

## ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO

---

Heliomar Baleeiro de Melo Júnior<sup>1</sup>, Ivaniele Nahas Duarte<sup>1</sup>, Marcelo Muniz Benedetti<sup>1</sup>,  
Elias Nascentes Borges<sup>2</sup>

1. Pós Graduandos em Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia  
(heliomar\_agro@yahoo.com.br)
  2. Professor Doutor da Universidade Federal de Uberlândia  
Uberlândia - Brasil
- 

### RESUMO

Realizou-se um experimento na Fazenda Floresta do Lobo, município de Uberlândia, MG, com objetivo de avaliar o efeito de diferentes sistemas de manejo empregados na atividade produtiva da fazenda, nos atributos físicos do solo: densidade aparente, velocidade de infiltração de água no solo e vazios do solo constituídos pela macro, microporosidade e porosidade total. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em fatorial 6x2, formado por seis manejos diferentes e duas profundidades, com quatro repetições, totalizando 48 parcelas. Os sistemas de manejo avaliados foram: (a) área de reserva legal constituída de cerrado natural (CER); (b) área com eucalipto de cinco anos em sucessão a eucalipto (EUC); (c) área de integração lavoura-pecuária (INLAP); (d) área de pinus sem pastejo (PN); (e) área de pinus com pastejo (PP); (f) área com plantio convencional de soja em sucessão a milho (PC). As amostras de solo foram coletadas em duas profundidades 0 a 0,25 m e 0,25 a 0,50 m. A densidade do solo apresentou-se maior para as cinco áreas sob cultivo em relação ao Cerrado nativo, independente da profundidade analisada. Os sistemas de manejo INLAP e EUC apresentaram, nas profundidades de 0-0,25m e 0,25-0,50m, os maiores valores de densidade do solo. A densidade de partículas não diferiu estatisticamente entre as áreas submetidas aos diferentes sistemas de manejo pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. A área manejada com PP mostrou possuir maior macro, microporosidade e porosidade total. Os sistemas de manejados com PC e INT foram os que apresentaram as menores velocidades de infiltração básica (VIB).

**PALAVRAS-CHAVE:** Cerrado, eucalipto, pinus, integração lavoura-pecuária.

### PHYSICAL ATTRIBUTES OF A SOIL UNDER DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS

#### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of different crop management systems on the following soil attributes: density, porosity (macro, micro and total porosity) and water infiltration velocity. The experiment was carried out at the Floresta do Lobo farm, in Uberlândia-MG. The experimental delineation was in randomized blocks in factorial outline 6x2 (six management systems and two soil depths) and four

repetitions. The management systems were: (a) native cerrado (CER), (b) five years eucalyptus plantation in succession to eucalyptus (EUC), (c) crop-livestock integration (INT), (d) ungrazed pine (PN), (e) pine-pasture integration (PP), (f) conventional soybean in succession to corn (CP). Soil samples were collected at two depths (0 - 0.25 and 0.25 - 0.50 m). In both evaluated depths the bulk density was lower in CER area and higher in EUC and INT areas. Soil particle density did not differ statistically among the areas subjected to different management systems by Tukey test at 0,05 significance level. The PP area presented higher macro, micro and total porosity, and PC and INT areas showed lower infiltration rate (VIB).

**KEY WORDS:** Cerrado, eucalyptus, pine and crop-livestock integration.

### INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos, o esgotamento na disponibilidade de áreas potencialmente agricultáveis, faz com que seja necessário produzir mais, em menor espaço. Porém, para melhorar a produtividade, não basta à utilização de boa genética, altas doses de fertilizantes, pois, estes fatores de incremento da produtividade agrícola de nada valem se a planta não encontrar qualidade física e ambiental do solo adequada.

O manejo do solo, feito em desacordo com as práticas agronômicas ideais possibilita, na maioria das vezes, influências negativas sobre os atributos físicos do solo, com reflexo no desenvolvimento vegetal (Spera et al., 2004).

O solo mantido sob vegetação nativa, livre da interferência antrópica, em especial sob vegetação de cerrado, geralmente apresenta, diferentemente dos atributos químicos características físicas adequadas ao desenvolvimento vegetal, com distribuição entre volume de sólidos e de vazios adequados (Andreola et al., 2000).

