

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

**MARCELA CRISTINA GARCIA CUNHA**

**ATRIBUTOS FÍSICOS E DE MATÉRIA ORGÂNICA DE UM LATOSSOLO  
VERMELHO DE TEXTURA MÉDIA, SOB USO DE PASTAGEM DEGRADADA,  
APÓS A APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE CAMA DE AVES**

**Uberlândia  
Novembro – 2008**

**MARCELA CRISTINA GARCIA CUNHA**

**ATRIBUTOS FÍSICOS E DE MATÉRIA ORGÂNICA DE UM LATOSSOLO  
VERMELHO DE TEXTURA MÉDIA, SOB USO DE PASTAGEM DEGRADADA,  
APÓS A APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE CAMA DE AVES**

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

Orientador: Elias Nascentes Borges

**Uberlândia  
Novembro – 2008**

**MARCELA CRISTINA GARCIA CUNHA**

**ATRIBUTOS FÍSICOS E DE MATÉRIA ORGÂNICA DE UM LATOSSOLO  
VERMELHO DE TEXTURA MÉDIA, SOB USO DE PASTAGEM DEGRADADA,  
APÓS A APLICAÇÃO DE DIFERENTES DOSES DE CAMA DE AVES**

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

Aprovado pela Banca Examinadora em 12/11/2008.

Leomar Paulo de Lima  
Membro da Banca

Cilson César Fagiani  
Membro da Banca

---

Elias Nascentes Borges  
Orientador

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de vencer mais uma etapa da minha vida. Com certeza isso foi sucesso do esforço e dedicação ao longo desses 5 anos de graduação. Agradeço também ao professor Elias pela orientação de monografia e pelos estágios oferecidos no laboratório. Agradeço aos técnicos Marco Aurélio, Cílon e Wilson pelo apoio oferecido durante esses anos e principalmente pela amizade cultivada. Agradeço ao Leomar por ter me ajudado durante a execução do projeto e análise dos resultados. À família LAMAS dedico com carinho, meus cumprimentos e consideração.

## RESUMO

Os resíduos provenientes da criação intensiva de frangos de corte são ricos em nutrientes e, por estarem disponíveis nas propriedades a um baixo custo, podem ser viabilizados pelos produtores na adubação das culturas comerciais. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência da fertilização com cama de frango na recuperação física e de matéria orgânica de um Latossolo Vermelho, localizado em Uberlândia, MG. O experimento foi instalado em um Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura média, sob pastagem degradada de *Brachiária decumbens* sp. Os tratamentos consistiram de zero de adubação; 1.737 kg ha<sup>-1</sup>, 3.473 kg ha<sup>-1</sup>, 5.209 kg ha<sup>-1</sup> e 6.945 kg ha<sup>-1</sup> de cama de frango, equivalentes aos teores de 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> respectivamente. As aplicações foram realizadas em novembro de 2005 e o solo amostrado em três épocas distintas (mês de janeiro, com 60 dias após a aplicação do resíduo, início do período chuvoso, mês de março, com 120 dias após a aplicação do resíduo, período chuvoso e mês de agosto, com 270 dias após a aplicação do resíduo) nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, para a caracterização dos atributos físicos: argila dispersa em água, grau de flocculação, densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade, resistência do solo à penetração, estabilidade de agregados em água e matéria orgânica. O presente estudo demonstrou que a amostragem na época seca, determinada no mês de agosto, com 270 dias após a distribuição da cama de frango possibilitou os melhores resultados dos atributos físicos do solo avaliado. A maior dosagem de cama de frango não proporcionou os melhores resultados na recuperação física do solo estudado. Há potencial para o aproveitamento de cama de frango na recuperação física do solo e pastagem degradada com, distribuição continuada e planejada.

**Palavras-Chave:** Adubação orgânica; Sustentabilidade do solo; Física do solo.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	6
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	9
2.1	Degradação física do solo do Cerrado.....	9
2.2	Setor avícola no agronegócio brasileiro.....	11
2.3	Adubação orgânica na agricultura.....	12
2.4	Potencial poluidor dos resíduos orgânicos ao meio ambiente.....	14
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1	Argila Dispersa em Água.....	21
3.2	Grau de Flocculação.....	22
3.3	Densidade do Solo.....	22
3.4	Porosidade Total do solo.....	23
3.4.1	Microporosidade do solo.....	24
3.4.2	Macroporosidade do solo.....	24
3.5	Resistência do Solo à Penetração.....	25
3.6	Estabilidade dos agregados em água.....	26
3.7	Matéria Orgânica.....	27
3.8	Análises Estatísticas.....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
4.1	Argila Dispersa em Água e Grau de Flocculação.....	29
4.2	Densidade do Solo.....	32
4.3	Porosidade Total, Macroporos e Microporos.....	34
4.4	Resistência do Solo à Penetração.....	39
4.5	Estabilidade dos Agregados em Água.....	41
4.6	Matéria Orgânica.....	44
5	CONCLUSÕES.....	47
	REFERÊNCIAS.....	48

## 1 INTRODUÇÃO

A avicultura constitui uma atividade de grande importância no âmbito político, social e econômico do Brasil, com forte apelo à fixação do homem no campo e, em franco crescimento.

O crescente aumento do consumo mundial de alimentos e a exigência de um mercado competitivo por produtos de qualidade e de baixo valor aquisitivo impulsionaram surpreendentemente um aumento nas exportações brasileiras de carne, sobretudo a de frango e de suíno. Segundo a Agrocarnes (2008), o Brasil é o maior produtor, cerca de 14 milhões de toneladas/ano de carnes entre carne bovina, frango e suína. Exporta-se mais de 2,4 bilhões dólares/ano, em produtos e derivados de carne. O Brasil, com consumo "per capita" da ordem de 12,8 kg/ano de carne suína e de 26,0 kg/ano de carne de frango, constitui um importante consumidor.

A região do Triângulo Mineiro tem se destacado como importante pólo agroindustrial brasileiro, devido a sua localização geográfica e pela expansão agrícola sobre as áreas de cerrado, na produção dos insumos necessários ao confinamento de animais. Destaque deve ser dado às culturas do milho e soja, matéria prima básica para a fabricação das rações, para a criação confinada das aves e suínos. Às condições somam-se a facilidade de escoamento da produção para importantes centros comerciais e consumidores, inclusive mercados externos. Todos estes fatores favoráveis têm despertado o interesse dos empresários em instalar grandes empresas na região, dentre as quais, as agroindústrias de processamento de carnes dos setores de aves e suínos.

O excelente mercado para exportação e a necessidade de suprir a demanda nacional por carne de frango, tem possibilitado a instalação de sistemas intensivos de criação confinados, originando grandes quantidades de dejetos, os quais necessitam de uma destinação viável, econômica e sustentável ao meio ambiente.

Sabe-se que a exploração dessa atividade é considerada pelos órgãos ambientais uma atividade potencialmente poluidora ambiental. Pela Legislação Ambiental (Lei 9.605/98 - Lei de Crimes Ambientais), o produtor pode ser responsabilizado criminalmente por eventuais danos causados ao meio ambiente e à saúde dos homens e animais.

Os dejetos apresentam alto poder poluente, especialmente para os recursos hídricos, em termos de demanda bioquímica de oxigênio (DBO). O rápido desenvolvimento da avicultura brasileira, principalmente no domínio dos cerrados, acarretou também a produção

de grandes quantidades de dejetos que, pela falta de tratamento adequado, ganhou status de potencial poluidor dos mananciais de água.

A redução dos custos de produção para os criadores intensivos, a minimização da ação desses dejetos no ambiente e ainda a redução do uso de insumos químicos na agricultura do cerrado podem ser uma realidade com a utilização agronômica dos dejetos.

Embora os dejetos possam ser utilizados como fonte de energia e nutrientes para outras espécies animais, considera-se mais adequado utilizá-los como fertilizante, pois melhoram as condições físicas, químicas e biológicas do solo, além de fornecer nutrientes essenciais às plantas. Seu emprego deve ser planejado em função das características do solo e do clima, exigência das culturas, declividade, taxa e época de aplicação, formas e equipamentos de aplicação. Portanto impõe-se às instituições de pesquisa, agro-industriais, órgão de fomento e produtores a necessidade de pesquisas e manejo técnico no sentido de eliminar estas fontes de contaminação ambiental, dando a estes uma destinação econômica, rentável e sustentável.

Uma das diversas alternativas para o uso desses dejetos está na recuperação da fertilidade do solo e pastagens degradadas, com aplicações na implantação de novas pastagens bem como na manutenção e melhoria das antigas, possibilitando que as diferentes espécies de forragem manifestem seu potencial produtivo e bromatológico, em solos corrigidos física e quimicamente pela ação da decomposição dos dejetos aplicados e crescimento vegetal.

Os solos agricultáveis, com sua enorme capacidade de transformar e reciclar têm sido o local mais propício à deposição desses resíduos que podem, além de serem fontes de nutrientes, contribuir para a melhoria de atributos físicos influenciada pela matéria orgânica e da sua capacidade de ativação biológica. Portanto, apresentam propriedades condicionadoras de solo, principalmente de atributos, como densidade, porosidade do solo e estabilidade de agregados.

Os Latossolos Vermelhos compreendem 66,79% dos solos da região do Triângulo Mineiro (GOMES et al., 1982). Caracterizam-se por serem altamente intemperizados, ácidos e com baixa fertilidade natural. A incorporação de resíduos orgânicos pode constituir uma alternativa de recuperação da fertilidade e da melhoria dos atributos físicos dos mesmos, quando se encontram degradados.

A melhoria ou a manutenção da qualidade física do solo que contribui para o melhor desenvolvimento de plantas e, conseqüentemente, para maximizar a produção, respeitando a capacidade de uso do solo, deve ser uma preocupação constante de forma a se obter um desenvolvimento econômico e sustentável. Portanto, o desenvolvimento das pesquisas

integradas nos diferentes ramos das ciências agrárias e dos recursos naturais indicará as melhores alternativas da integração das atividades de criação intensiva de aves, com produção de grande quantidade de dejetos poluentes. O enfoque para seu aproveitamento na atividade agropecuária do ponto de vista agrônomo, econômico e ambiental será dentro de uma perspectiva que contemple a sustentabilidade agrícola regional.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento dos atributos físicos e da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho de textura média, na região de Uberlândia, após a aplicação de diferentes doses propostas de cama aviária, como insumo para a agropecuária, inserindo-o ao sistema de pastagem orgânica.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Degradação física do solo do Cerrado

A degradação física do solo pode ser definida como uma mudança em suas propriedades físicas que influi negativamente sobre a produção. Manifesta-se pela acentuada perda de qualidade na estrutura dos solos, pelo colapso dos primeiros 3 a 4 cm, devido ao efeito das chuvas, o que se traduz no aparecimento de finas crostas em sua superfície, na compactação sob a camada arável e na conseqüente diminuição nas taxas de infiltração de água, aumento do escoamento superficial, perdas por erosão, nos custos de produção por unidade de área e redução da produtividade.

Em termos globais, a FAO – Food and Agriculture Organization, agência da ONU para a agricultura e alimentação – estima em 29% da superfície terrestre a área com solos degradados pela erosão e que 6 a 7 milhões de hectares se tornem improdutivos, anualmente, devido a este problema (CANIL; REDENTE, 1997).

O consumo desenfreado dos recursos naturais do planeta compromete a qualidade de vida e a sobrevivência das futuras gerações. Isto porque as técnicas hoje empregadas na exploração destes recursos não estão adequadas à manutenção do meio ambiente. Conforme dados da Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD), no mundo,  $1.964 \times 10^6$  hectares encontram-se degradados (OLDEMAN et al., 1998). Este valor representa, aproximadamente, 13% da Terra (continente). Segundo estes autores, há quatro principais causas para a degradação, isto é, o desmatamento, o manejo inadequado da agricultura, o superpastejo e a superexploração da vegetação para combustível de atividade industrial.

A região do Triângulo Mineiro está inserida no bioma Cerrado, tendo 66,79% da sua área sob Latossolos Vermelhos (GOMES et al., 1982), que apresentam baixa fertilidade natural e elevados teores de alumínio trocável, exigindo correções e adubações para a inserção destes no processo produtivo. Em condições naturais, estes solos possuem excelentes atributos físicos, no entanto, o uso indiscriminado, principalmente com pastagem extensiva, tem levado a deterioração da qualidade física dos mesmos. Nos sistemas de pastagem, o intenso pisoteio animal pode levar à compactação do solo (BERTOL et al., 2000; IMHOFF et al., 2000), refletindo diretamente em suas propriedades físico-hídricas e, conseqüentemente, reduzir a produtividade.

Dentre as características físicas e morfológicas dos solos de Cerrado, os componentes granulométricos principais são argila e areia. A argila varia de 15 a 80%. Ressaltando-se que os altos teores de argila, nesses solos, não significam características, tais como alta capacidade de retenção de água, baixa infiltração, alta capacidade de troca catiônica e problemas de aeração, após chuvas intensas. Os minerais argilosos são do tipo 1:1 e a maior parte da fração argila é composta de óxido de ferro e de alumínio. O silte apresenta-se, relativamente, constante, quaisquer que sejam as combinações entre argila e areia, situando-se entre 10 e 20%. As estruturas dominantes são em forma de blocos subangulares (fracamente desenvolvidos) ou maciças, ultrapequena e granular (RESENDE et al., 1988; MACEDO, 1996, REATTO et al., 1998). Essa forte microestrutura granular nesses Latossolos faz com que eles tenham comportamento semelhante ao de solos arenosos.

A desestruturação do solo, a compactação e a redução nos teores de matéria orgânica são considerados os principais indutores da degradação dos solos agrícolas. Tal degradação, com todas as suas implicações e nefastas conseqüências, tem resultado no desafio de viabilizar sistemas de produção que possibilitem maior eficiência energética e conservação ambiental, criando-se novos paradigmas tecnológicos baseados na sustentabilidade. No novo conceito de sistema agrícola produtivo, a fertilidade do solo assume uma abrangência maior que a habitual, expressada apenas nos parâmetros de acidez, disponibilidade de nutriente e teor de matéria orgânica. Os parâmetros físicos, como armazenamento e conservação de água, armazenamento e difusão do calor e permeabilidade ao ar e à água, passam a ter relevância na avaliação da fertilidade do solo (DENARDIN; KOCHHANN, 1993).

Conforme Topp et al. (1997), Schoenholtz et al. (2000) e Singer e Ewing (2000), os atributos mais amplamente utilizados como indicadores de qualidade física do solo são aqueles que levam em conta a profundidade efetiva de enraizamento, a porosidade total, a distribuição e tamanho dos poros, a distribuição do tamanho das partículas, a densidade do solo, a resistência do solo à penetração das raízes, o intervalo hídrico ótimo, o índice de compressão e a estabilidade dos agregados.

