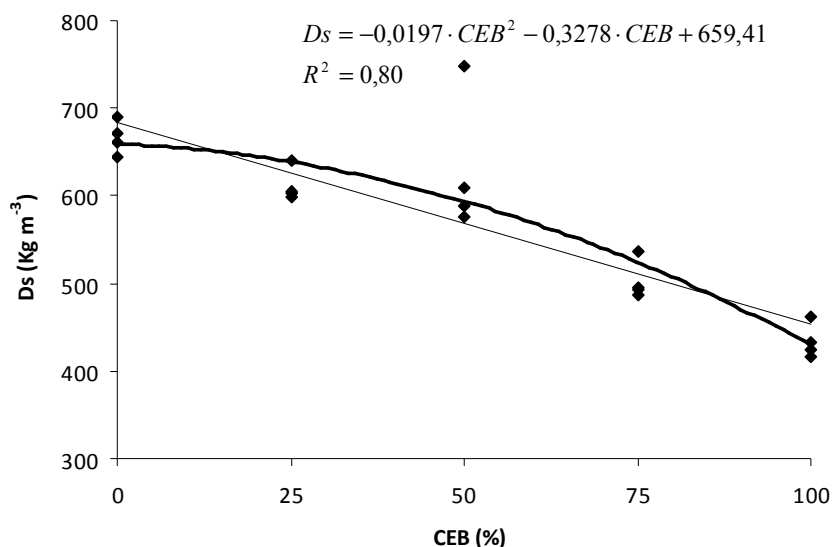


Figura 5. Alteração da densidade seca em relação à adição de CEB (Composto de esterco Bovino).

A equação apresentada indica que a cada 1% de CEB adicionado à TP há uma redução de $4,54 \text{ kg m}^{-3}$ na Ds do substrato.

SILVA et al. (2004) observaram que a densidade não foi afetada pela aplicação de doses de esterco em seu experimento realizado a campo. Embora as conclusões do autor não serem semelhantes às do presente estudo, deve se considerar que as quantidades aplicadas de composto bem como as condições do experimento foram avaliadas em condições diferentes às desse trabalho conforme mencionado nos itens 4.1 e 4.3 acima.

Na Figura 6 nota-se que os valores das densidades, calculadas conforme método proposto pelo Órgão Oficial, são próximos aos da água, ou seja, 1.000 kg m^{-3} . Este fato, pode explicar a inexistência da regressão linear a partir da análise estatística ($p > 0,05$; $R^2 = 0,18$) dos dados apresentados na Figura 6.

No entanto FERMINO (2003), para determinação de densidade em substratos, utilizou método análogo ao adotado neste trabalho conforme as Equações 1, 2 e 3 descritos no item materiais e métodos.

Divergências de resultados ocorrem também por falta de adequação de metodologia indicada até mesmo por Órgão Oficial comprometendo qualidade na

obtenção de resultados laboratoriais. O valor da densidade é importante para determinação de características como: porosidade, espaço de aeração e disponibilidade de água.

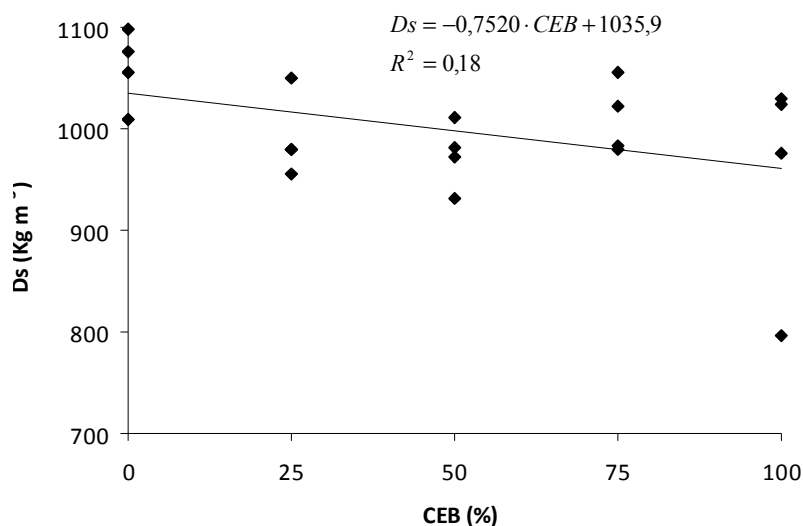


Figura 6. Alteração da densidade em relação à adição de CEB (Composto de esterco Bovino) conforme Método Publicado no Diário Oficial da União (2007).