Bertol et al. (2004) estudando as propriedades físicas do solo sob preparo convencional, semeadura direta em rotação e sucessão de culturas comparadas às do campo nativo, concluíram que na camada de 0-0,10 m a densidade do solo é maior na semeadura direta que no preparo convencional e no campo nativo. Nesta camada, a semeadura direta reduziu o volume de macroporos em relação ao preparo convencional e ao campo nativo.

Um dos fatores que faz com que o solo tenha a densidade aumentada é a compactação que se refere à compressão do solo não saturado durante a qual ocorre redução do volume de vazios do solo e conseqüentemente do volume total. O adensamento, ao contrario da compactação, o aumento da densidade advém do acréscimo de massa com a deposição das partículas sólidas nos vazios do solo, provenientes da desagregação.

Compactar o solo significa rearranjar agregados e as partículas constituintes, o que resulta em redução de poros, tornando o solo mais denso (Curi et al., 1993; Dias Júnior & Pierce, 1996).

O aumento da densidade seja por compactação ou adensamento para além de determinados limites, solo faz com que o desenvolvimento vegetal seja prejudicado, proporciona aumento da resistência mecânica à penetração de raízes, altera a

condutividade hidráulica do solo, diferencia a movimentação de água e nutrientes e a difusão de gases no solo (Borges et al., 1997).

A queda na taxa de infiltração de água no solo, decorrente da compactação da camada superficial, pode resultar em aumento do escoamento superficial e erosão, ocasionando perdas de solo (Kayombo & Lal, 1994).

O objetivo da pesquisa foi identificar alterações em atributos físico e hídricos de Latossolo Vermelho Distrófico típico submetido a diferentes sistemas de manejo para seu uso comparativamente a condição natural.

## METODOLOGIA

O trabalho foi realizado na Fazenda Floresta do Lobo, localizada no município de Uberlândia, MG, com coordenadas geográficas 19' 05" S, 48' 08" W. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura muito argilosa e declividade média inferior a 8% (EMBRAPA, 2006).

O clima segundo a classificação de Köppen é do tipo Cwa, apresentando inverno seco e verão chuvoso. A temperatura do mês mais frio é inferior a 18°C e a do mês mais quente é superior a 22°C e a precipitação do mês mais seco é inferior à décima parte da precipitação do mês mais chuvoso. A precipitação média é de 1.550 mm anuais e se concentra de outubro a março (EMBRAPA, 1982).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em fatorial 6x2, com seis manejos diferentes, duas profundidades e quatro repetições, totalizando 48 parcelas. Os seis sistemas de manejo avaliados foram: (a) área sob reserva legal constituída por cerrado natural (CER); (b) área com eucalipto de cinco anos em sucessão a eucalipto (EUC); (c) área de integração lavoura-pecuária (INT); (d) área de pinus sem pastejo (PN); (e) área de pinus com pastejo (PP); (f) área com plantio convencional de soja em sucessão a milho (PC). As amostras de solo foram coletadas em duas profundidades 0 a 0,25 m e 0,25 a 0,50 m.

Os atributos físicos avaliados foram: distribuição textural, densidade do solo determinada pelo método do anel volumétrico e pelo método do torrão, densidade de partículas, macro, microporosidade, porosidade total e velocidade de infiltração de água no solo determinados conforme metodologia preconizada pela EMBRAPA, 1997.

Na determinação da textura o método utilizado foi o da pipeta, sendo o agente químico dispersante o NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>. A densidade do solo foi quantificada pelo método do anel volumétrico e do torrão parafinado, ambos expressos em g cm<sup>-3</sup>. Na determinação da densidade do solo pelo método do anel volumétrico utilizaram-se amostras de solo com estrutura indeformada, coletadas em anéis tipo Kopeck. Já para a determinação da densidade do solo pelo método do torrão parafinado, foram coletados torrões de solo, os quais posteriormente foram parafinados. Para a realização da análise de densidade de partículas (g cm<sup>-3</sup>); utilizou-se, o método do balão volumétrico com álcool.

A macroporosidade (%) foi calculada pela Eq. 1.  $\text{Macroporos} = (\text{PSS} - \text{PSP} / \text{VT}) * 100$ , onde PSS = Peso solo saturado, PSP = Peso do solo ao sair da panela de tensão regulada para 60 cm e VT = volume total da amostra de solo. A microporosidade (%) foi calculada mediante a Eq. 2.  $\text{Macroporos} = (\text{PSP} - \text{PSE} / \text{VT}) * 100$ , onde PSP = Peso do solo ao sair da panela de tensão, PSE = Peso solo ao sair da estufa e VT = volume total

do solo. A porosidade total (PT) ou volume total de poros (%) foi calculado mediante a somatória dos resultados de macro e microporosidade do solo.