Os impactos do uso e manejo na qualidade física do solo têm sido quantificados, utilizando-se diferentes propriedades físicas relacionadas com a forma e com a estabilidade estrutural do solo, tais como: compactação do solo (HORN; LEBERT, 1994; HAKANSSON et al., 1998), densidade (DE MARIA et al., 1999; STONE; SILVEIRA, 2001), resistência do solo à penetração das raízes (TORMENA; ROLOFF, 1996; ROSOLEM et al., 1999; BEUTLER et al., 2001), estrutura (RIBEIRO, 1999), porosidade total, tamanho e continuidade dos poros (BEUTLER et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2001; SERVADIO et al.,

2001), adsorção e absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água, trocas gasosas e desenvolvimento do sistema radicular (DÜRR; AUBERTOT, 2000; ARVIDSSON, 2001; ISHAQ et al., 2001). As modificações nestas propriedades ocasionadas pelo manejo inadequado resultam em decréscimo de produção (RADFORD et al., 2001; DAUDA; SAMARI, 2002), aumento da suscetibilidade do solo a erosão e aumento da potência necessária para o preparo do solo (CANILLAS; SALOKHE, 2002).

O desenvolvimento de plantas está intimamente relacionado às condições químicas, físicas e biológicas adequadas do solo, assim como a adaptação às condições climáticas adversas. A habilidade das plantas em explorar o solo, em busca de fatores de crescimento, como água e nutrientes, depende da existência e distribuição de raízes no perfil do solo que, por sua vez, são dependentes das condições físicas e químicas, as quais são passíveis de alterações, em função do manejo aplicado (SIDIRAS et al., 1983, ROSOLEM et al., 1999). Assim, o conhecimento dos diferentes sistemas de uso e manejo do solo e das alterações promovidas por eles torna-se importante para o entendimento das potencialidades e limitações dos mesmos, em relação à produtividade das culturas, alterações físicas do solo, manejo químico e adoção de práticas que possam contornar possíveis limitações advindas da sua utilização.

## **2.2 Setor avícola no agronegócio brasileiro**

Atualmente, o Brasil tem se destacado no comércio mundial, tendo em sua pauta de exportação uma grande diversidade de produtos do setor agropecuário. O agronegócio, que hoje representa um terço das exportações, tem sido o grande responsável pelo superávit da balança comercial brasileira (PRATES; EDWARD, 2004).

A avicultura no Brasil é uma atividade bastante difundida e de grande importância econômica. Para o ano de 2005, a produção nacional de carne de frango foi de 8.710 mil toneladas, espalhada na maioria das regiões do país, sendo a região sul a maior produtora de carne de frango (55,72%), seguida das regiões Sudeste (26,09%), Centro Oeste (9,82%), Nordeste (7,20%) e Norte (1,17%), com um consumo interno de 6.053 mil toneladas e per capita de 33,3 kg/hab/ano (ANUALPEC, 2005).

A produção mundial de carne de frango, em 2005, foi de aproximadamente 57.342 mil toneladas. Do total, 15,03% foi produzido no Brasil, que ocupa a 3ª posição de maiores produtores do mundo. (ANUALPEC, 2005).

Nas exportações, o Brasil se posiciona em 1º lugar, com 2.657,8 mil toneladas, incluindo peças inteiras e pedaços, sendo Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos e Rússia os maiores importadores de peças inteiras, e Japão, Países Baixos e Alemanha as peças em pedaços (ANUALPEC, 2005).

Essa crescente demanda para o consumo interno e exportação leva ao aumento expressivo da criação. Assim, por consequência, gera grande quantidade de resíduos que, se não dispostos de forma adequada, podem trazer sérios danos à saúde humana e ao meio ambiente (LIMA, 2007).

Embora a aplicação de resíduos orgânicos no solo seja uma prática antiga e até então utilizada em pequenas propriedades, a mudança no cenário agropecuário brasileiro e o avanço das pesquisas levaram a um interesse, por parte de grandes produtores, na utilização desses resíduos, com discussões acerca de benefícios e também dos impactos que os mesmos podem proporcionar ao meio ambiente, quando não se destina adequadamente (LIMA, 2007).

### **2.3 Adubação orgânica na agricultura**

Na agricultura, a adubação orgânica é uma das alternativas de viabilização dos resíduos produzidos pelas granjas de confinamento de animais e, mesmo com limitações de aplicação e de disponibilidade de material, apresenta vantagens sobre as outras opções porque permite melhorar os atributos físicos, químicos e biológicos do solo (HOLANDA et al., 1984).

A adubação orgânica é uma prática antiga. É utilizada no melhoramento da fertilidade dos solos, que constitui uma alternativa adotada por muitos agricultores para obterem aumentos na produção de alimentos para a população humana e para o melhoramento das pastagens (FEITOSA FILHO, 1990).

A decomposição dos resíduos orgânicos aplicados no solo leva à liberação de nutrientes ao meio e aumento da disponibilidade dos mesmos. Isso irá ocorrer em níveis que dependerão da quantidade do resíduo adicionado e das condições do solo (umidade, temperatura, pH, forma de aplicação, entre outros). Caso seja utilizado em quantidades elevadas e freqüentes, poderá ocorrer fitotoxidez (FERREIRA;CRUZ, 1991).

Com a utilização de cama de frango e dejetos de suínos, Warren e Fonteno (1993) observaram transformações físico-químicas nos solos agricultáveis, demonstrando que a capacidade de troca de cátions (CTC) e a disponibilidade de N, P, K, Ca e Mg aumentavam

linearmente com o aumento da dose de cama aplicada ao solo. Os mesmos autores verificaram também melhorias relacionadas à agregação e à resistência estrutural do solo, as quais apresentam influência direta na porosidade total e disponibilidade de água no solo.

Segundo Ribeiro et al. (1999), os efeitos sobre os nutrientes são: de aumentar a disponibilidade desses nutrientes por meio de processos de mineralização, contribuindo para diminuição da fixação de fósforo no solo; e aumentarem os ácidos orgânicos resultantes da decomposição da matéria orgânica, que aceleram a solubilização de minerais do solo e aumentam a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

A CFSEMG (1999) relata dificuldades para caracterizar os adubos orgânicos quanto à composição química e sua eficiência agrônômica, necessárias para corrigir as diferenças observadas nos teores de liberação de nutrientes, os quais são influenciados, principalmente, pela grande diversidade destes quanto à origem, grau de umidade e porcentagem de conversão alimentar dos animais.

Rocha (2000), utilizando adubação orgânica humificada como forma de investigar aspectos qualitativos de produção vegetal em um Podzólico Vermelho-Amarelo (Argissolo Vermelho-Amarelo), obteve, para os tratamentos orgânicos em relação ao químico, uma tendência à melhoria na taxa de infiltração acumulada, na densidade e porosidade total do solo.

Quanto aos benefícios gerados pela adição de resíduos orgânicos, nas propriedades químicas do solo, é significativo o aumento de pH, da capacidade de troca de cátions (CTC), do teor de nutrientes agregados ao solo e do teor de matéria orgânica (MELLO; VITTI, 2002).

Cerreta et al. (2003) relatam que o uso sistemático de esterco líquido de suínos representa a adição de grande quantidade de nutrientes ao solo e elevam principalmente os teores de P, Ca e Mg em áreas sob pastagem natural.

Até recentemente, a recomendação para aplicação de cama de frango era baseada na quantidade de nitrogênio presente na cama e nas exigências das culturas. Atualmente, atendendo as normas de segurança ambiental, sugere-se que essa recomendação seja feita com base no conteúdo de fósforo da cama (MENEZEZ et al., 2004).

Segundo Rocha et al. (2004), o uso de resíduos orgânicos na forma de esterco de animais, compostos e resíduos vegetais podem atuar na neutralização de toxidez de Al, através da matéria orgânica que libera ligante orgânico que irá complexar o alumínio, reduzindo sua atividade e toxidez às plantas.

O resíduo orgânico gerado pela criação confinada de frangos e perus, denominada de cama aviária, compreende o material utilizado para cobrir o piso das instalações avícolas,

agregada de excrementos das aves e restos de ração, durante o período de confinamento das aves (MENEZES et al., 2004).

Segundo Lima (2007), o aporte de matéria orgânica é um dos benefícios que a fertilização mineral não proporciona, sendo ainda fundamental para a melhoria da qualidade física do solo.

O uso de resíduos orgânicos na agricultura tem se demonstrado viável por muitos pesquisadores, em virtude de seu potencial como fertilizante, mas, não se têm definidas as dosagens adequadas e a frequência com que estes materiais devem ser adicionados ao meio. No entanto, estudos sobre os efeitos desses resíduos no solo e no ambiente, como um todo, devem ser priorizados, levando em conta não só os aspectos benéficos, mas também o seu potencial poluidor e as possibilidades de uso desses resíduos orgânicos na recuperação de áreas degradadas (LIMA, 2007).

#### **2.4 Potencial poluidor dos resíduos orgânicos ao meio ambiente**

De acordo com Alves (1995), o moderno sistema agropecuário implantado nas últimas décadas contribuiu, em muito, para a redução da fome no mundo. Entretanto, nos anos recentes, os impactos ambientais negativos desse sistema têm sido visíveis. Assim, esses erros devem tornar-se o ponto de equilíbrio para alcançarmos a compatibilidade entre a produção alimentar e a capacidade de suporte dos agroecossistemas.

Os resíduos oriundos da produção de animais não constituíam fato preocupante para os criadores e a sociedade, pois a concentração de animais por unidade de área era pequena. A adoção do sistema de confinamento e a intensificação da produção trouxeram como consequência o aumento do volume de dejetos produzidos, se tornando uma atividade degradadora do meio ambiente (CORRÊA; CORRÊA, 2003).

Com o agravamento de problemas ambientais em diversos países, devido ao manejo irracional de resíduos animais, gerou-se uma preocupação crescente por parte dos órgãos ambientais. No Brasil, está em vigor a Lei nº 6.938 de 31/08/1981 (BRASIL, 1981), que preconiza como principal ação à prevenção de possíveis danos ambientais, necessitando de licenciamento ambiental para a implantação e desenvolvimento das atividades consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras (BARACHO JUNIOR, 1995). Com esta política, o Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais (COPAM) estabeleceu que as atividades da avicultura e suinocultura devessem ser submetidas ao processo ordinário de

licenciamento ambiental, como medida de controle ambiental que eliminam ou minimizam os impactos ambientais causados por estas atividades.

A aplicação de esterco nos solos de áreas agrícolas ou de pastejo é limitada por dois fatores: a carga hidráulica suportada pelo solo, no caso de sistemas de semi-sólido ou diluída, e a carga suportada pelo solo e cultura (MOORE et al., 1997). De maneira geral, o esterco só deve ser aplicado se o solo puder aceitar o material líquido sem que ocorra a formação de enxurrada. O excesso de nutrientes e os desequilíbrios entre a adubação e a capacidade de extração pela planta e de retenção do solo podem ser reduzidos através do planejamento do fluxo de nutrientes, extração de nutrientes pelas culturas, monitoramento do fluxo na propriedade e redução da utilização de nutrientes.

Conforme Pratt (1979) e Scherer et al. (1984), os acúmulos de P e K no solo, pelo uso de grandes quantidades de dejetos animais por períodos longos, podem causar desbalanços de nutrientes às plantas agrícolas. O efeito do acúmulo excessivo de P disponível nos solos pode produzir deficiências de Zn em algumas culturas. Excesso de K e Na na forma trocável nos solos pode causar a desagregação e diminuir a estabilidade da estrutura do solo. Segundo Moal et al. (1995), os percentuais de perdas de N por volatilização de amônia atingem valores de 45% a 63% do N amoniacal, mas o principal problema ambiental ao uso do esterco como fertilizante é a lixiviação de N na forma de nitrato (GANGBAZO et al., 1995).

A contaminação dos mananciais com lançamento dos dejetos de animais não se restringe de tal poluição, uma vez que os mananciais atravessam várias nascentes que vão até a foz. Costa et al. (1997) relata que as estações de tratamento de água, em geral, não possuem tecnologia suficiente para uma efetiva descontaminação das águas, mantendo-se microrganismos patogênicos e substâncias químicas tóxicas ao homem.

Mubarak et al. (2003), utilizando fertilização com cama de aviário, observaram que o P movimentou-se no perfil do solo com possibilidade de eutrofização dos corpos d'água, principalmente no período chuvoso.

A cama de frango, por um longo tempo, foi utilizada como complementação alimentar na dieta de ruminantes, devido ao seu alto teor de proteínas, como relatado em vários trabalhos de pesquisa (OLIVEIRA et al., 1991; ZANETTI et al., 1993; ARRIGONI et al., 1998a; ARRIGONI et al., 1998b). No entanto, em virtude de problemas sanitários, foi proibida por força da legislação. Conforme Instrução Normativa nº 8 de 26/03/2004 (BRASIL, 2004), proíbe-se o uso de qualquer tipo de resíduo de origem animal na alimentação de ruminantes. Esta exigência legal reforça a necessidade de mais estudos regionalizados levando em consideração seus aspectos peculiares, tais como, condições

climáticas e tipo de solo, fatores determinantes no comportamento do resíduo no solo e, conseqüentemente, os efeitos do mesmo, buscando alternativas viáveis e sustentáveis de aproveitamento destes resíduos. A sua utilização para as plantas pode ser uma alternativa interessante, considerando que o solo possui enorme capacidade de transformar, degradar e metabolizar diferentes moléculas, inativando seu poder poluente ou tóxico. Além disso, quando incorporado ao solo, estará contribuindo não só para melhoria da fertilidade, como também de atributos físicos, físico-químicos e biológicos do solo (LIMA, 2007).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Caminho das Pedras, situada no município de Uberlândia, Minas Gerais, rodovia 365, km 657,5, entre os paralelos 18°52'11,3" e 18°51'58,8" de latitude sul e os meridianos 48°33'08" e 48°33'06,8" de longitude a oeste de Greenwich a uma altitude média de 800 metros. A unidade de solo é o Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 1982), textura media, com teor de argila de 177 g Kg<sup>-1</sup> de solo. O clima predominante, segundo classificação de Koppen, é o Aw, que caracteriza um clima tropical chuvoso (clima de savana), megatérmico, com inverno seco (EMBRAPA, 1982).

A precipitação pluviométrica mensal e a temperatura média para a região, no período de novembro de 2005 a outubro de 2006, estão representadas, respectivamente, nas Figuras 1 e 2. Observa-se que a precipitação total para o período foi de 2.215,20 mm, distribuída irregularmente e concentrada nos meses de janeiro, fevereiro, março e início de abril.

A temperatura e precipitação pluviométrica total para a região foram coletadas na estação meteorológica da Fazenda Canadá (Grupo ABC A & P), a mais próxima da área experimental, distante 10 km.