Em revisão bibliográfica destaca-se a posição de FERMINIO (2003) para quem as divergências entre laudos se verificam porque embora os laboratórios concordem, de uma maneira geral, com as propriedades a serem consideradas para caracterização de substratos, utilizam métodos diferentes ou variações de um mesmo método para análises físicas e químicas .

4.5. DINAMICA DA ÁGUA E CAPACIDADE DE VASO - CV

Na Figura 7 estão apresentadas as curvas da dinâmica das quantidades médias de água em cada tratamento em função do logaritmo neperiano (Ln) do tempo (t). Esta maneira facilita a visualização das tendências de quantidade de água em cada tratamento ao longo do tempo. Observa-se na Figura 7 comportamento semelhante nas curvas de quantidade de água média retida nos vasos, porém os tratamentos com 0 e 100 % CEB apresentaram uma tendência de menores quantidades de água. Já os tratamentos 25%

CEB, 50% CEB e 75% CEB apresentaram uma tendência de maiores quantidades de água retida nos vasos do que os demais tratamentos.

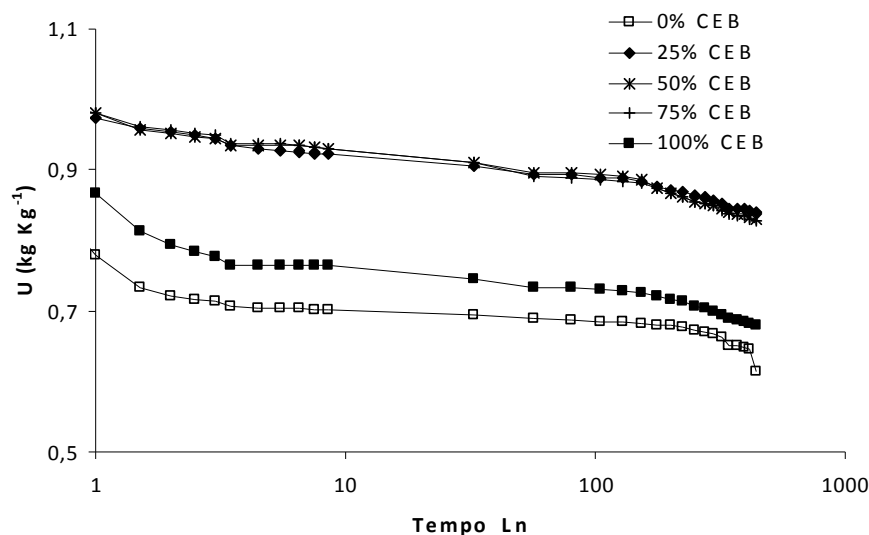


Figura 7. Dinâmica da água retida no substrato em função logaritmo neperiano do tempo após encharcamento.

Essas tendências podem ser confirmadas a partir da curva apresentada na Figura 8 onde foram comparados os teores de água na CV em cada tratamento. Observou-se a existência da regressão quadrática entre o teor de água na CV e a quantidade de composto adicionada ($p < 0,05$; $R^2 = 0,44$). Derivando-se a equação da regressão (Figura 8) e igualando-se a zero obtém-se que o valor máximo da curva está em torno de 50% de composto, seguindo tendência apresentada na Figura 7.

Uma explicação para essa tendência é que o composto por possuir densidade menor, mesmo por sua alta capacidade de retenção de água devido aos maiores teores de MO segundo Silva et al. (2004), há ocorrência de grandes espaços vazios, macroporos, que são pouco eficientes na retenção da água pelo solo. O tratamento 0% CEB, com maior densidade certamente possui poros menores propiciando maior retenção de água que o tratamento 100% CEB. No entanto, no tratamento 50% CEB obteve-se o máximo valor da curva na Figura 8, ou seja, as propriedades dos materiais (TP e CEB),

individualmente, apresentaram tendência de reter menos água do que se misturados em partes iguais.