Em cada ponto amostral das áreas determinou-se a velocidade de infiltração básica (VIB), utilizando-se o infiltrômetro de anéis concêntricos, de acordo com Bernardom (1989). Foram cravados, para cada tipo de manejo do solo, dois anéis cilíndricos e concêntricos (30 e 60 cm de diâmetro). As medidas de infiltração de água no solo foram feitas no cilindro central do anel central, iniciadas 24h após o solo ter sido saturado com água. A lâmina de infiltração foi fixada em 2 cm = 20 mm e o tempo necessário para infiltrá-la marcado com um cronômetro. Em relação à velocidade de infiltração de água no solo verifica-se que  $VIB = K_0$  onde VIB é a velocidade de infiltração de água no solo (mm/h) e  $K_0$  é a constante onde a infiltração é básica ou condutividade do solo saturado, ou seja, valor no qual o velocidade se infiltração permaneceu constante.

A análise estatística dos resultados foi realizada por meio do programa estatístico Sisvar, utilizando o teste de F a 5 % de probabilidade e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste de Scott Knott a 5 % de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) somente entre profundidade e densidade do solo determinada pelo método do torrão.

Para a profundidade de 0 a 0,25m os valores de densidade do solo cresceram na seguinte ordem CER < PP e PC < PN < INT < EUC. Já na profundidade de 0,25 a 0,50 m a ordem foi CER e PN < PC < PP < EUC e INT (Figura 1). Conforme se observa a menor densidade do solo, em ambas às profundidades, foi constatada na área sob vegetação de cerrado. Borges et al. 1997 afirmam que tanto o acúmulo de matéria orgânica natural assim como quantidades significativas de óxidos de ferro e alumínio da fração coloidal possibilitam agregação abundante e estável nas condições naturais. A inserção do solo no processo produtivo promove o desgaste da matéria orgânica bem como a exposição direta do solo aos agentes atmosféricos que, somados a mecanização intensiva promovem reduções na agregação e dos vazios do solo, com reflexo direto nos valores de densidade.

A densidade do solo apresentou-se maior para as cinco áreas sob cultivo em relação ao Cerrado nativo, independente da profundidade analisada. Os sistemas de manejo INT e EUC apresentaram nas profundidades de 0-0,25m e 0,25-0,50m valores de densidade superiores aos demais.

Os resultados apresentados demonstram que o pisoteio animal assim como os cultivos intensivos, mesmo na condição de rotação de culturas, tende a promover um desarranjo maior na estabilidade dos agregados com favorecimento da individualização das partículas do solo, o que pode comprometer a porosidade e diminuir a infiltração e a redistribuição de água no solo e, como consequência, aumentar a densidade com reflexo na produção agrícola.

Os resultados encontrados estão em desacordo com os apresentados por Araújo et al. (2004); onde os autores estudaram propriedades físicas em Argissolo sob diferentes tipos de uso e verificaram maiores densidades do solo no horizonte superficial em pastagem (1,73 kg dm<sup>-3</sup>) e atribuíram esta maior densidade em

decorrência do pisoteio animal e da maior predisposição a ciclos de umedecimento e secagem em relação à mata nativa, de acordo, portanto, com os resultados encontrados neste trabalho.

Já no presente trabalho o efeito do pisoteio animal foi verificado com maior intensidade na profundidade de 0,25-0,50m, uma vez que as densidades dos sistemas INT e PP apresentaram maiores densidades em subsuperfície (Figura 1).

Marchão et al. (2007), estudando a qualidade física de Latossolo em sistema de integração lavoura-pecuária no Cerrado, constataram maiores densidades de solo na camada de 0-0,05 m em área de braquiária associada com soja sob plantio direto, demonstrando o efeito da compactação da camada superficial do solo e verificaram que, diferentemente do que ocorreu na pastagem, no sistema plantio convencional de soja durante quatro anos a densidade do solo aumentou em profundidade e este resultado foi atribuído à compactação da subsuperfície, durante a aração do solo para implantação da cultura.