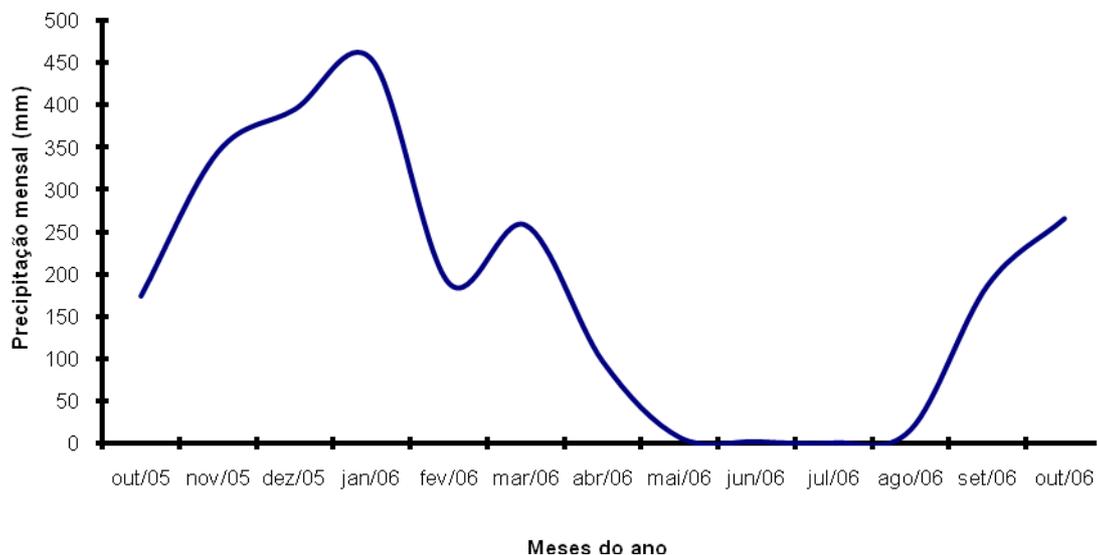


Figura 1 – Distribuição pluviométrica média mensal no período de outubro de 2005 à outubro de 2006, para a região de Uberlândia, MG.

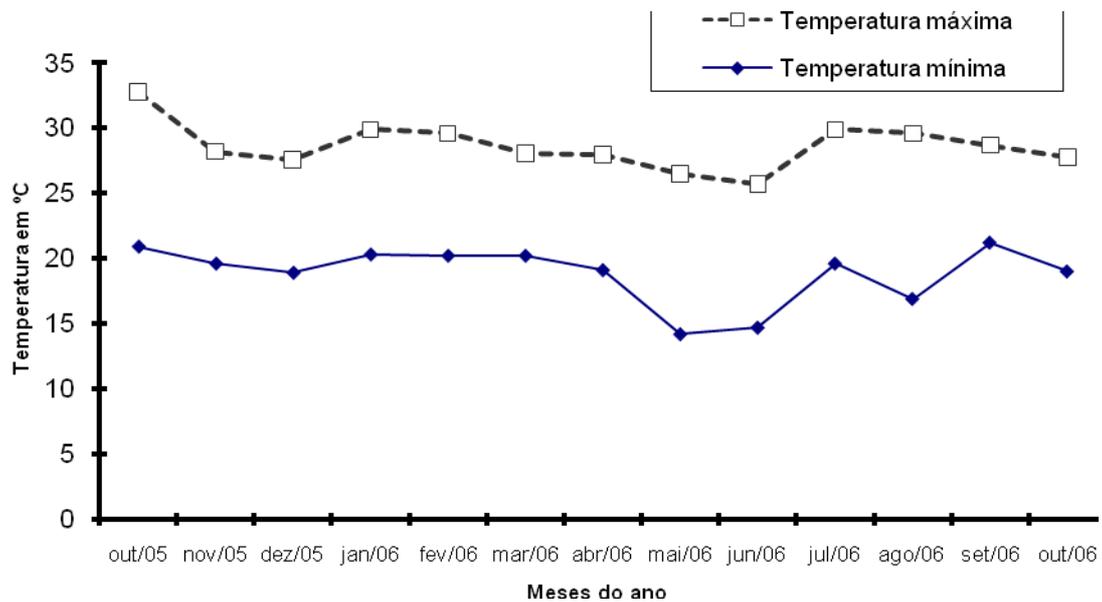


Figura 2 – Temperatura média mensal no período de outubro de 2005 à outubro 2006, para a região de Uberlândia, MG.

A área experimental apresenta topografia suave ondulada, com declividade média de 2%. A fazenda mantém as atividades de avicultura de corte no sistema intensivo e bovinocultura no sistema extensivo. A cobertura vegetal de *Brachiaria decumbens* sp. foi formada pela retirada do Cerrado, há aproximadamente 12 anos e apresentava, no início da pesquisa, sinais de degradação, com a presença de plantas invasoras e sinais de processo erosivo. Anteriormente à instalação do experimento (novembro de 2003) foram coletadas amostras de solo da área experimental, para a caracterização química e física (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 – Caracterização química do solo da área experimental, em Uberlândia, MG, amostrado nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, em Novembro de 2003<sup>1</sup>.

Prof.	pH	P	K	Al	Ca	Mg	H+A	SB	t	T	V	m	MO
	H <sub>2</sub> O						l						
Cm	1:2,	-mg dm <sup>-3</sup>					cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				----	%----	g kg <sup>-1</sup>
	5												
0-20	5,8	1,6	27,3	0,1	0,8	0,2	2,6	1,2	1,3	3,7	30,7	14,3	15,3
20-40	5,5	0,9	27,0	0,3	0,3	0,1	2,6	0,5	0,8	3,1	15,0	39,0	8,00

<sup>1</sup>Análises realizadas no LAMAS-ICIAG-UFU; Prof= profundidade, P, K=(HCL 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol L<sup>-1</sup>); Al, Ca, Mg = (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); SB = Soma de base; t = CTC efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases e m = saturação por alumínio.

Tabela 2 – Caracterização química de micronutrientes e física do solo da área experimental em Uberlândia, MG, amostrado nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm, em Novembro de 2003<sup>1</sup>.

Prof.	B	Cu	Fe	Mn	Zn	S-SO <sub>4</sub>	Areia		Silte	Argila	Dp
							Fina	Grossa			
Cm	----- mg dm <sup>-3</sup> -----					----- g kg <sup>-1</sup> -----		----- g cm <sup>-3</sup> -----			
0-20	0,3	0,6	36,7	6,4	0,3	2,3	561,7	239,6	33,7	165,0	2,78
20-40	0,3	0,6	30,0	5,8	0,2	7,0	511,9	259,9	38,4	189,8	2,85

<sup>1</sup>Análises realizadas no LAMAS-ICIAG-UFU Prof= Profundidade; B= [BaCl<sub>2</sub> 2H<sub>2</sub>O a 0,125% à quente]; Cu, Fé, Mn, Zn = [DTPA 0,005M + CaCl 0,01M + TEA 0,1M a pH 7,3]; S-SO<sub>4</sub> = Ca (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>.  
<sup>1</sup>. Granulometria = Método da pipeta e Dp (densidade de partículas) segundo Embrapa (1997).

Foram utilizados resíduos orgânicos, provenientes da criação intensiva de frangos, denominados de cama de frango. A cama de aviário foi retirada na Fazenda Caminho das Pedras, Uberlândia, MG, logo após a saída do segundo lote de frangos de corte de aproximadamente 35 dias por ciclo, criados em galpão sobre substrato de casca de arroz.

Na ocasião da coleta das camas para análise, o galpão foi separado em partes uniformes e foram coletadas 20 subamostras por parte, as quais foram homogeneizadas. Posteriormente, foram coletadas duas amostras compostas, que foram analisadas físico-quimicamente, segundo metodologia de resíduos orgânicos (SARRUDE; HAAG, 1974) e os resultados são apresentados na Tabela 3.

Após a coleta, as camas foram acondicionadas em sacos de 50 kg e armazenadas em galpão, passando por um período de estabilização de 30 dias para posterior aplicação no solo.

As dosagens de cama de frango aplicadas no solo foram determinadas com base no teor de fósforo do resíduo (fósforo P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total, base seca -110°C), conforme a tabela 3, por ser este um dos nutrientes mais limitantes ao desenvolvimento das gramíneas, principalmente em solos degradados. Os cálculos foram feitos de acordo com o teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, obtido pela análise química da cama de frango e buscando agregar no solo, nas dosagens máximas, o equivalente a T0 (zero de adubação), T1= 1.737 kg ha<sup>-1</sup>, T2= 3.473 kg ha<sup>-1</sup>, T3= 5.209 kg ha<sup>-1</sup> e T4= 6.945 kg ha<sup>-1</sup> de cama de frango, respectivamente calculado para obter-se uma concentração de 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Tabela 3 – Caracterização química e físico-química da cama de frango utilizada no experimento em Uberlândia, MG, novembro 2005 <sup>1</sup>.

Determinações	Unidade	Base seca 110°C	Umidade Natural
pH CaCl <sub>2</sub> 0,01 M (Ref. 1:2,5)	pH	-	8,05
Densidade	g/m <sup>3</sup>	-	0,44
Materiais Inerte	%	-	0,00
Nitrogênio Total <sup>2</sup>	g kg <sup>-1</sup>	25,6	19,3
Mat. Orgânica Total (Combustão)	%	66,69	50,30
Mat. Orgânico Compostável (Titulação)	%	50,84	38,55
Mat. Orgânico resistente à Compostagem	%	15,85	11,75
Carbono Total (orgânico e mineral) <sup>3</sup>	%	37,05	27,95
Carbono Orgânico	%	28,24	21,42
Relação C/N (C Total e N Total)	-	15/1	15/1
Relação C/N (C Orgânico e N Total)	-	12/1	12/1
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Total) <sup>4</sup>	g kg <sup>-1</sup>	34,73	21,2
Potássio (K <sub>2</sub> O Total) <sup>5</sup>	g kg <sup>-1</sup>	28,1	21,1
Cálcio (Ca Total) <sup>5</sup>	g kg <sup>-1</sup>	17,8	12,9
Magnésio (Mg Total) <sup>5</sup>	g kg <sup>-1</sup>	5,6	4,2
Enxofre (S Total) <sup>6</sup>	g kg <sup>-1</sup>	3,9	2,9
Boro (B Total) <sup>7</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	37	27
Cobre (Cu Total) <sup>7</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	397	292

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

As aplicações foram realizadas a lanço em cobertura, utilizando-se uma distribuidora de resíduos sólidos com capacidade de 5.500 kg, acoplada a um trator agrícola de pneu, conforme a Figura 3.



Figura 3 – Conjunto mecanizado utilizado para a distribuição superficial da cama de frango. (Foto: Leomar Paulo de Lima)

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 5 x 2 x 3, com 4 repetições, e parcelas com dimensões de 25 x 10 m e área útil de 15 x 10 m, sendo demarcadas ao acaso. O primeiro fator corresponde às cinco doses de cama de frango (0, 1.377, 3.473, 5.209 e 6.945 kg ha<sup>-1</sup>), o segundo fator as duas profundidades amostradas (0 a 20 e 20 a 40 cm) e o terceiro fator as três épocas de amostragem e determinação, após a distribuição do dejetos (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro, 120 dias, período chuvoso, mês de março e 270 dias, período seco, mês de agosto).

As determinações de campo e as amostragens de solo foram feitas nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, em três épocas distintas, após a aplicação da cama de frango, no ano de 2006. A primeira amostragem foi realizada no mês de janeiro, aos 60 dias após aplicação do dejetos (início do período chuvoso), a segunda amostragem foi realizada em março, aos 120 dias (período chuvoso) e a terceira amostragem foi realizada em agosto, aos 270 dias após a aplicação do dejetos na área (período da seca). A amostragem realizada em três épocas distintas visou detectar possíveis influências das condições climáticas regionais sobre as alterações dos dejetos e do solo.

Foram realizadas determinações físicas de resistência do solo à penetração, utilizando o penetrômetro de impacto, conforme metodologia apresentada por Stolf (1991). As amostragens de solo foram realizadas para análises dos seguintes atributos físicos do solo: argila dispersa em água, grau de flocculação, densidade do solo, porosidade total do solo (macroporosidade e microporosidade) e estabilidade de agregados por via úmida. Além disso, determinou-se o atributo químico matéria orgânica, pelo método do Carbono Orgânico Total. Todas as análises basearam-se na metodologia proposta pela Embrapa (1997).

### **3.1 Argila dispersa em água**

Para a determinação da argila dispersa em água (ADA), acondicionaram-se 10 g de terra fina seca ao ar (TFSA), em um copo plástico com 50 mL de água destilada. O material foi colocado sob agitação, com rotação de 220 rpm, em um agitador horizontal, por um período de 12 horas. Após o período, a amostra foi passada por peneira de 0,053 mm, tendo como suporte um béquer de 500 mL, descartando-se a areia que ficou retida na peneira e transferindo a suspensão, contendo silte e argila, do béquer para uma proveta de 1000 mL. O

volume da proveta foi completado com água destilada até o aferimento da mesma. Agitou-se a suspensão por um minuto com auxílio de uma haste, esperaram-se quatro horas e coletou-se uma alíquota de 25 mL, na profundidade de 5 cm, com auxílio de uma pipeta automática, acondicionando-a em cápsulas de porcelanas previamente identificadas. As amostras foram levadas à estufa a 105°C, por 24 horas. Posteriormente, foram colocadas em um dessecador para resfriamento e pesadas para determinação do teor de argila dispersa em água, expressa em  $\text{g kg}^{-1}$  e calculada conforme a expressão 1:

$$AD = A \times 4000 \quad 1$$

Em que:

$AD$  = argila dispersa em água, em  $\text{g kg}^{-1}$ ;

$A$  = massa de argila, em g;

4000 fator de correção para 1000 g de solo.

### 3.2 Grau de flocculação

O grau de flocculação representa a relação entre o teor de argila naturalmente dispersa em água (ADA) e o teor de argila total, obtido por meio da dispersão total. Isso permite inferir sobre o teor de argila que se encontra flocculada no solo e pode ser determinada conforme a expressão 2:

$$GF = \frac{100(a - b)}{a} \quad 2$$

Em que:

$GF$  = grau de flocculação, em %;

$a$  = argila total, em  $\text{g kg}^{-1}$ ;

$b$  = argila dispersa em água, em  $\text{g kg}^{-1}$ .