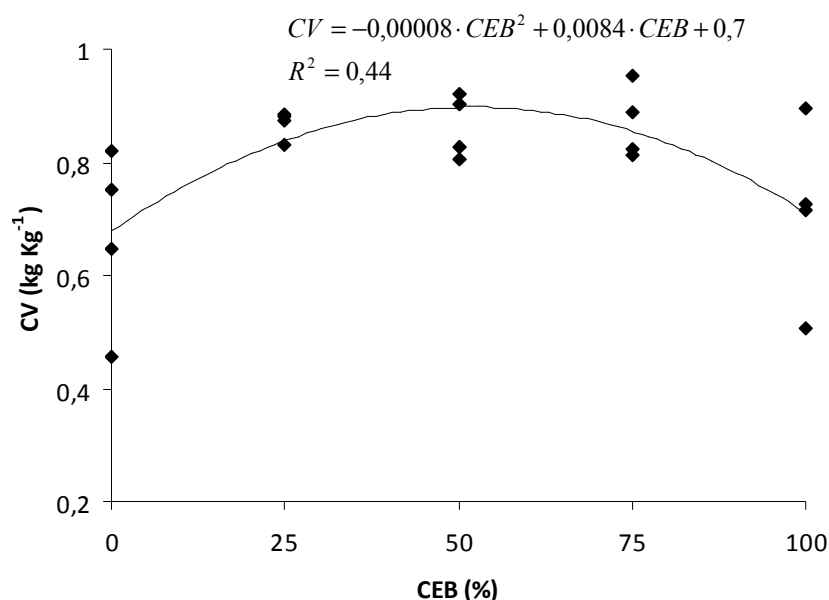


Figura 8. Teores de água na CV (capacidade de vaso) em função da adição de CEB (Composto de esterco Bovino).

Nos Latossolos, solos predominantes no Estado de Mato Grosso com teores de MO na faixa de 2,0 %, a CC varia em torno de 0,3 kg kg⁻¹, contudo neste estudo os valores de CV para tratamento 0% CEB são na ordem de 0,6 kg kg⁻¹, isto pode ser explicado pelos teores de MO na TP pura na ordem de 8,5%, cerca 4 vezes maior que a maioria dos solos do cerrado brasileiro.

Para REICHARD e TIMM (2004) e BERNARDO (1982) a retenção de água a baixas tensões, na capacidade de campo, é atribuída a forças capilares ou tensão superficial e que o tamanho dos poros é que determina a quantidade de água retida no solo confirmando a explicação sugerida no parágrafo anterior.

TIARKS et al. (1974) observaram que o esterco bovino aumenta a retenção de água no solo, provavelmente devido à formação de agregados. De maneira semelhante, MAIA et al. (2005) constataram que a aplicação de vermicomposto diminuiu o tamanho dos poros, aumentando a capacidade de retenção de água nas baixas tensões (CC). Vale

lembrar que as quantidades de composto utilizadas no trabalho dos pesquisadores foram menores (entre 0% e 9% de composto, considerando-se densidade do solo igual a 1.000 kg dm^{-3} e densidade do composto de 500 kg dm^{-3}) que as avaliadas no presente estudo, onde o tratamento com 100% apresentou tendência de diminuição de retenção de água.

Por outro lado, o tratamento 50% CEB apresentou tendência de aumentar a retenção de água do substrato, semelhante ao observado pelos autores acima.

WESSILING e VAN WIJK (1957) afirmam que a aeração é um fator limitante na absorção de água, o espaço poroso deve ser pelo menos 10% do volume do solo para sobrevivência da maioria das raízes.

ANDREOLA et al. (2000) observaram que em solos com pH elevado, aplicações anuais de altas doses de esterco, podem facilitar o encrustamento, reduzir a condutividade hidráulica, bem como favorecer a formação de substâncias cerosas repelentes à água, culminando com uma redução na sua capacidade de campo. Esta hipótese, pode auxiliar também a interpretação dos valores da drenagem de água em função da dose de composto adicionada ao substrato.

4.6. TAXA DE DRENAGEM – Dr

A avaliação da drenagem, em L h^{-1} , quantidade de água perdida 0,5 (meia) hora após o encharcamento em função da dose de composto está apresentado na Figura 9 onde a variação dos valores da drenagem devido à adição de composto é explicada pela equação de regressão linear apresentada na Figura 9 ($p < 0,01$; $R^2 = 0,48$).