Oliveira et al. (1996) afirmaram que a expressiva compactação nas camadas subsuperficiais do solo é atribuída ao ajuste de partículas; em consequência do entupimento dos poros pelas partículas mais finas e dos ciclos de umedecimento e secagem do solo.

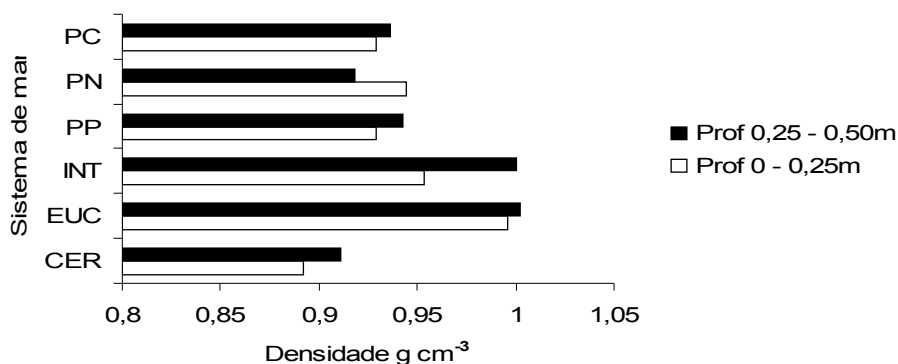


Figura 1. Densidade do solo pelo método do torrão parafinado sob diferentes sistemas de manejo e diferentes profundidades de solo.

A interação entre os sistemas de manejo e a profundidade do solo para as características: densidade do solo pelo método do anel volumétrico, densidade de partículas e porosidade total (macro e microporosidade) não foi significativa, demonstrando assim que os atributos físicos do solo variam apenas em função do sistema manejo da área. A densidade do solo pelo método do anel foi maior nas áreas sob INT e PC (Figura 2).

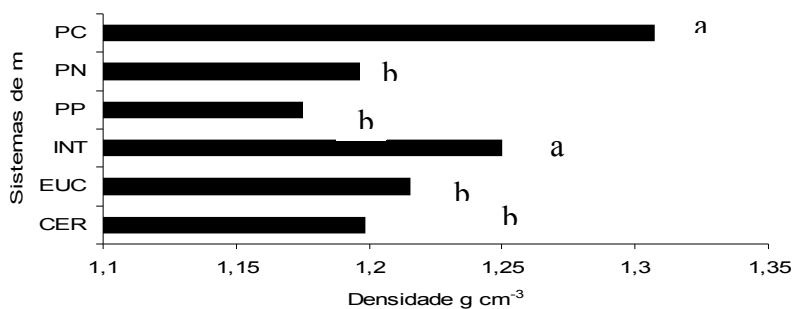


Figura 2. Densidade do Latossolo Vermelho Distrófico típico sob diferentes sistemas de manejo pelo método do anel volumétrico.

A densidade de partículas não diferiu estatisticamente entre as áreas submetidas aos diferentes sistemas de manejo (Figura 3). Esses resultados eram esperados já que, de acordo com Brady (1989), a densidade de partículas depende da natureza do material mineral predominante apresentando, portanto, pouca ou nenhuma diferença para a mesma classe de solo.

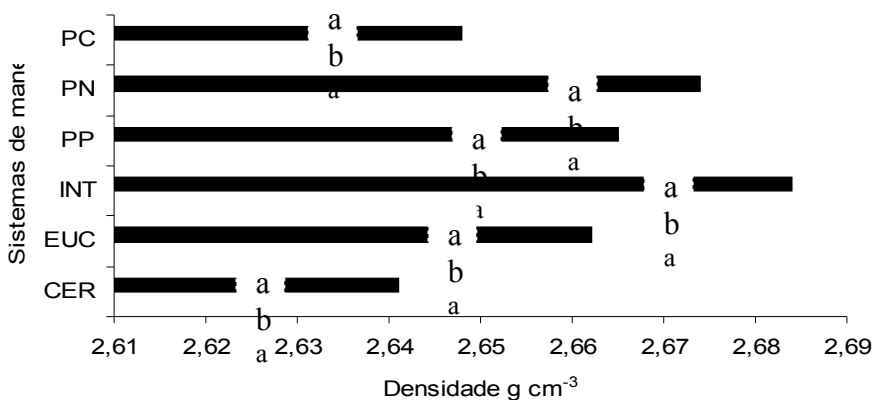


Figura 3. Densidade das partículas de Latossolo Vermelho Distrófico típico sob diferentes sistemas de manejo.