### 3.3 Densidade do solo

A determinação da densidade do solo ( $D_s$ ) foi realizada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997), utilizando amostras indeformadas retiradas com amostrador tipo Uhland e anel de aço de Kopecky de bordas cortantes, com volume interno de aproximadamente  $80 \text{ cm}^{-3}$ . Com o auxílio de um enxadão, a área foi limpa e retirada uma camada superficial do solo, a fim de que o anel fosse colocado ao centro da camada do solo, nas profundidades amostradas (0 a 20 e 20 a 40 cm), de forma a obter uma amostra representativa da camada amostrada. O anel de aço foi introduzido no solo com auxílio do amostrador tipo Uhland até o preenchimento total do anel. O excesso de solo foi removido com o auxílio de uma faca cortante para nivelamento das bordas inferiores e superiores do anel. Posteriormente à coleta, as amostras foram revestidas com gaze e presas com um elástico. No laboratório, o anel contendo o solo foi levado a estufa, a  $105^\circ$ , por aproximadamente 48 horas, até peso constante. Após esse período, as amostras foram pesadas e determinadas a densidade do solo ( $D_s$ ) por meio da expressão 3:

$$D_s = \frac{M_s}{V_t} \quad 3$$

Em que:

$D_s$  = densidade do solo, em  $\text{g cm}^{-3}$ ;

$M_s$  = massa seca da amostra de solo, a  $105^\circ\text{C}$ , em g;

$V_t$  = volume do anel, em  $\text{cm}^{-3}$ .

### 3.4 Porosidade total do solo

A porosidade total ( $P_t$ ) está relacionada com o volume de poros totais do solo ocupado por água e, ou, ar. A sua quantificação foi realizada por meio da soma dos valores médios obtidos para a macroporosidade e microporosidade do solo. Por meio da expressão 4, obteve-se a porosidade total do solo.

$$P_t = M_iP + M_aP \quad 4$$

Em que:

$P_t$  = porosidade total, em %;

$MiP$  = microporosidade, em %;

$MaP$  = macroporosidade, em %.

### 3.4.1 Microporosidade do solo

Para estudo da microporosidade do solo (MiP), foram utilizadas amostras indeformadas retiradas com amostrador tipo Uhland e anel de aço de Kopecky de bordas cortantes, com volume interno de 80 cm<sup>3</sup> (EMBRAPA, 1997), conforme descrição para densidade do solo. No laboratório, essas amostras, depois de saturadas com água durante aproximadamente 12 horas, foram colocadas em placas de cerâmica de 0,1 MPa (previamente saturadas) e submetidas à sucção no aparelho extrator de Richards a 0,006 MPa. Segundo Embrapa (1997), este valor de sucção drena a água dos poros com calibre maior de 0,05 mm, considerado limite entre macro e microporos. Após cessar a drenagem das amostras, neste valor de sucção, o anel contendo o solo foi levado para estufa calibrada a 105°C, por um período de 24 horas, até obter peso constante, determinando-se a seguir a MiP, através da expressão 5:

$$MiP (\%) = [(B-D-E) / C] \times 100$$

5

Em que:

MiP = Microporosidade do solo, em %;

B = peso da amostra drenada, em g;

D = peso da amostra seca, a 105°C, em g;

E = peso do anel, em g;

C = volume do anel, em cm<sup>3</sup>.

### 3.4.2 Macroporosidade do solo

O cálculo da macroporosidade do solo (MaP) permite avaliar o volume do solo ocupado por poros com diâmetro maior que 0,05mm, dado pela diferença entre a porosidade

total e o volume de microporos obtidos através da expressão 6, conforme metodologia acima descrita e preconizados pela Embrapa (1997).

$$Ma (\%) = [(A-B-E) / C] \times 100 \quad 6$$

Em que:

A = peso da amostra saturada, em g;

B = peso da amostra drenada, em g;

E = peso do anel, em g;

C = volume do anel, em cm<sup>3</sup>.

### 3.5 Resistência do solo à penetração

A resistência do solo à penetração foi avaliada nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, utilizando-se de um penetrômetro de impacto, conforme modelo proposto por Stolf (1991). Os dados de campo foram obtidos em número de impactos dm<sup>-1</sup> necessários para atravessar as camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm e os valores transformados em kgf cm<sup>-2</sup>, pela calibração do penetrômetro com base na fórmula de transformação da unidade prática de resistência N (impactos dm<sup>-1</sup>) em kgf cm<sup>-2</sup>, descrita por Stolf (1991), conforme dedução e expressão 5.

O penetrômetro de impacto utilizado neste trabalho possui as seguintes características: massa do embolo que produz o impacto (M) = 3,542 kg (Mg = 3,542 kgf); massa do restante do conjunto (m) = 3,097 kg (mg = 3,097 kgf); altura de queda do embolo (h) = 40,00 cm; diâmetro da agulha de cone conforme padrão ASAE (1976), A = 1,29 cm<sup>2</sup>; (M+m)g = 6,639 kgf; [M/(M+m)] = 0,534; aceleração da gravidade (g) = 1 cm<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>; e N é o número de impactos por decímetro = [Nº de Impactos/Profundidade (cm)] x 10. Utilizando-se a expressão nº 7, obteve-se R (kgf cm<sup>-2</sup>) = 5,146 + 5,864 N.

$$R = \frac{(M + m)g}{A} + \frac{fMgh}{10A} \cdot N \quad 7$$

Em que:

R = resistência do solo à penetração, em (kgf cm<sup>-2</sup>);

$M$  = massa que provoca o impacto, em kg;

$m$  = massa dos demais componentes do penetrômetro excluída a de impacto, em kg;

$A$  = área de base do cone, em  $\text{cm}^2$ ;

$f$  = força de resistência do solo (kgf), obtida pela relação  $M/(M+m)$ ;

$g$  = aceleração da gravidade,  $1 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$ ;

$h$  = altura de queda da massa que provoca o impacto, em cm;

$N$  = número de impactos por dm;

O dados de resistências do solo à penetração, obtidos em  $\text{kgf cm}^{-2}$ , foram multiplicados pela constante 0,0980665, para transformação em unidade de MPa, conforme Arshad et al. (1996), obtendo-se a  $R \text{ (MPa)} = 0,0980665 \times \text{kgf cm}^{-2}$ .

### 3.6 Estabilidade dos agregados em água

A estabilidade dos agregados foi determinada por via úmida, conforme metodologia proposta pela Embrapa (1997), utilizando-se um aparelho de oscilação vertical, proposto por Yoder (1936), sendo processadas de acordo com os procedimentos abaixo descritos.

Conforme a metodologia proposta, foram utilizados dois jogos de peneiras de 13 cm de diâmetro, com aberturas de malha de 2,0 mm, 1,0 mm, 0,5 mm e 0,25 mm, sobrepostas nessa ordem, que receberam as amostras de solo. O nível da água foi ajustado no recipiente do aparelho oscilador, de forma que atingisse uma amplitude de 4 cm e uma frequência de 32 oscilações por minuto.

Das amostras preparadas e peneiradas, tomou-se a amostra de 25 gramas em triplicidade, sendo a primeira amostra colocada em estufa a  $105^\circ \text{C}$  e por 24 horas, para a determinação da umidade das amostras e para correção posterior das massas das alíquotas. Ajustou-se o nível de água no recipiente do aparelho de oscilação vertical (YODER, 1936), de modo que a oscilação vertical atingisse uma amplitude de 4 cm. Posteriormente, ajustou-se o aparelho de oscilação vertical em uma frequência de 32 oscilações por minuto, pelo período 4 minutos. Na seqüência, os suportes contendo os jogos de peneiras foram retirados e as frações retidas em cada peneira foram transferidas para latas de alumínio, com o auxílio de uma pisseta, que foram colocadas em estufa, a  $105^\circ \text{C}$ , por 24 horas. Calculou-se a proporção de agregados retidos em cada peneira, expresso na seguinte ordem: 4-2; 2-1; 1-0,5 e de 0,5 e 0,25 mm, conforme a expressão 8:

$$PA = \frac{MAC \times 100}{MAS}$$

8

Em que:

*PA* = proporção de agregados, em %;

*MAC* = massa de agregados da classe, a 105° C;

*MAS* = massa da amostra de solo, seca, a 105° C.

### 3.7 Matéria Orgânica

A matéria orgânica do solo foi determinada pela metodologia do Carbono Orgânico Total (EMBRAPA, 1997).

O procedimento consiste em pesar 0,3 gramas de solo, passar em almofariz e em seguida em peneira de 0,210 mm. Colocar em tubo digestor e adicionar 5 ml de Dicromato de Potássio 1N e 7,5 ml de Ácido Sulfúrico concentrado. Em seguida, agitá-los com agitador mecânico. Colocar bolas de gude na parte superior do tubo e levá-los a bloco digestor pré-aquecido a 170°C por 30 minutos. Retirar os tubos do bloco, tirar as bolas de gude dos mesmos e deixar esfriar por aproximadamente 15 minutos. Depois de esfriar, transferir o material do tubo para erlenmeyer de 125 ml, utilizando água destilada para retirar o excesso de material retido na parede do tubo, tomando o cuidado para que o volume final chegue a 50 ml. Então, adiciona-se 2 ml de Ácido Ortofosfórico, 0,2g de Fluoreto de Sódio e 3 gotas de indicador Ferroin. Titular com Sulfato Ferroso Amoniacal 0,25 N. O ponto de viragem ocorre na mudança de cor verde escuro para marrom escuro. O volume de Sulfato Ferroso Amoniacal gasto na titulação (*V*) pode ser expressado pela equação 9:

$$V = (Vbc - Va) * \frac{Vbs - Vbc}{Vbc} + (Vbc - Va)$$

9

Onde:

*Vbc* = volume de Sulfato Ferroso Amoniacal na titulação do branco com aquecimento;

$Bbs$  = volume gasto de Sulfato Ferroso Amoniacal na titulação do branco sem aquecimento;

$Va$  = volume gasto de Sulfato Ferroso Amoniacal na titulação da amostra;

O carbono orgânico total ( $Corg$ ) é obtido pela seguinte equação:

$$Corg(g/kg) = V * N * Peq * 100 / Patm \quad 10$$

Onde:

$V$  = Volume de Sulfato Ferroso Amoniacal gasto na titulação;

$N$  = normalidade da solução de Sulfato Ferroso Amoniacal (0,25 N);

$Peq$  = Peso equivalente do Carbono;

$Patm$  = Peso da amostra de solo (mg);

A matéria orgânica do solo é calculada conforme a equação 11:

$$MO(g/kg) = COt * 1,724 \quad 11$$

Onde:

$COt$  = Carbono Orgânico Total do solo

### 3.8 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o nível de significância de 5% de probabilidade, pelo teste F. Os resultados para os fatores quantitativos e qualitativos (doses de cama de frango e época de amostragem), cujas médias apresentaram diferenças significativas, foram submetidas à análise de regressão e teste t de Student para profundidade, sendo as equações selecionadas pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Para comparações entre as médias, aplicou-se o teste de Tukey a 5%, utilizando-se do Sistema para Análise de Variância - SISVAR (FERREIRA, 2000).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Argila dispersa em água e grau de floculação

A profundidade de 20 a 40 cm apresentou maior teor de argila dispersa em água e, conseqüentemente, um menor grau de floculação, quando comparado com a profundidade de 0 a 20 cm, conforme a Tabela 4. Menor floculação das argilas implica em maior quantidade de argila dispersa na água que, no presente estudo, pode ter sido eluviadas da camada mais superficial do solo. Quando ocorre tortuosidade ou mesmo obstrução dos macroporos, a velocidade de infiltração diminui ou aumenta os íons de maior poder de floculação, como é o caso do  $Al^{3+}$  comumente presente nas camadas mais profundas do perfil, onde a calagem é mais difícil, então, esta argila pode ser depositada, formando a camada adensada, erroneamente chamada de compactação subsuperficial. Roth e Pavan (1991) observaram que o decréscimo da infiltração de água em latossolos estava diretamente relacionado com deposição de argila nos macroporos.

Tabela 4 – Dados médios de argila dispersa em água (ADA) e grau de floculação (GF), para um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com cama de frango, profundidades e épocas de amostragem. Uberlândia-MG, 2006.

<b>Profundidade (cm)</b>	<b>ADA (g kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>GF (%)</b>
0-20	97,4666 b	35,9948 a
20-40	125,1733 a	29,7735 b
<b>Épocas (dias)</b>	<b>ADA (g kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>GF (%)</b>
60	112,0100 a	32,3460 b
120	121,2600 a	27,1190 b
270	100,6900 b	39,1875 a
<b>Doses (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>ADA (g kg<sup>-1</sup>)</b>	<b>GF (%)</b>
0	119,3333 a	28,9000 a
1.737	108,4000 a	32,8662 a
3.473	111,2500 a	32,4837 a
5.209	105,7000 a	35,9808 a
6.945	111,9166 a	34,1900 a
<b>CV 1 (%)</b>	19,04	39,67
<b>Média geral</b>	111,32000	32,8841

CV = Coeficiente de variação do erro 1. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A redução do grau de flocculação na camada de 20 a 40 cm, comparativamente à camada mais superficial, pode ocorrer, provavelmente, pela influência da cama de frango que altera favoravelmente o balanço das cargas e a disponibilidade dos nutrientes da camada mais superficial do solo, promovendo então maior desenvolvimento radicular da braquiária e este, maior agregação do solo.

Efeito da maior flocculação da argila na camada mais superficial do solo em área de pastagem com vegetação nativa foi constatado também por Carvalho Júnior et al. (1998). Estes resultados também corroboram com os obtidos por Silva et al. (2000) que observaram maiores valores de índice de flocculação na camada superficial, em solo sob floresta nativa, seguida pelos do plantio direto. Segundo os autores, estes resultados estão relacionados com os maiores teores de matéria orgânica.

A manutenção ou o aumento da matéria orgânica tem reflexos diretos nas propriedades físicas do solo, conforme afirmam Prado e Centurion (2001). Estes observaram que a exploração contínua com cana-de-açúcar degradou a macroestrutura do solo e que a diminuição de matéria orgânica reduziu o grau de flocculação das argilas.

Redução da argila dispersa em água na época da seca, 270 dias após a aplicação do resíduo (Tabela 4) evidencia assim os benefícios da cama de frango, que está proporcionando um melhor desenvolvimento radicular e aéreo das plantas.

Para o fator época, com amostragens nos períodos de 60, 120 e 270 dias após a aplicação do resíduo, nos meses chuvosos de janeiro e março e seco de agosto, respectivamente, observa-se na Figura 4 que, na profundidade de 20 a 40 cm o efeito do tempo após a aplicação proporcionou resultados significativos na redução da quantidade de argila dispersa em água, sendo maior no período de chuva comparativamente ao período seco. Isto pode estar relacionado com a oferta de água tanto para a eluviação das argilas como pela atividade biológica sobre a matéria orgânica da cama de frango aplicada na superfície do solo. Esta, ao apresentar comparativamente à matéria orgânica já existente no solo proveniente da braquiária, de maior valor nutricional e menor relação C/N, pode ter proporcionado condições mais favoráveis à população biológica do solo. Esta maior atividade possibilitou geração de maior quantidade de cargas negativas temporárias provenientes nos radicais carboxílicos e fenólicos da matéria orgânica. Com a restrição a oferta de água, no período da seca, diminuiu a atividade biológica e, conseqüentemente, a produção de radicais mais carboxilados. Nesta situação, o desbalanço entre cargas negativas e positivas é menor, possibilitando maior aproximação das partículas coloidais, dentre eles a argila, e diminuindo assim a sua quantidade dispersa e o conseqüente aumento do grau de flocculação.