KLAR (1984) mostra que para uso de campo estabeleceram-se sete classes de permeabilidade e os correspondentes ritmos de infiltração de água no solo. Essas classes variam de muito lenta (I) com menos de 2 mm h^{-1} à muito rápida (VII) com mais de 250 mm h^{-1} , respectivamente $0,09 \text{ L h}^{-1}$ e $11,30 \text{ L h}^{-1}$ considerando o área da boca do vaso igual a $0,04 \text{ m}^2$.

Apesar de ocorrer variação na Dr entre os tratamentos, seguindo a classificação proposta por KLAR (1984) todos os tratamentos enquadram-se na classe V (moderadamente rápida).

A taxa de drenagem é um indicador importante para entendimento do processo erosivo nos solos. A diminuição na velocidade de infiltração da água no solo faz com que aumente o escoamento superficial, acentuando os problemas relacionados à erosão.

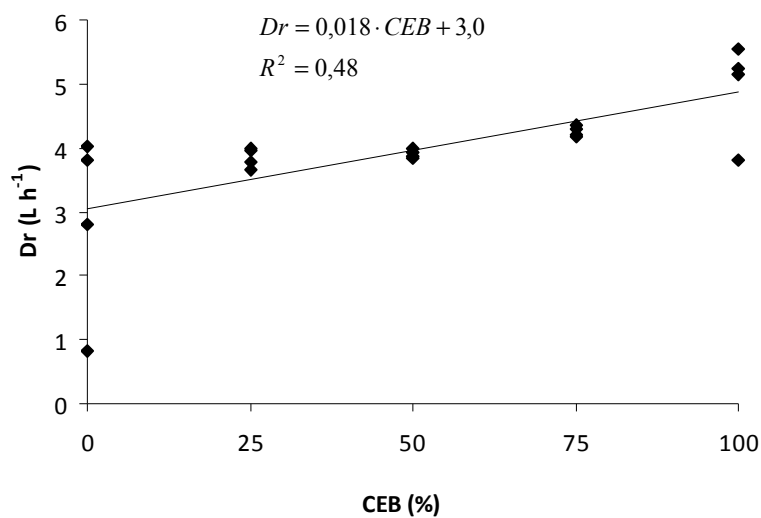


Figura 9. Dr (taxa de drenagem 0,5 hora após o encharcamento) em função da adição de CEB (Composto de esterco Bovino).

5. CONCLUSÕES

Ocorreu variação diretamente proporcional nos valores do pH, teor de MO e taxa de drenagem com o aumento de CEB adicionado ao substrato e inversamente proporcional para CTC e Ds.

Os tratamentos 0 e 100% CEB apresentaram uma tendência de menores quantidades de água retida nos vasos em relação aos demais tratamentos. O máximo valor do teor de água na capacidade de vaso foi obtido no tratamento 50% CEB.

Os percentuais de misturas, em volume, mais adequados para substratos de cultivo estão entre 25% e 75% de CEB.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As informações obtidas no presente estudo podem servir de referência para recomendação de proporções de mistura de terra preta e composto de esterco bovino com objetivo de favorecer as propriedades químicas e físicas de substratos para produção de mudas, jardins, horticultura, etc. Além disso, auxiliarão em pesquisas futuras que avaliem o efeito e doses de compostos orgânicos e resíduos industriais a serem utilizados nos solos do cerrado de Mato Grosso, de maneira sustentável.

É importante realização de novas pesquisas que avaliem a contribuição da utilização de CEB como substrato na redução de emissões de CO₂. Isto porque o C da MO ficará na forma de um composto estável que não retorna para a atmosfera e assim, o destino do resíduo dos matadouros pode auxiliar no controle das emissões de CO₂.

A metodologia de análise de densidade de substratos proposta pela Instrução Normativa Nº17 de 21 de maio de 2007, está incorreta e deve ser aferida para que divergências de resultados não comprometam caracterização de resíduos e materiais orgânicos realizadas pelos laboratórios no Brasil.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLA, F; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da cobertura vegetal de inverno e da adubação orgânica e, ou, mineral sobre as propriedades físicas de uma terra roxa estruturada. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, Campinas, v. 24, p. 857-865, 2000.

AZEVEDO, E. C. Uso da geoestatística e de recursos de geoprocessamento no diagnóstico da degradação de um solo argiloso sob pastagem no estado de Mato Grosso. 2004. 162p. Tese Doutorado - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

BERNARDO, S. Manual de irrigação 2ª ed. Viçosa, U.F.V., Imprensa Universitária, 1982. 463p.