As áreas submetidas aos sistemas de manejo PP, INT, CER e EUC não diferiram entre si, mas apresentaram valores de porosidade total superiores aos sistemas de manejo PC e PN os quais não diferiram entre si (Figura 4).

Quanto a macroporosidade, as áreas sob manejo PP, CER e PN não diferiram entre si e foram significativamente superiores aos outros sistemas de manejo em estudo. Cabe enfatizar que o PC foi significativamente o sistema que proporcionou a menor macroporosidade entre os sistemas pesquisados (Figura 5).

Com relação à microporosidade as áreas sob manejo PP, EUC, PC e INT apresentaram os valores mais elevados, não se diferenciando estatisticamente (Figura 6). A menor microporosidade encontra-se no sistema manejado com o Pinus exclusivo.

Dentre os sistemas de manejo pesquisado observa que a área de pinus com pastagem (PP) possui a maior e melhor distribuição em macro e microporosidade e com isto a maior porosidade total.

Marchão et al. (2007) notaram que a macroporosidade e a porosidade total em áreas sob integração lavoura-pecuária, foram reduzidas quando comparadas com solos sob Cerrado e que esta redução foi da ordem de até 80 e 20%, respectivamente, havendo aumento da microporosidade do solo, confirmando os resultados deste estudo. Stone et al. (2002), avaliando a compactação do solo na cultura do feijoeiro em Latossolo, concluíram que a porosidade total e a macroporosidade diminuíram linearmente e a resistência do solo a penetração aumentou de maneira quadrática com o aumento da densidade do solo. Silva et al. (2005) comparando efeito de sistemas de uso e manejo nas propriedades físico-hídricas em Argissolo, afirmaram que os sistemas de manejo com cana-de-açúcar influenciaram as propriedades físicas do solo, resultando em aumento da densidade com conseqüente redução do volume de mega e macroporos e aumento dos micro e criptoporos, em relação ao solo da mata.