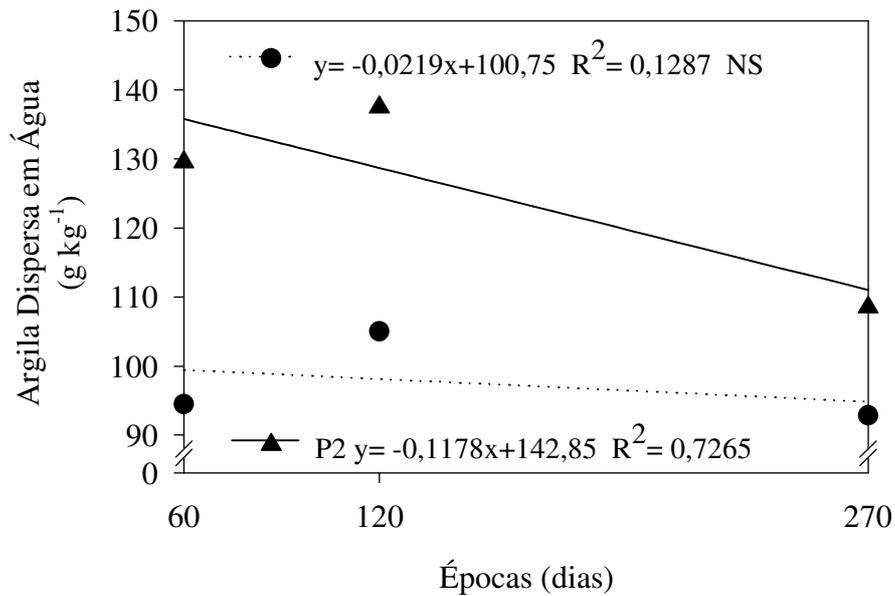


Figura 4 – Argila Dispersa em Água (ADA) de um Latossolo Vermelho, em função das épocas de amostragem, para P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). Uberlândia-MG, 2006

Na Figura 5, observa-se que, para o período chuvoso, mês de março, aos 120 dias após a aplicação da cama de frango, foi obtido o menor grau de floculação na profundidade de 0 a 20 cm, enquanto que, na profundidade de 20 a 40 cm, o grau de floculação foi crescente após a aplicação da cama, independente se o período foi chuvoso ou seco. Menor floculação, ou seja, maior dispersão na camada superficial do solo no período chuvoso e menor dispersão na profundidade de 20 a 40 cm reforça a informação de que a composição da matéria orgânica agregada ao solo é fator fundamental tanto na atividade biológica, quanto nas alterações dos atributos físicos do solo. Como na profundidade de 20 a 40 cm, a matéria orgânica agregada ao solo foi proveniente do sistema radicular da braquiária, portanto mais recalcitrante do que a matéria orgânica da cama de frango agregada a superfície, esta (matéria orgânica das raízes) proporcionou menor desbalanço das cargas de superfície e mais efetividade na agregação do solo.

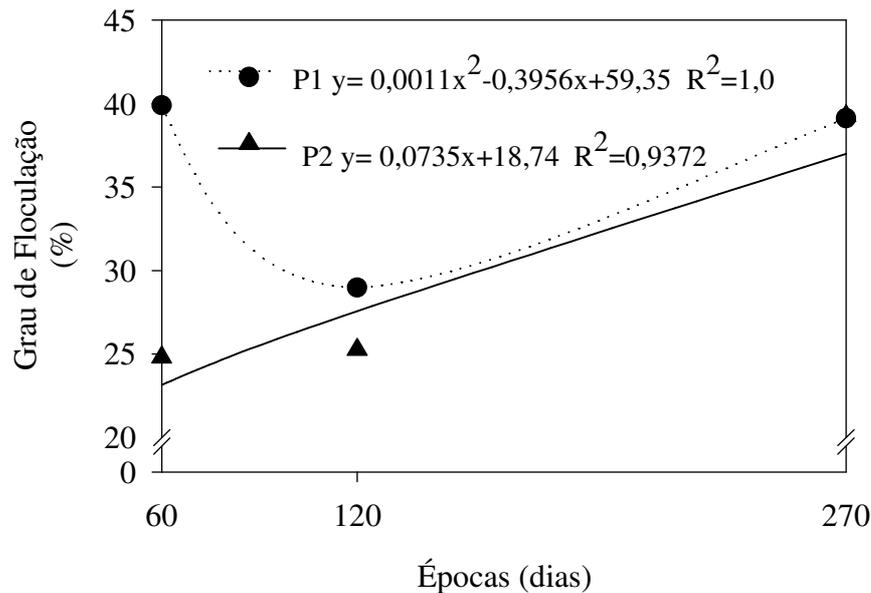


Figura 5 – Grau de Flocculação (GF) de um Latossolo Vermelho, em função das épocas de amostragem, para P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). Uberlândia-MG, 2006

#### 4.2 Densidade do Solo

Observou-se na Tabela 5 que, aos 60 dias após a aplicação da cama de frango, no mês de janeiro, classificado como período inicial das chuvas, foram apresentados os maiores valores de densidade do solo, com decréscimo acentuado e significativo ( $p < 0,05$ ), comparado com as épocas de 120 e 270 dias após a aplicação de cama de frango, classificada como período chuvoso e período seco, respectivamente. A intensidade e o grau de deformação de um solo, com relação à razão massa/volume, é muito influenciada pela umidade em que se encontra o solo (DIAS JUNIOR, 1994). Quando os solos encontram-se mais secos, sua capacidade de suporte de carga pode ser suficiente para agüentar as pressões aplicadas. Entretanto, sob condições de elevada umidade, fora do estado de friabilidade, o solo deforma-se mais facilmente, manifestando maiores densidades comparativamente às condições naturais.

A avaliação entre as profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm (Tabela 5) permite identificar que não houve diferenças significativas, pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Analisando a densidade em função da quantidade de cama aplicada (Tabela 5), observa-se que não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) e a testemunha apresentou um menor valor de densidade do solo, em relação às demais dosagens.

Tabela 5 – Dados médios de densidade (DS) de um Latossolo adubado com cama de frango, considerando diferentes profundidades, épocas e doses de amostragens. Uberlândia-MG, 2006.

<b>Profundidade (cm)</b>	<b>DS (g cm<sup>-3</sup>)</b>
0-20	1,5815 a
20-40	1,5885 a
<b>Épocas (dias)</b>	<b>DS (g cm<sup>-3</sup>)</b>
60	1,6435 a
120	1,5692 b
270	1,5422 b
<b>Doses (Kg. ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>DS (g cm<sup>-3</sup>)</b>
0	1,5662 a
1.737	1,5841 a
3.473	1,5958 a
5.209	1,5900 a
6.945	1,5887 a
<b>CV (%)</b>	3,64
<b>Média geral</b>	1,5850

CV = Coeficiente de variação do erro 1. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A densidade do solo é influenciada pela textura do solo (BUENO; VILAR, 1998; REICHARDT; TIMM, 2004; LIBARDI, 2005). Solos arenosos apresentam densidade superior ao solo argiloso, enquanto que os solos siltosos apresentam comportamento intermediário. A densidade dos solos arenosos pode variar de 1,3 a 1,8 g cm<sup>-3</sup>, enquanto nos solos argilosos esta variação pode ir de 0,9 a 1,6 g cm<sup>-3</sup> e de 0,2 a 0,6 g cm<sup>-3</sup> para solos orgânicos.

Os valores de densidade encontrados são considerados elevados (Tabela 5), o que pode estar refletindo, além da textura média/arenosa, o efeito do intensivo pisoteio animal, uma vez que a área está sob pastagem há mais de 12 anos. Neste período, não foi efetivada nenhuma prática de forma a promover melhoria nos atributos físicos do solo.

Maior número e tempo de aplicações talvez se façam necessários para evidenciar os efeitos benéficos da cama de frango na densidade do solo. Sendo a matéria orgânica o principal responsável por esta redução, o seu acúmulo, no decorrer dos anos, por meio da aplicação contínua de resíduo orgânico e/ou pelo aporte promovido pelo crescimento da forrageira, poderá contribuir, em longo prazo, para a melhoria desse atributo físico do solo.

Maiores valores de densidade do solo foram observados na Figura 6, principalmente para a profundidade de 0 a 20 cm, verificadas para o período mais chuvoso, ou seja, aos 60 e 120 dias após a aplicação, pode estar relacionado a maior facilidade de compressão a que está sujeita o solo com maior teor de umidade, tanto pelo impacto das gotas de chuva, como pela movimentação de bovinos que concentram muito peso em cada pata de pequena área. Desse modo, em condições de elevada umidade do solo, a pressão exercida pela pata do boi pode superar inclusive a pressão promovida por um pneu de trator. Oliveira et al. (2003) afirmam que práticas de manejo, com tráfego de pneu em solos com elevados teores de umidade ou mesmo o impacto das chuvas, podem contribuir para elevar os valores de densidade do solo.

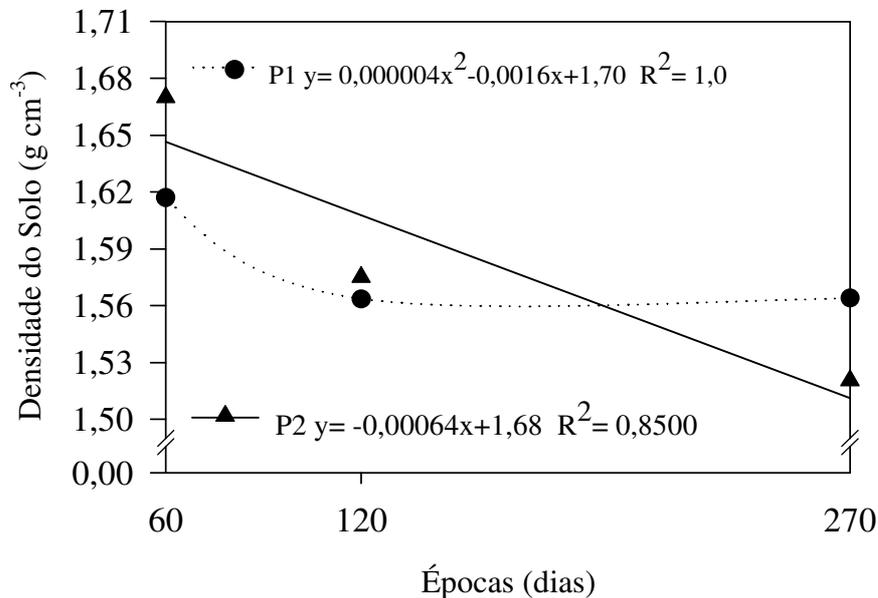


Figura 6 – Densidade (DS) de um Latossolo Vermelho, em função das épocas de amostragem, para P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). Uberlândia-MG, 2006

Bertol et al. (2000), avaliando a influência da oferta de forragem e, conseqüentemente, da pressão de pisoteio animais, em propriedades físicas de um cambissolo, encontraram maiores valores de densidade para a camada superficial do solo. Os autores explicam que a maior pressão exercida pelo pisoteio animal leva à degradação dos atributos físicos, dentre os quais a densidade.

### 4.3 Porosidade Total, Macroporos e Microporos

A análise estatística da média geral dos resultados na Tabela 6, não revelou diferença significativa entre as diferentes doses aplicadas e profundidades ( $p > 0,05$ ). A faixa de variação da porosidade total do solo na área foi de 33,34 a 44,38%, sendo 38,74% o valor médio encontrado. Melo et al. (2004) não obtiveram alterações na porosidade total do solo para nenhuma camada e doses de bio sólido aplicadas em um Latossolo Vermelho eutroférico, após cinco anos de uso do resíduo.

Tabela 6 – Dados médios de porosidade total (PT), macroporos (MAC) e microporos (MIC) de um Latossolo Vermelho adubado com cama de frango, considerando diferentes profundidades, épocas e doses de amostragens. Uberlândia-MG, 2006.

<b>Profundidade (cm)</b>	<b>PT (%)</b>	<b>MAC (%)</b>	<b>MIC (%)</b>
0-20	38,7386 a	18,8070 a	19,9321 a
20-40	38,7446 a	18,9831 a	19,7613 a
<b>Épocas (dias)</b>	<b>PT (%)</b>	<b>MAC (%)</b>	<b>MIC (%)</b>
60	35,3725 c	12,3867 b	22,9860 a
120	42,3540 a	22,6527 a	19,7017 b
270	38,4985 b	21,6457 a	16,8525 c
<b>Doses (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>PT (%)</b>	<b>MAC (%)</b>	<b>MIC (%)</b>
0	38,4029 a	19,0716 a	19,3316 b
1.737	38,5850 a	19,2104 a	19,3741 b
3.473	38,9141 a	19,2379 a	19,6766 ab
5.209	38,4366 a	19,3241 a	19,1133 b
6.945	39,3695 a	17,6312 a	21,7379 a
<b>CV (%)</b>	11,45	21,09	12,64
<b>Média geral</b>	38,7416	18,8950	19,8467

CV = Coeficiente de variação do erro 1. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Houve diferença significativa entre as diferentes épocas de amostragem (Tabela 6), ou seja, aos 60, 120 e 270 dias após a aplicação de cama de frango. Estas variações entre estações climáticas podem estar relacionadas com a dispersão de argilas e deposição nos poros, além dos teores de umidade no solo.

Os dados presentes na Tabela 6 evidenciam que este atributo está abaixo dos valores normalmente encontrados em solos de cerrado sob condição natural, que segundo literatura está próxima de 50 %. Tanto o sistema de pastoreio, quanto o pisoteio intensivo possivelmente estejam contribuindo para aumento da densidade e a redução da porosidade total. Segundo

Leão (2002), a elevada porosidade total presente nos Latossolos não constitui limitação às trocas gasosas, exceto em casos de compactação ou adensamento, após alguns anos de uso, sob condições de manejos inadequados.

A porosidade total pode ser desdobrada em microporosidade, denominada como porosidade capilar e macroporosidade ou porosidade não capilar (Tabela 6), ambas importantes para validação da qualidade ambiental do solo. Do equilíbrio quantitativo desta distribuição obtém-se as condições necessárias para o adequado crescimento das plantas. Verifica-se que embora a porosidade total não esteja próxima ao valor de 50%, em termos volumétricos considerados adequados para as plantas, a sua distribuição em macro e micro encontra-se equilibrada, não comprometendo as trocas gasosas, nem a infiltração e a retenção de água pelo solo (Tabela 6).