BRASIL. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa SDA Nº 17 de 21 de maio de 2007. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2007, Seção 1.

BRASIL, Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa SDA Nº 28 de 27 de julho de 2007. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2007, Seção 1.

BRUMMER, E.C. Diversity, stability and sustainable american agriculture. *Agronomy Journal*, v.90, n.1, p.1-2, 1998.

CANTLIFFE, D.J. Challenges facing horticulture in a changing world Presidential Address. *HortScience*, Alexandria, v.30, n.7, p.1139-1340, 1995.

CARDOSO, E. J. B. N. Degradação de Resíduos Orgânicos pela Microbiota do Solo. In: Reunião brasileira de fertilidade do solo e nutrição de plantas, 20. Piracicaba, 1992. *Anais... Piracicaba*, Cargill, 1992, p. 179 - 193.

CORREA, J. C.; REICHARDT, K. Efeito do tempo de uso das pastagens sobre as propriedades de um Latossolo Amarelo da Amazônia Central. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 30, 107-114, 1995.

COSTA, A.C.S. e COELHO, S.M.R. Manejo do solo e seus efeitos nas suas características físicas e hídricas. In: ENCONTRO CIENTÍFICO DA UEM, 3, 1989, Maringá. *Anais... Maringá: Fuem*.

- COSTA, L. M.; MATOS, A. T. Impactos da erosão do solo em recursos hídricos. In: Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura. Brasília: MMA, SRH, ABEAS, UFV, 1997. p.173-189.
- ELRICK, D.E.F., e TANNER, C.B. Influence of sample pretreatment on soil moisture retention. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 10:124-135, 1955.
- ERNANE, P. R., Necessidade de adição de nitrogênio para o milho em solo fertilizado com esterco de suínos, cama de aves e adubos minerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.8, n.3, p.313-317, 1984
- FERMINO, H. M. Método de Análise para caracterização Física de Substrato para plantas. Tese de Doutorado em Fitotécnia Faculdade de Agrônoma. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. Brasil. (81p). Fevereiro , 2003. 5p
- FONTENO, W.C. Problems and considerations in determining physical properties of horticultural substrates. *Acta Horticulture*, Wageningen, n. 342, p. 197 – 204, 1993.
- REED, D. W. (ed) *A Grower Guide to Water, Media, and Nutrition for greenhouse Crops*. Batavia: Ball, 1996. Cap. 5: 93 – 122.
- GIORDANO, P. M., MORTUEDT, J. I., MAYS, D. A. Effects of municipal wastes on crop yields and uptake of heavy metals. *J. Environ. Nova York*, v.4, p. 394 - 399, 1975.
- HILLEL, D. *Soil and Water. Physical Principles and Processes*. Academic Press: New York. 1971.
- HOFFMANN, G. Vebindliche Methoden zur Untersuhung Von TKS und Gartnenschen Erden. *Mitteilubngen der VDLUFA*, Helft, v 6.p 129 -153, 1970
- HOLT, J. A.; BRISTOW, K. L.; McIVOR, J. G. The effects of grazing pressure on soil animails and hydraulic properties of two soils in semi-arid tropical Queensland. *Journal of Soil Research*, 34, 69-79, 1996.
- HUMPHREYS, L. R. *Tropical forages: their role in sustainable agriculture*. London: Ed. Longman Scientific e Technical, 1994. 414p.
- KIEHL, E. J. *Fertilizantes Orgânicos*. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985.
- KIRKHAM, M. B. *Principles of soil and plant water relations* / M. B. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data 2004.