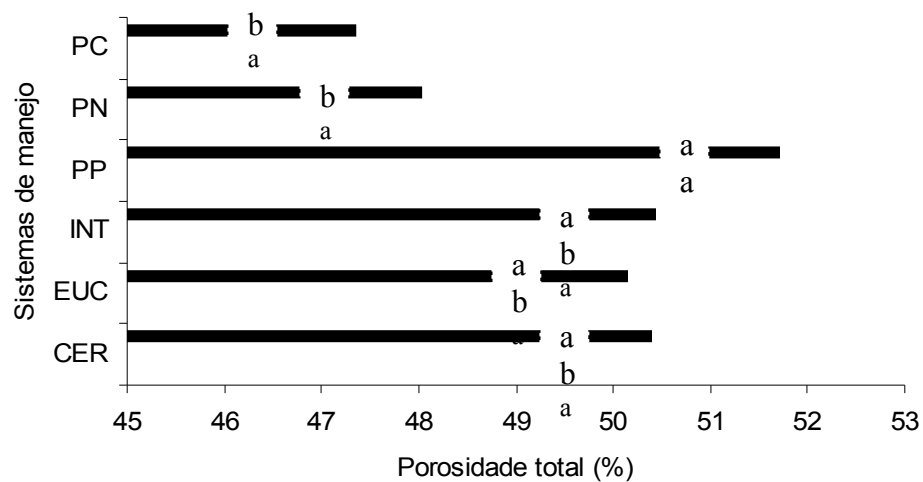


Figura 4. Porosidade total do solo sob diferentes sistemas de manejo

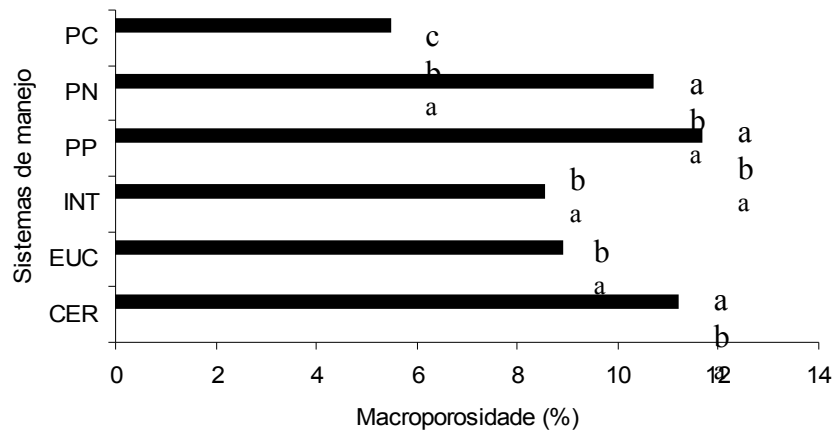


Figura 5. Macroporosidade do solo sob diferentes sistemas de manejo

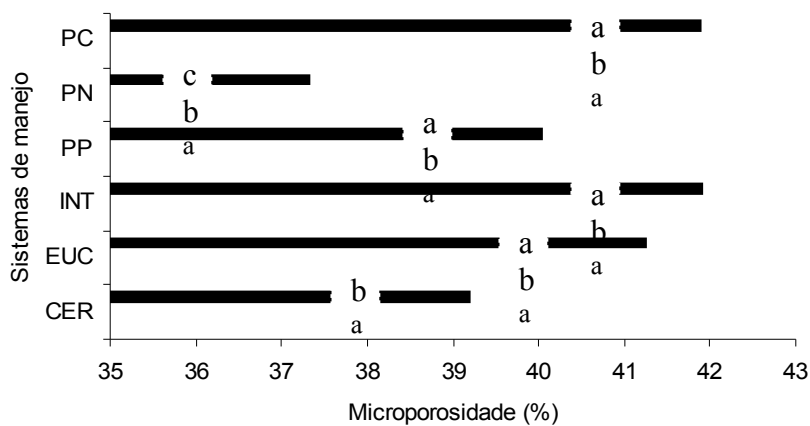


Figura 6. Microporosidade do solo sob diferentes sistemas de manejo

Ao analisar a Figura 7, pode-se observar que no CER a velocidade de infiltração no início foi de  $784,81 \text{ mm h}^{-1}$  e que depois decresce até um valor constante de  $483,87 \text{ mm h}^{-1}$ , denominado de VIB (velocidade de infiltração básica).

Os sistemas de manejo que apresentaram maiores VIB foram: EUC com  $909,09 \text{ mm h}^{-1}$  (Figura 8); PN com VIB de  $510,63 \text{ mm h}^{-1}$  (Figura 11), CER com  $483,87 \text{ mm h}^{-1}$  (Figura 7) e PP com VIB  $159,78 \text{ mm h}^{-1}$  (Figura 10). Quanto menor a velocidade de infiltração de água no solo, maiores são as chances de perder partículas de solo por escoamento superficial, agravando assim os riscos de erosão. Os sistemas de manejo

PC e INT foram os que apresentaram as menores velocidades de infiltração básica (VIB), sendo respectivamente  $49,28 \text{ mm h}^{-1}$  (Figura 12) e  $49,87 \text{ mm h}^{-1}$  (Figura 9). Observa que os valores de VIB estão inversamente relacionados com os valores de densidade do solo pelo método do anel volumétrico, ou seja quanto maior o valor da densidade, menor será a VIB (Figura 2). Menor VIB proporciona maior volume de água para escorrer superficialmente arrastando consigo partículas de solo, favorecendo a erosão.

Na área com sistema de manejo PC o material orgânico da superfície é praticamente todo incorporado e a terra na superfície fica desagregada e sem cobertura, com isso há um aumento na densidade do solo e conseqüentemente diminui a infiltração de água no mesmo. Já na área com sistema de manejo INT a densidade do solo aumenta devido ao pisoteio dos bovinos, os quais em sua locomoção concentram grande peso em uma pequena área do seu casco, proporcionando elevados valores de pressão sob o solo, com redução do volume de vazios. Estes dados contrariam resultados encontrados por Bertol et al. (2001) que identificaram VIB mais elevadas em cultivo convencional do que em semeadura direta e em campo nativo pastejado, provavelmente pelo fato da determinação ter ocorrido logo após o preparo do solo. No caso desta pesquisa as determinações físicas foram realizadas no final do período de entre safra, ou seja, a influencia do manejo já estava bem definido.