É possível prever que um melhor manejo dos animais na área, bem como a incorporação periódica e por mais tempo da cama de frango, pode, após alguns anos, melhorar a estruturação do solo, com aumento da porosidade total para próximo do considerado adequado.

Quanto a macroporosidade do solo, ou seja, poros com tamanho acima de 0,05 mm, observa-se que, de modo semelhante ao observado para a porosidade total, o efeito significativo ( $p < 0,05$ ) ocorreu apenas para o fator épocas de amostragem e a interação época de amostragem e profundidade.

A macroporosidade da área variou de 9,80 a 26,00 %. Os valores de macroporosidade não foram significativos entre as diferentes profundidades de 0 a 20 e de 20 a 40 cm a ( $p < 0,05$ ). Douglas (1986) e Carter (1988) afirmam que a macroporosidade é um índice bastante útil na avaliação das modificações estruturais do solo. Entretanto, reflete mais a condição do solo no momento e no local da amostragem do que uma condição final ou permanente de toda área. Em situações onde a macroporosidade é reduzida e a drenagem impedida, a difusão de oxigênio pode ser prejudicada, ocasionando redução no crescimento de plantas (DREWRY et al., 1999).

Em relação à microporosidade, percebe-se na Tabela 6, que para as profundidades em questão, não houve diferenças significativas após a aplicação de cama de frango. Porém, quando se trata das épocas de coleta das amostras (60, 120 e 270 dias), percebe-se que o melhor resultado foi obtido na primeira coleta, ou seja, aos 60 dias após a aplicação dos resíduos e que para as demais épocas, houve uma gradativa diminuição da microporosidade do solo. Silva e Kay (1997) ressaltam que a microporosidade do solo é fortemente influenciada pela textura e teor de carbono orgânico e pouco influenciada pelo aumento da densidade do

solo, embora o tráfego de máquinas e implementos, com capacidade para promover a compactação, favoreça seu aumento.

Foi observado um aumento significativo, quando utilizou-se a maior dose, ou seja, de 6.945 kg ha<sup>-1</sup> de cama de frango (Tabela 6). O aumento dos microporos e conseqüentemente a diminuição dos macroporos do solo, exatamente no período das chuvas, podem ser atribuídos ao maior tempo de permanência dos animais em pastejo, devido a maior oferta de forragem neste tratamento.

Em relação às épocas de amostragens na Figura 7, percebe-se que a porosidade total do solo diminui em relação ao tempo após a aplicação da cama de frango. Estas variações entre estações climáticas podem estar relacionadas com a dispersão de argilas e deposição nos poros, além dos teores de umidade no solo.

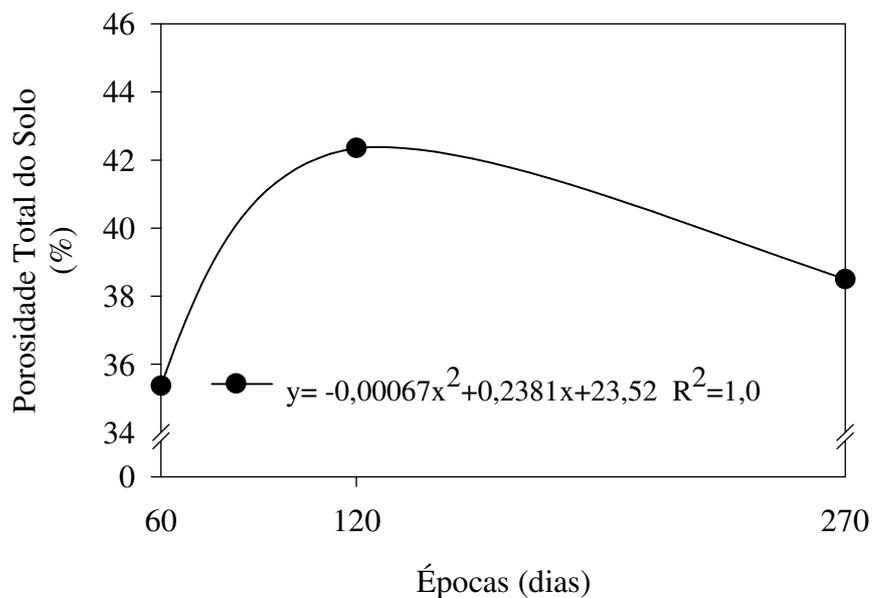


Figura 7 – Porosidade Total (PT) de um Latossolo Vermelho, em função das doses de cama de frango. Uberlândia-MG, 2006.

Como a interação entre época da amostragem e profundidade estudada foi significativa, procedeu-se o estudo das diferentes épocas da amostragem dentro de cada profundidade, ou seja, de 0 a 20 e de 20 a 40 cm, na Figura 8. Observa-se que, enquanto a macroporosidade nos dois níveis de profundidades estudados apresentaram comportamento quadrático, com a maior quantidade de macroporos aos 120 dias após a aplicação, em ambas as profundidades. Comportamento crescente desse atributo, possivelmente esteja relacionado com a maior disponibilidade de água que condiciona maior atividade microbológica.

Os valores de macroporosidade obtidos nesta pesquisa, em média de 18,89 %, encontram-se dentro da faixa considerada boa por Baver et al. (1972), que é de 10 a 20 %, ou seja, bem acima dos 10% , valor comumente usado para definir condições limitantes da aeração do solo (GRADWELL, 1965; GRABLE, 1971; CARTER, 1988). De acordo com as observações de Timlin et al. (1994), Longsdon et al. (1993) e Scoot et al. (1988) a distribuição dos macroporos nesta área de pesquisa encontra-se adequada para atuação do sistema radicular, permitindo a este melhor desenvolvimento e expansão das raízes.

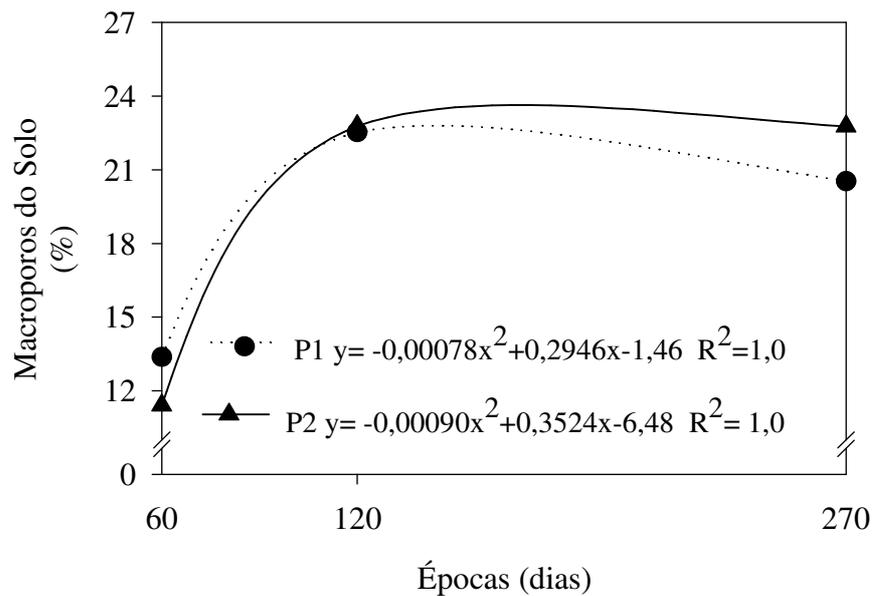


Figura 8 – Macroporos (MAC) de um Latossolo Vermelho, em função das épocas de amostragem, para P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). Uberlândia-MG, 2006.

Já a distribuição dos microporos no solo, em função da época da amostragem na Figura 9, evidencia o ajuste de uma equação linear decrescente com o número de dias após a aplicação da cama de frango. Isto ocorre em virtude de em uma dada condição de uso e manejo do solo, o fator disponibilidade de água influencia a intensidade da deformação, como afirma Dias Júnior (1994). Assim, quando os solos estão mais secos, sua capacidade de suporte de carga pode ser suficiente para agüentar as pressões aplicadas e a compactação do solo pode não ser significativa. Entretanto, sob condições de alta umidade, o solo deforma-se mais facilmente, ocorrendo a formação de camadas compactadas, com aumento significativo de microporos, em detrimento dos macroporos (SWAN et al., 1987). Sánchez-Girón et al. (1998) demonstraram que a suscetibilidade do solo à compactação foi fortemente correlacionada com a umidade do solo. Essas diferenças parecem estar relacionadas com o fato de que a diminuição do conteúdo

de água no solo incrementa o número de contatos entre as partículas, o que por sua vez, depende diretamente da textura do solo (McNABB; BOERSMA, 1996).

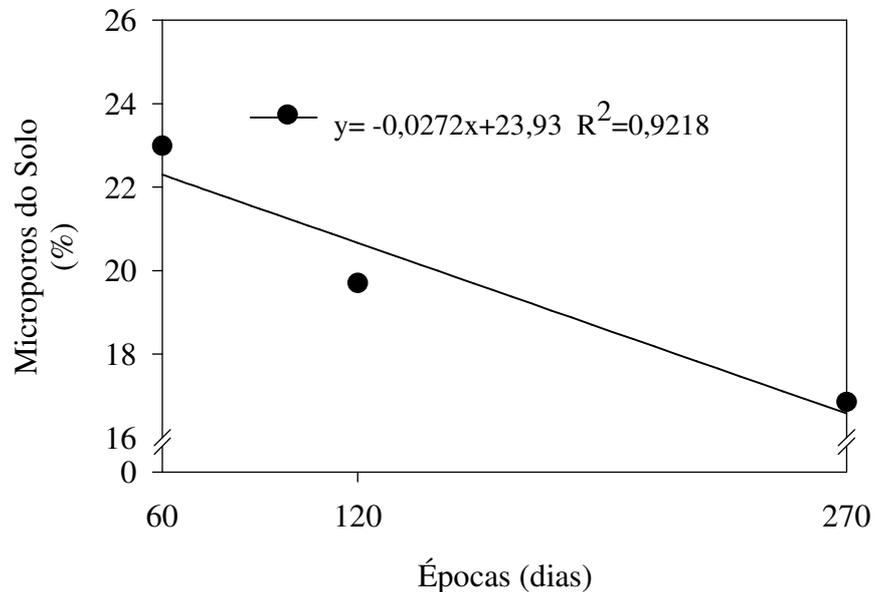


Figura 9 – Microporos (MIC) de um Latossolo Vermelho, em função das épocas após a aplicação da cama de frango. Uberlândia-MG, 2006.

#### 4.4 Resistência do solo à penetração

Para efeito de comparação de resultados, a resistência à penetração medida com o penetrômetro pode ser determinada quando o conteúdo de água no solo estiver próximo ou na capacidade de campo (SMITH et al., 1997). Nestas condições, é possível estabelecer valores limitantes e fazer interferência para o crescimento radicular, relacionando-o ao valor crítico de 2,0 MPa (SILVA et al., 1994; TORMENA et al., 1998).

A resistência à penetração é uma propriedade física do solo que influencia o crescimento radicular. Comparada à densidade do solo, é uma medida que melhor expressa o potencial de crescimento das raízes, por incorporar os efeitos da densidade e umidade do solo. Um solo que apresenta valores elevados de densidade pode não ser limitante ao crescimento de raízes quando se encontra úmido, no entanto, quando este mesmo solo se encontra seco, poderá apresentar condições limitantes ao crescimento radicular, por apresentar valores elevados de resistência à penetração. Isto se deve ao fato da resistência à penetração incorporar efeitos do conteúdo de água, textura e condição estrutural do solo (TARDIEU, 1994).

A faixa de resistência à penetração, obtida nesta pesquisa, ultrapassou o valor de 2,0 MPa, valor este considerado como limitante ao crescimento do sistema radicular. O valor de 2,0 MPa, adotado em vários trabalhos de pesquisa como impeditivo para o crescimento de plantas (TAYLOR et al., 1966; SILVA et al., 1994; TARDIEU, 1994), pode, no entanto variar com o tipo de sistema radicular, culturas, tipos de solo e até mesmo a fertilidade do solo.

O sistema radicular da braquiária desta área provavelmente não estará sujeito a qualquer tipo de limitação física (impedimento mecânico), quando o solo estiver com umidade próxima à capacidade de campo, devido à faixa de resistência à penetração encontrada na área em épocas de período chuvoso, conforme a Tabela 7. Alguns autores relatam que a resistência à penetração aumenta com a compactação do solo, sendo restritiva ao crescimento radicular acima de certos valores de potencial que variam de 1,5 a 3,0 MPa, conforme Grant e Lafond (1993); e de 2,0 a 4,0 MPa, segundo Arshad et al. (1996), sendo admitidos valores superiores em plantio direto, na ordem de 5,0 MPa, observados por Ehlers et al. (1983). Com o secamento do solo, ocorre maior manifestação da força de maior coesão entre as partículas minerais (KAY; ANGERS, 1999) com elevação da resistência à penetração. Essa variação na resistência poderá atuar de forma mais intensa e com maiores implicações ao sistema radicular.

Tabela 7 – Dados médios da resistência à penetração (RSP) de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com cama de frango, profundidade e épocas de amostragem. Uberlândia-MG, 2006.

<b>Profundidade (cm)</b>	<b>RSP (MPa)</b>
<b>0-20</b>	5,2226 a
<b>20-40</b>	4,9185 a
<b>Épocas (dias)</b>	<b>RSP (MPa)</b>
<b>60</b>	2,2330 b
<b>120</b>	2,3610 b
<b>270</b>	10,6177 a
<b>Doses (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>RSP (MPa)</b>
<b>0</b>	5,0850 a
<b>1.737</b>	4,9466 a
<b>3.473</b>	4,9887 a
<b>5.209</b>	5,3070 a
<b>6.945</b>	5,0254 a
<b>CV (%)</b>	14,19
<b>Média geral</b>	5,0705

CV = Coeficiente de variação do erro 1. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Analisando-se as épocas de amostragem dentro de cada profundidade de acordo com a Figura 10, observa-se que os menores valores de resistência à penetração foram obtidos no período das chuvas, em ambas as profundidades. Isso ocorreu em virtude da maior umidade do solo (COSTA et al., 2003) neste período.