- KLAR, A. E., A água no sistema solo-planta-atmosfera. Livraria NOBEL S/A. São Paulo, SP. 1984. . 408p.
- MALAVOLTA, E., Manual de química agrícola. Nutrição de planta e fertilidade do solo. Editora Agronômica Ceres Ltda. São Paulo, SP. 1976. 528p.
- MAIA C. E., MORAIS E. R. C., MEDEIROS J. F. Capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível para as plantas em função de doses de vermicomposto. CAATINGA, Mossoró, v.18, n.3, p.195-199, jul./set. 2005
- MAZUR, N., VELLOSO, A. C. X., SANTOS, G. A. Efeito de composto de resíduo urbano no pH e alumínio trocável em solos ácidos. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas - SP, v.7, p.157-159, 1983
- MENESES, O.B. Efeitos de doses de esterco no rendimento do feijão-de-corda e do milho em cultivos isolados e consorciados. Dissertação de Mestrado. Mossoró: ESAM, 1993.
- MESQUITA FILHO, M.V.; TORRENT, J. Phosphate sorption as related to mineralogy of a hydrosequence of soils from the Cerrado region (Brazil). Geoderma, v.58, n.1, p.107-123, 1993.
- MILKS, R. R., FONTENO, W.C., LARSON, R. A. Hydrology of horticultural substrates: I. Mathematical models for moisture characteristics of horticultural container media. Journal of the American Society for horticulturae Science, Alexandria, v. 114, n1, p. 48-52, 1989.
- MILLAR, A. Manejo racional da irrigação: Uso de informações básicas sobre diferentes culturas. Brasília, II. CA, 1984.
- MORAES, A.; LUSTOSA, S. B. C. Efeito do animal sobre as características do solo e a produção da pastagem. In: Simpósio Sobre Avaliação de Pastagens com Animais. 1997. Anais... Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 1997. p129-149.
- MULLER, M. M. L.; GUIMARÃES, M. F.; DESJARDINS, T.; et al. Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 36, 1409-1418, 2001.

- OELSEN, T.; MOLDRUP, P.; HENRIKSEN, K. Modeling diffusion and reaction in soils: VI. Ion diffusion and water characteristics in organic manure-amended soil. *Soil Science*, v.162, n.6, p.399-409, 1997.
- PEIXOTO, R. T. G. Opção para o manejo orgânico do solo. Londrina - PR: Fundação Instituto Agrônomo do Paraná, 1988, p.17-42 (IAPAR: Circular, 57)
- PRAKASH, A.; MACGREGOR, D.J. Environmental and human health significance of humic materials: an overview. In: CHRISTIMAN, R.F.; GJESSING, E.T. (Eds.) *Aquatic and terrestrial humic materials*. Woburn, Ann Arbor Science, 1983. p.481-494.
- RAIJ, B. V., Avaliação de fertilidade do solo. Editora Franciscana. Piracicaba, SP. 1983. 142p.
- REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. Campinas: Fundação Cargill, 1985.
- SALTER, P.J. e WILLIAMS, J.B. The influence of texture on the moisture characteristics of soil. I. A critical comparison of techniques for determining the available water capacity and moisture characteristics curve of a soil. *J. Soil Sci.*, 16:1-15, 1965.
- SCHNITZER, M. Soil organic matter- the next 75 years. *Soil Science*, v.151, n.1, p. 41-58, 1991.
- SILVA, J.; LIMA E SILVA, P.S.; OLIVEIRA, M.; BARBOSA E SILVA, K.M. Efeito de esterco bovino sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.22, n.2, p.326-331, abril-junho 2004.
- STEVENSON, F.J. *Humus chemistry*. Somerset, John Wiley and Sons, 1982.
- STEWART, B.A.; ROBINSON, C.R. Are agroecosystems sustainable in semiarid regions? *Advances in Agronomy*, v.60, p.191-228, 1997.
- TAYLOR, S.A. and ASHCROFT, G.L. (1972). *Physical Edaphology: The Physics of Irrigated and Nonirrigated Soils*. W.H. Freeman: San Francisco.
- TESTER, C.F. Organic amendment effects on physical and chemical properties of a sandy soil. *Soil Science Society of American Journal*, v.54, p.827-831, 1990

TIARKS, A.E.; MAZURAK, A.P.; CHESNIN, L. Physical and chemical properties of soil associated with heavy applications of manure from cattle feedlots. *Soil Science Society of American Journal*, v.38, p.826-830, 1974.

TRINCA, C.R. de. *Materia organica del suelo*. *Revista Alcance*, v.57, p.53-72, 1999.

WESSELING, J., and VAN WIJK, W.R. (1957). Soil physical conditions in relation to drain depth. In *Drainage of Agricultural Lands* (Luthin, J.N., Ed.), pp. 461–504. American Society of Agronomy: Madison, Wisconsin. (See especially Fig. 4, p. 468).

ZHANG, H.; HARTGE, K.H.; RINGE, H. Effectiveness of organic matter incorporation in reducing soil compactibility. *Soil Science Society of American Journal*, v.61, p.239-245, 1997.