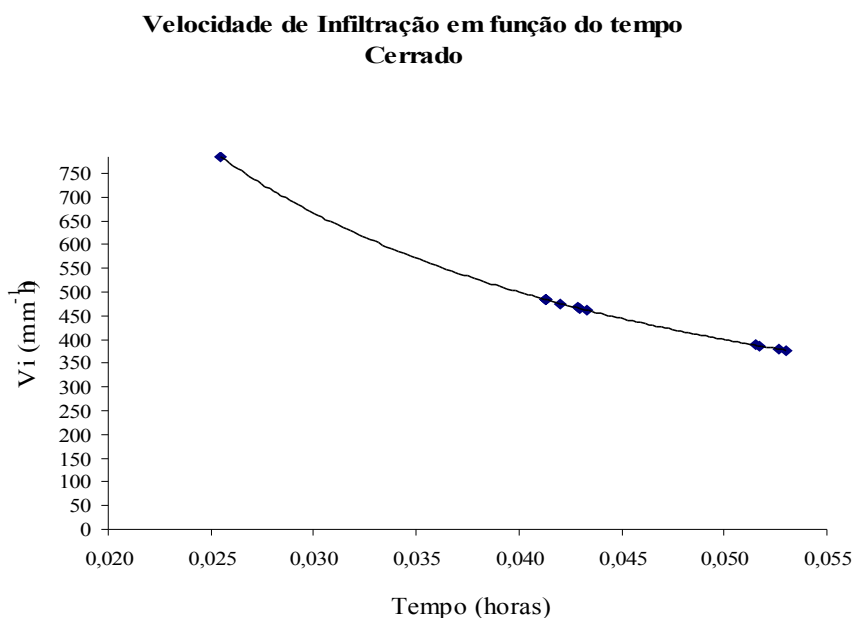


Figura 7. Velocidade de Infiltração de água no solo em função do tempo no Cerrado.

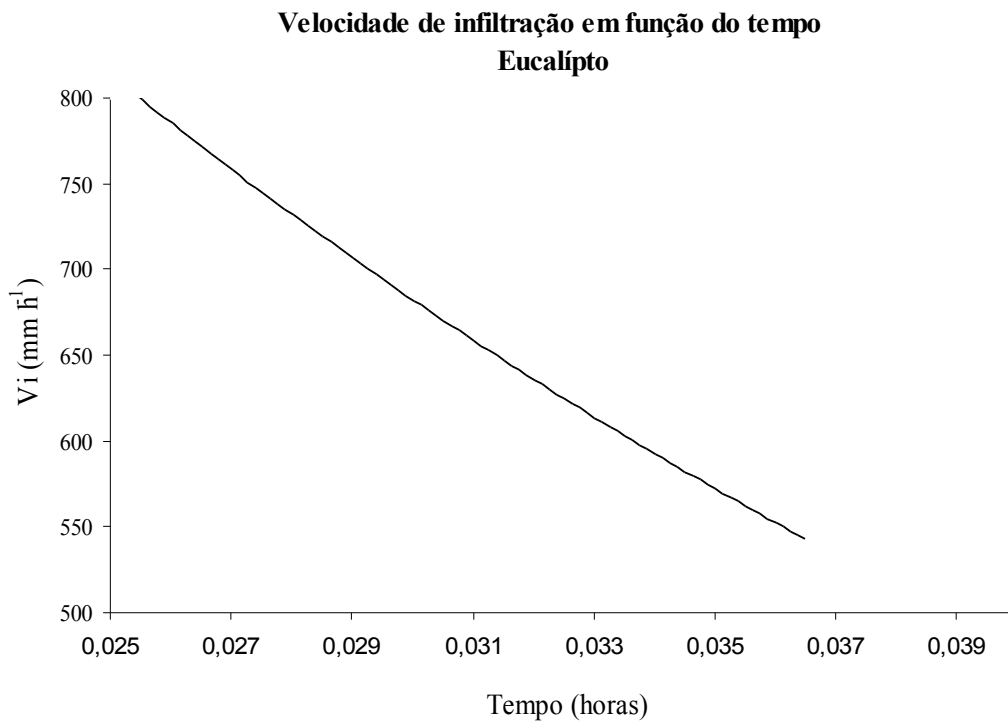


Figura 8. Velocidade de Infiltração de água no solo em função do tempo do solo cultivado com Eucalipto.