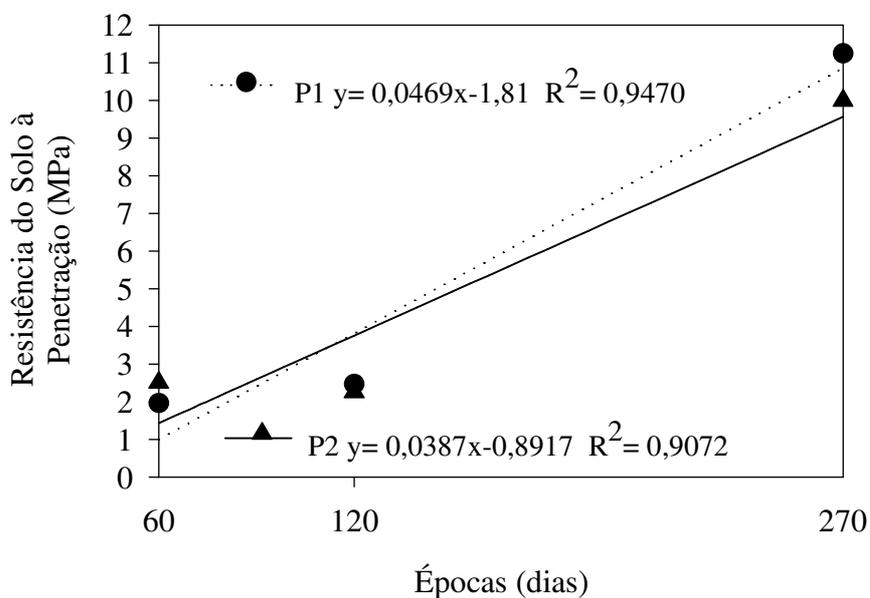


Figura 10 – Resistência à Penetração (RSP) de um Latossolo Vermelho, em função das épocas de amostragem, para P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). Uberlândia-MG, 2006.

As equações ajustadas para a resistência à penetração tanto de 0 a 20 cm, como de 20 a 40 cm, em função da época da determinação apresentaram coeficientes lineares (Figura 10) e crescentes, indicando que quanto mais distante estiver do período chuvoso, ou seja, mais seco estiver o solo, maior será a resistência do mesmo, de modo que, aos 270 dias (período seco) após a distribuição da cama de frango, os valores de resistência observados estavam acima do valor considerado restritivo ao desenvolvimento do sistema radicular. Ausência de mobilização física do solo com arados, grades e pisoteio intensivo de bovinos são alguns dos fatores que podem estar contribuindo para o elevado valor de resistência do solo, principalmente no período da seca.

A resistência à penetração, em função das doses de cama de frango, não diferiram entre si a ( $p < 0,05$ ). Este resultado corrobora com o obtido por Souza et al. (2005) que não obtiveram efeito significativo da matéria orgânica na resistência à penetração.

#### 4.5 Estabilidade dos Agregados em Água

A estabilidade dos agregados é influenciada por diversos atributos do solo, como textura (FELLER et al., 1996), teor de óxidos de ferro e alumínio (OADES; WATERS, 1991; DUFRANC et al., 2004), teor de matéria orgânica (ROTH et al., 1991; FELLER et al., 1996; BERTOL et al., 2000) e atividade microbiana (TISDALL; OADES, 1979); e também pelo manejo químico e físico do solo (CAMBARDELLA; ELLIOT, 1993; CARPENEDO; MIELNICZUK, 1990).

A quantidade de agregado é maior para a camada de 0-20 cm, independente da época de amostragem, evidenciando o efeito das raízes e possivelmente da maior atividade biológica na agregação do solo, nesta profundidade, conforme a Tabela 8. Estes resultados corroboram com os obtidos por Oliveira et al. (1983) para um Podzólico Vermelho-amarelo, textura média, sob cobertura de pastagem com capim-gordura, sem pastejo. D'Agostini (1981) observou melhor índice de agregação em solo sob pastagem, atribuindo esse fato à ação mecânica das raízes das gramíneas, associada ao grande número de raízes por volume de solo e ao diâmetro reduzido destas. Carpenedo e Mielniczuk (1990) também certificaram que a estabilidade dos agregados aumenta mais em solos sob gramíneas do que em solos sob leguminosas. Nyamangara et al. (2001) estudaram o efeito da aplicação de doses de esterco de bovino na estabilidade de agregados e na retenção de água em um solo arenoso. Os autores encontraram elevação do conteúdo de carbono total do solo de 10 a 38%, na camada de 0 a 10 cm, com a aplicação de esterco, comparado com a área que não recebeu aplicação.

Nos tratamentos, com diferença significativa ( $p < 0,05$ ), quando se adicionaram  $6.945 \text{ kg ha}^{-1}$  de cama de frango, correspondente a  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , ou seja, a maior dose estudada no experimento obteve-se maior percentagem de agregados, ao contrário da testemunha que apresentou menor percentagem de agregados estabilizados. Também foi observado que a medida que se aumentou a dose de cama de frango, aumentou-se a estabilidade dos agregados. Isso pode ter ocorrido em virtude do teor da matéria orgânica proveniente do resíduo orgânico, concordando com os estudos de Wei et al. (1985), os quais verificaram que a utilização de lodo de esgoto aumentou o teor de matéria orgânica, a estabilidade de agregados e o índice de agregação. A maior agregação atribuída ao aumento no teor da matéria orgânica deve-se ao fato de ela apresentar grande superfície específica e capacidade de troca de cátions, possibilitando maior número de ligações eletrostáticas entre esta e as partículas de solo. Além

disso, a sua decomposição por microorganismos resulta na formação de inúmeros compostos importantes na cimentação e estabilização dos agregados (ANGERS, 1992).

Tabela 8 – Porcentagem de agregados (AGR), de um Latossolo Vermelho adubado com cama de frango, considerando diferentes profundidades, épocas e doses de amostragens. Uberlândia-MG, 2006.

<b>Prof. (cm)</b>	<b>AGR (%)</b>
<b>0-20</b>	92,9553 a
<b>20-40</b>	86,4230 b
<b>Épocas (dias)</b>	<b>AGR (%)</b>
<b>60</b>	86,2050 b
<b>120</b>	87,8192 b
<b>270</b>	95,0432 a
<b>Doses (Kg. ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>AGR (%)</b>
<b>0</b>	87,4812 b
<b>1.737</b>	90,6487 ab
<b>3.473</b>	89,3820 ab
<b>5.209</b>	90,1045 ab
<b>6.945</b>	90,8291 a
<b>CV (%)</b>	3,98
<b>Média geral</b>	89,6891

CV = Coeficiente de variação do erro 1. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quanto às épocas de amostragem na Figura 11, há um incremento nos valores da 3ª época de amostragem (período seco), para ambas as profundidades. A estabilidade varia com a umidade do solo no momento da amostragem (PERFECT et al., 1992), podendo também ser influenciada pelo conteúdo de água antes do reumedecimento (CARON et al., 1992) e pela taxa como este ocorre. De acordo com Ellsworth et al. (1991), a variação das propriedades estruturais do solo constitui fator importante na susceptibilidade do solo à erosão e deve estar relacionada com outras propriedades do ambiente agrícola.

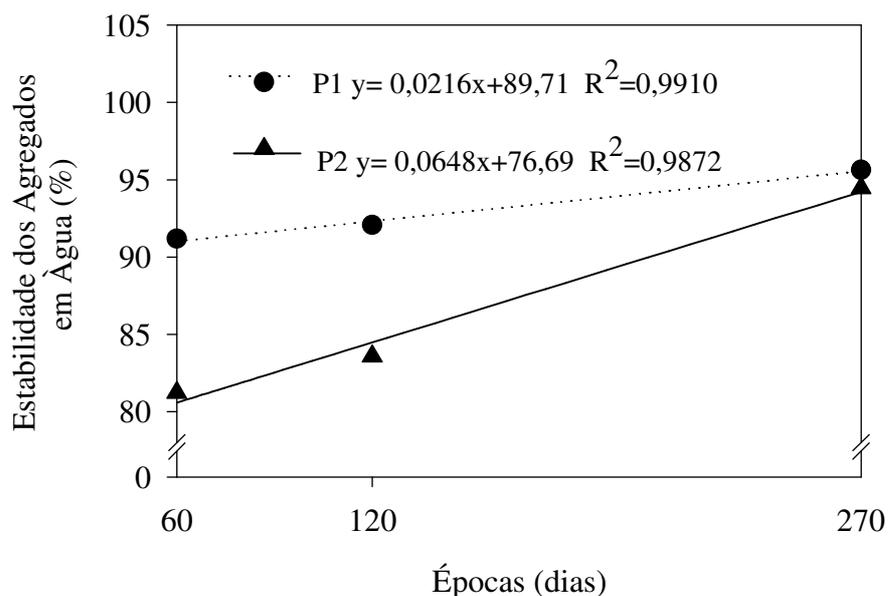


Figura 11 - Estabilidade dos Agregados em Água (AGR) de um Latossolo Vermelho, em função das épocas de amostragem, para P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). Uberlândia-MG, 2006

Segundo Novais e Smyth (1999), com maior conteúdo de água, além da maior disponibilidade de água no solo e filme de água das partículas sólidas, fica mais espesso, diminuindo a interação íon-colóide. Essas diferenças parecem estar relacionadas com o fato de que a diminuição do conteúdo de água no solo incrementa o número de contatos entre as partículas, o que por sua vez, depende diretamente da textura do solo (McNABB e BOERSMA, 1996) e também do maior crescimento de raízes, no decorrer do tempo e com maior atuação das mesmas na agregação e estabilização das partículas do solo.

#### 4.6 Matéria Orgânica

A matéria orgânica é tida como condicionadora de solos por promover melhorias nos seus atributos físicos, como reflexo no aumento da capacidade de retenção de água, redução da erosão e melhoria na aeração, o que proporciona um ambiente adequado para o desenvolvimento da flora microbiana do solo (MENEZES et al., 2004). No presente estudo, inicialmente, a atuação direta desta nos atributos físicos do solo pode não ter sido expressiva, haja vista ter ocorrido redução nos seus teores em relação à testemunha (zero de cama de frango) aos 60 e 120 dias após a aplicação dos resíduos, conforme a Tabela 9. A redução pode ter ocorrido devido à baixa fertilidade inicial do solo sob pastagem de braquiária. Quando a

cama de frango de baixa relação C/N, rica em Ca e Mg e outros nutrientes mais facilmente assimiláveis do que a matéria orgânica da braquiária que foi agregado ao solo, os microorganismos, carentes em nutrição, além da maior multiplicação populacional, foram também mais eficientes em promover a decomposição da cama e até mesmo da matéria orgânica recalcitrante já existente e estabilizada no solo. Após os 270 dias da aplicação dos tratamentos, observa-se que houve um aumento no teor de matéria orgânica após a decomposição rápida realizada pelos microorganismos ali residentes, comprovando a viabilidade da aplicação desses resíduos no solo em relação a esse atributo. Esse aumento deve-se ao crescimento radicular da braquiária, decorrente da oferta nutricional e de água, permitindo melhor aproveitamento do solo e distribuição da matéria orgânica em seu perfil.

Tabela 9 – Teor de matéria orgânica (MO), de um Latossolo Vermelho adubado com cama de frango, considerando diferentes profundidades, épocas e doses de amostragens. Uberlândia-MG, 2006.

<b>Prof. (cm)</b>	<b>MO (%)</b>
<b>0-20</b>	1,71 a
<b>20-40</b>	1,62 b
<b>Épocas (dias)</b>	<b>MO (%)</b>
<b>60</b>	1,57 b
<b>120</b>	1,57 b
<b>270</b>	1,95 a
<b>Doses (Kg. ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>MO (%)</b>
<b>0</b>	1,40 b
<b>1.737</b>	1,45 b
<b>3.473</b>	1,77 a
<b>5.209</b>	1,50 b
<b>6.945</b>	1,76 a
<b>CV (%)</b>	14,44
<b>Média geral</b>	1,64

CV = Coeficiente de variação do erro 1. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Analisando a atuação da doses de cama de frango na Tabela 9, observa-se que para as doses 3473 kg ha<sup>-1</sup> e 6945 kg ha<sup>-1</sup> houve um gradativo aumento no teor de matéria orgânica do solo, mostrando a possibilidade de interação positiva entre esse condicionante e o solo. É possível que, com o tempo e aplicações constantes e planejadas, o equilíbrio venha a ser alcançado em outro patamar e, assim, o efeito direto da matéria orgânica nos atributos físicos do solo oriundo da aplicação de cama de frango se manifeste mais facilmente.

Sabe-se que o uso de resíduos animais incorpora matéria orgânica ao solo, promovendo um aumento da superfície específica e uma melhoria da sua estrutura (NUERNENBERG et al., 1986), principalmente em solo arenoso, onde a agregação das partículas é menor.

## 5 CONCLUSÕES

A aplicação de diferentes doses de cama de frango provocou a diminuição da argila dispersa e o aumento do grau de flocculação do solo, além de alterações em profundidades a longo prazo.

Percebe-se que houve a diminuição da densidade do solo após 270 dias da fertilização do solo.

Maior porosidade de solo foi obtida aos 120 dias após a aplicação da cama de frango. Quanto aos macroporos, sua maior ocorrência foi durante e após os 120 dias após a aplicação da cama de frango e os microporos, aos 60 dias após a aplicação da cama de frango, ambos não se diferindo nas profundidades estudadas.

A maior compactação foi obtida aos 270 dias após a aplicação da cama de frango.

A maior dose de cama de frango aplicada levou ao aumento do teor de agregados no solo. A profundidade de 20 a 40 cm obteve a maior taxa de agregação.

Há potencial para o aproveitamento de cama de frango na recuperação física do solo e pastagem degradada com distribuição continuada e planejada.

A cama de frango forneceu material orgânico que tem papel fundamental na reestruturação do solo.

A variação nos teores de matéria orgânica do solo e dos atributos físicos estudados indica que os efeitos da cama de frango na sustentabilidade ainda não são conclusivos. Sugere-se a sua continuação, a fim de verificar o desta prática a médio e longo prazo.

## REFERÊNCIAS

AGROCARNES. Disponível em: <<http://www.agrocarnes.com.br/>> Acesso em 15 ago 2008.

ALVES, R.E.B. **Environmental impacts caused by modern agriculture: a methodological approach for assessment of alternatives for crop production**. Aberdeen: University of Aberdeen, 1995. 56 p.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Soil cone penetrometer. In ASAE: **Agricultural Engineers Yearbook**. St. Joseph: ASAE Report (Ed.), 313.1, 1976. p.368-369.

ANGERS, D.A. Changes in soil aggregation and organic carbon under corn and alfafa. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.56, p. 1244-1249, 1992.

ANUÁRIO da Pecuária Brasileira. São Paulo, 2005. p. 236-247.

ARAÚJO, A. G. **Estimativa e classificação da compactação do solo pelo tráfego de máquinas agrícolas através da modelagem nebulosa**. 2004, 224 f. Tese (Doutorado em Sistemas Digitais ) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ARRIGONI, M de B.; VIEIRA, P de F.; SILVEIRA, A. C.; FURLAN, L. R.; COSTA, C.; CHARDULO, L. A. L.; CURI, P. R. Efeitos da restrição alimentar no desempenho de bovinos jovens confinados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 6, p. 987-992, 1998a.

ARRIGONI, M de B.; VIEIRA, P de F.; SILVEIRA, A. C.; FURLAN, L. R.; PAI, V. D. COSTA, C.; CHARDULO, L. A. L.; OLIVEIRA, H. N. Estudo dos efeitos da restrição alimentar nas características das fibras musculares de bovinos jovens confinados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 33, n. 7, p. 1121-1127, 1998b.

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society, 1996. p. 255-270.

ARVIDSSON, J. Sub soil compaction caused by heavy sugarbeet harvesters in southern Sweden I. Soil physical properties and crop yield in six field experiments. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.60, n.1/2, p.67-78, 2001.

BARACHO JÚNIOR, J. A de O. O licenciamento e controle ambiental da atividade de suinocultura In: SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS, 1., 1995, Ponte Nova. **Anais...** Viçosa: EPAMIG, 1995. p. 1-7.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A de.; ALMEIDA, E. X de.; KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de capim-elefante anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 5, p. 1047-1054, 2000.

BEULTER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistema de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.167-177, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8, de 25 de março de 2004**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 mar 2004. Seção 1.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Política Nacional do Meio Ambiente. Lei Federal nº 6.398 de 31 de agosto de 1981. Brasília, 1981. Disponível em:

<[http://www.planalto.gov.br/ccivi\\_03/Leis/L6938.html](http://www.planalto.gov.br/ccivi_03/Leis/L6938.html)>. Acesso em: 01 fev. 2007.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOT, E.T. Carbon and nitrogen distribution in aggregates from cultivated and native grassland soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, Canada, v. 57, n.4, p.1071-1076, 1993.

CARON, J.; KAY, B.D.; STONE, J.A.; KACHANOSKI, R.G. Modeling temporal changes in structural stability of a clay loam soil. **Soil Science Society of America Journal**, Quebec, Canada, v.56, p.1597-1604, 1992.

CANIL, K.; RIDENTE JUNIOR, J. L. A questão da erosão no contexto do gerenciamento dos recursos hídricos no estado de São Paulo. In: 1º SEMINÁRIO SOBRE CIÊNCIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, São Paulo, 1997. **Atas...** São Paulo, Instituto de Estudos Avançados da USP / Comissão de Estudos de Problemas Ambientais da USP, 1997. p. 112-3.

CANILLAS, E. C.; SALOKHE, V. M. A Decision support system for compaction assessment in agricultural soils. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.65, n.2, p.221-230, 2002.

CARVALHO JÚNIOR, I.A.; FONTES L. E. F.; COSTA L.M. Modificações causadas pelo uso e a formação de camadas compactadas e, ou, adensados em um Latossolo Vermelho textura média, na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.505-514, 1998.

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

CORRÊA, L.B.; CORRÊA, E.K.; Estudo das fontes poluidoras em granjas produtores de suínos: uma perspectiva de educação ambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 11., 2003. São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2003. p. 447-448.

COSTA, A. M da.; SOUZA, M. A.; ALMEIDA, C. X de.; BORGES, E. N. Avaliação do grau de compactação e resistência à penetração de três solos do cerrado. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA, 2., 2003, Uberlândia. Perspectivas para o cerrado no século XXI. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2003.

COSTA, A. M. **Recuperação física de um Latossolo Vermelho, influenciado pela aplicação de camas de aviário**. 2005. 111 f. Tese (Mestrado em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

COSTA, R.H.R. da.; MEDRI, W.; PERDOMO, C.C. Otimização do sistema de tratamento. Decantador de palhetas e lagoas anaeróbicas facultativas e de aguapés In: 1º SIMPÓSIO INTAERNAZIONALE DI INGEGNERIA SANITÁRIA AMBIENTALE, 1997, Ravello. **Anais...** Ravello, [s.n.], 1997, p. 1018-1025.

DAUDA, A.; SAMARI, A. Cowpea yield response to soil compaction under tractor on a sandy loam soil in the semi-arid region of northern Nigéria. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.68, n.1, p.17-22, 2002.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; DIAS, H.S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.703-709, 1999.

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A. Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo) (Ed.). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa-CNPT; Fecotrigo; Fundação ABC; Aldeia Norte, 1993. p.19-27.

DIAS JUNIOR, M.S. Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic. 1994. 114 f. (Tese de Doutorado) East Lansing , Michigan State University.

DÜRR, C.; AUBERTOT, J. N. Emergence of seedling of sugar beet (*Beta vulgaris* L) as affected by aggregate size, roughness and position of aggregates in the seedbed. **Plant and Soil**, The Hague, v.219, n.1/2,p.211-220, 2000.

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.

EHLERS, W.; KOPKE, V.; HESSE, F.; BOHM, W. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. **Soil Tillage Research**, Amsterdam , v.3, n.2, p.261-275, 1983.

FAO. **Wastewater treatment and use in agriculture**. Roma, 1992. 125p.(Irrigation and Drainage paper, 47).

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

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

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

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **ANUALPEC 2005**: Anuário agrícola e pecuário. São Paulo, 2005. p. 11-244.

GANGBAZO, G.; PESANT, A.R.; BARNETT, G.M.; CHRUEST, J.P. 7 CLUIS, D. Water contamination by ammonium nitrogen following the spreading of hog manure and mineral fertilizers. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.24, n.3, p.420-425, 1995.

GOMES, I. A.; SOUZA B. R; PEREIRA, G. C. **Levantamento de reconhecimento de média imensidade e aptidão agrícola dos solos do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro: EMBRAPA. SNLCS, 1982. 526p. (Boletim de Pesquisa).

HAKANSSON, I.; STENBERG, M.; RYDBERG, T. Long term experiments with different depths of mouldboard plough in Sweden. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 46, p. 209-223, 1998.

HOLANDA, J. S.; TORRES FILHO, J.; BEZERRA NETO, F. Alterações na fertilidade de dois solos adubados com esterco de curral e cultivados com caup. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, p. 301-304, 1984.

HORN, R.; LEBERT, M, Soil compactability and compressibility. In: SOANE, B. D.; OUWERKERT, C. van (Ed.) **Soil compaction in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1994.p.45-69.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n.7, p. 1493-1500, jul. 2000.

ISHAQ, M.; IBRAHIM, M.; HASSAN, A.; SAEED, M.; LAL, R. Subsoil compaction effects on crop in Punjab, Pakistan: II root growth and nutrient uptake of wheat and sorghum. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.60, n.3/4, p.153-161, 2001.

KAY, B. D.; ANGERS , D. A. Soil structure. In: A. SUMMER, M. E. (Ed.). **Handbook of soil Science**. Boca Raton : CRC Press. 1999 p. 229-276.

LIMA, L.P. **Avaliação física de um Latossolo Vermelho textura média, influenciada pela aplicação de dejetos suínos e cama aviária**. 2007. 155f. Tese (Mestrado em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

MACEDO, J. Os solos da região do cerrado. In: ALVAREZ, V. V. H.; FONTES, L. E. F.;

FONTES, M. P. F.(Ed.) **Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS/UFV, 1996. p. 135-167.

MELLO, S. C.; VITTI, G. C. Desenvolvimento do tomateiro e modificações nas propriedades químicas do solo em função da aplicação de resíduos orgânicos, sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 2, p. 200-206, jun. 2002.

MELO, V. P de.; BEUTLER, A. N.; SOUZA, Z. M de.; CENTURION, J. F.; MELO, W. J de. Atributos físicos de Latossolos adubados durante cinco anos com biossólido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 1, p.67-72, 2004.

MENEZES, J. F. S.; ALVARENGA, R. C.; SILVA, G. P.; KONZEN, E. A. PIMENTA, F. F. **Cama de frango na agricultura: perspectivas e viabilidade técnica e econômica**. Rio Verde: FESURV, 2004. (Boletim Técnico. Fundação do Ensino Superior de Rio Verde, ano 1, n. 3, p. 28, fev. 2004).

MOAL, J.F.; MARTINEZ, J.; GUIZIOU, F.; COSTE, CM. Ammonia volatilization following surface-applied pig and cattle slurry in France. **Journal of Agricultural Science**, Madison, v.125, n.2, p.245-252, 1995.

MOORE, J.A.; HART, J.M. CHRISTENSEN, N.W. Nutrient management strategies. **Journal Dairy Science**, Saint Louis, v.80, p.2659-2666, 1997.

MUBARAK, A. R.; ROSENANI, A. B.; ANUAR, A. R.; ZAUZYAH, D. S. Effect of incorporation of crop residues on a maize-groundnut sequence in the humid tropics. I. Yield and nutrient uptake. **Journal of Plant Nutrition**, Madison, v.26, n. 9, p. 1841-1858, 2003.

NUERNBERG, N. J.; STAMMEL, J. G.; CAMANUREA, M. S. V. Efeito de sucessão de culturas e tipos de adubação em características físicas de um solo da encosta basáltica Sul-Rio-Grandense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, p. 185-190, 1986.

OLDEMAN, L.R.; LYNDEN, G.W.J. van. Revisiting the GLASOD methodology. In: LAL, R.; BLUM, W.H.; VALENTINE, C.; STEWART, B. A. (Ed.). **Methods assessment of soil degradation**. New York: [s.n.], 1998. p.423-440.

OLIVEIRA, J.O.A.P.; VIDIGAL FILHO, P.S.; TORMENA, C. A.; PEQUENO, M.G.; SCAPIM, C.A.; MUNIZ, A.S.; SAGRILO, E. Influência de sistemas de preparo do solo na produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.443-450, 2001.

OLIVEIRA, M. D. S de; VIEIRA, P de F.; SAMPAIO, A. A. M.; NASCIMENTO, I. R do; BANZATTO, D. A. Digestibilidade in vitro da cama-de-frango de casca de amendoim em diferentes períodos de estocagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 8, p. 1435-1442, 1991.

OLIVEIRA, R.R.; SILVA, E. ; MACEDO, G. V. Biomassa de raízes finas e serapilheira em floresta secundária no Maciço da Pedra Branca, RJ. **Eugeniana**, Rio de Janeiro, n. XXVI, p. 25 – 35, 2003.

- PERFECT, E., RASIAH, V., KAY, B.D. Fractal dimension of soil aggregate-size distributions calculated by number and mass. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.56, n.5, p.1407-1409, 1992.
- PRATES, F.; EDWARD, J. As novas estrelas. **Veja**, São Paulo, v. 37, n. 36, p. 32-37, out. 2004.
- PRATT, P.F. Management restrictions in soil application of manure. **Journal of Animal Science**, Washington , DC, v. 48, p. 134-143, 1979.
- RADFORD, B.J.; YULE, D.F.; MCGARRY, D.; PLAYFORD, C. Crop response to applied soil compaction and to compaction repair treatment. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.61, n.3/4, p.155-170, 2001.
- REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. Solos do bioma cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.(Ed.) **Cerrado ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA, 1998. p.47-86.
- REINERT, D.J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: DIAS, L.E. MELLO, J.W.V. (Ed). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa/ Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.163-176.
- RESENDE, M.; CURTI, N. L.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo: interação e aplicações**, Brasília: Ministério da Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAFÓS, 1988, 83p.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359 p.
- RIBEIRO, M. A. V. **Resposta da soja e do eucalipto a fósforo em solos de diferentes texturas, níveis de densidade e de umidade**. 1999. 71 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.
- ROCHA, G. C.; RODELLA, A. A.; CHAGAS, R. C. S.; Matéria orgânica como corretivo de alumínio trocável, sob adição de correção agrícola In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO, 2004. Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2004. 431 p.
- ROCHA, M. T. **Fertilização orgânica e qualidade do solo: um estudo de alguns indicadores de manejo sustentável**. 2000. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.
- ROSOLEM, C.A.; FERNANDEZ, E.M.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C. A.C.Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.34, p.821-828, 1999.

SALTON, J; PEREIRA,E.B; CAMARGO, C.V. Pastoreio da aveia e compactação do solo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n.69, p. 21- 25, maio/junho de 2002.

SÁNCHEZ-GIRÓN, V.; ANDREU, E.; HERNANZ, J.L. Response of five types of soil to simulated compaction in the form of confined uniaxial compression test. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam , v.48, n.1/2, p.37-50, 1998.

SARRUDE, J.R.; HAAG, H.P. **Análise química em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.

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

SCHOENHOLTZ, S.H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J. A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, Wageningen, v.138, p.335-356, 2000.

SERVADIO, P.; MARSILI, A.; PAGLIAI, M.; PELLEGRINI, S.; VIGNOZZI. Effect on some clay soil qualities following the passage of rubbertracked and wheeled tractors in central Italy. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.61, n.3/4,p.143-155, 2001.

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja em Latossolo Roxo Distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 7, p.103-106,1983.

SILVA, A. P.; KAY, B. D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range of soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, p. 1775-1781, 1994.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p.311-317, 1998.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Susceptibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.2, p.239-249, 2000.

SINGER, M.; EWING, S. Soil quality. In: SUMNER, M. E. (Ed.) **Handbook of Soil Science**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p.271-298.

SMITH, C. W., JOHNSTON, M. A.; LORENZ, S. The effect of soil compaction and soil physical properties on the mechanical of south African forestry soils. **Geoderma**, Amsterdam , v. 78, n. 1/2 p. 93-111, 1997.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p. 229-235, 1991.

STONE, L.; SILVEIRA, P. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na

porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p. 395-401, 2001.

TARDIEU, F. Growth and functioning of roots and to root systems subjected to soil compaction: towards a system with multiple signaling. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam , v. 30, p. 217-243, 1994.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourn, v.17, n.3, p.429-441, 1979.

TOPP, G.C.; REYNOLDS, W.D.; COOK, F.J.; KIRBY, J.M.; CARTER, M.R. Physical attributes of soil quality. In: GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R. (Ed.) **Soil quality for crop production and ecosystem health**. Amsterdam: Elsevier Science, 1997. p.21-58.

TORMENA, C.A.; ROLLOF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, p.333-339, 1996.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 573-581, 1998.

TREIN, C.R.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo, na rotação aveia+trevo/milho, após pastejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 5, n. 15, p.105-111, 1991.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion. **American Society of Agronomy Journal**, Washington, DC, v.28, p.337-351, 1936.

WARREN, S. L.; FONTENO, W. C. Changes in physical and properties of a loamy sand soil when amended with composted poultry litter. **Journal of Environmental Horticulture**, Washington, DC, v. 1, n. 4, p. 186-190, 1993.

WEI, Q.F.; LOWERY, B.; PETERSON, A.E. Effect of sludge application on physical properties of a silty clay loam soil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, 14:178-180, 1985.

ZANETTI, M. A. VELLOSO, L.; MELLOTTI, L.; RUIZ, R. L.; CARRER, C da C. Digestibilidade aparente e balanço de nitrogênio em ovinos consumido “saccharina”. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 12, p. 36-41, 1993.