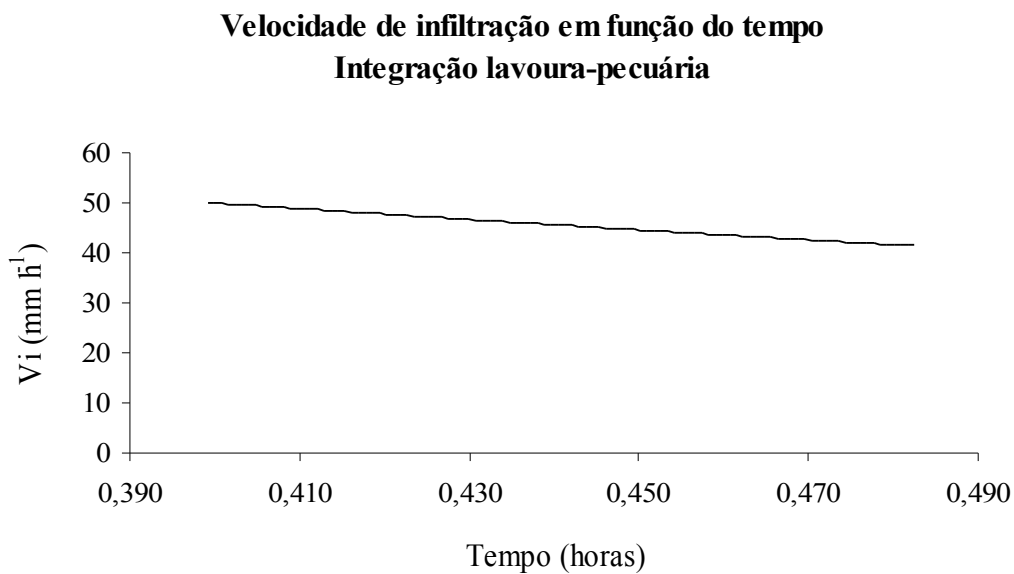


Figura 9. Velocidade de Infiltração de água no solo em função do tempo do solo sob o manejo Integração lavoura pecuária.

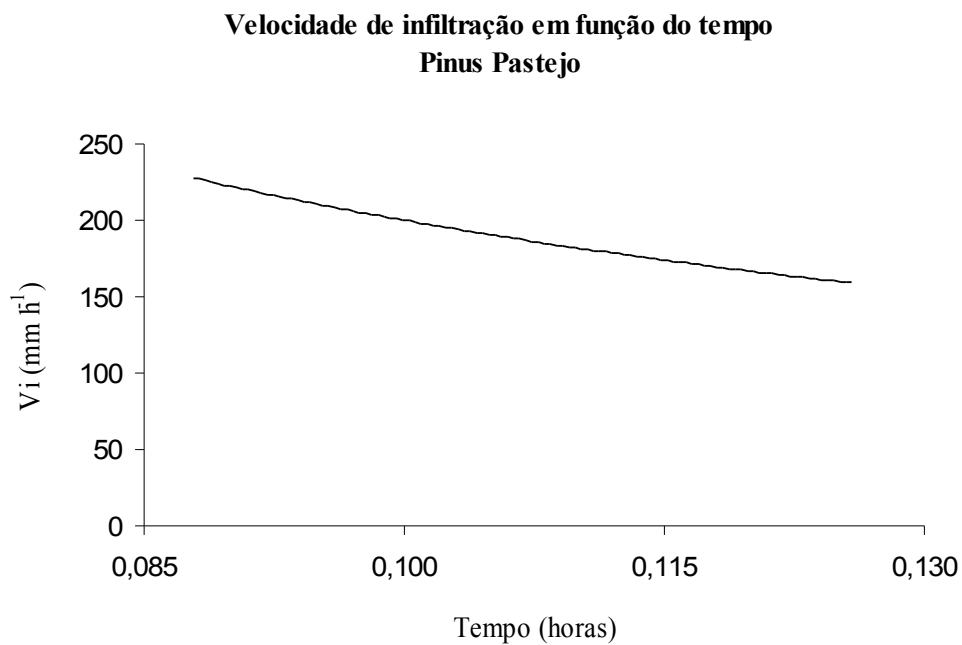


Figura 10. Velocidade de Infiltração de água no solo em função do tempo do solo sob Pinus pastejo.

**Velocidade de infiltração em função do tempo  
Pinus Natural**

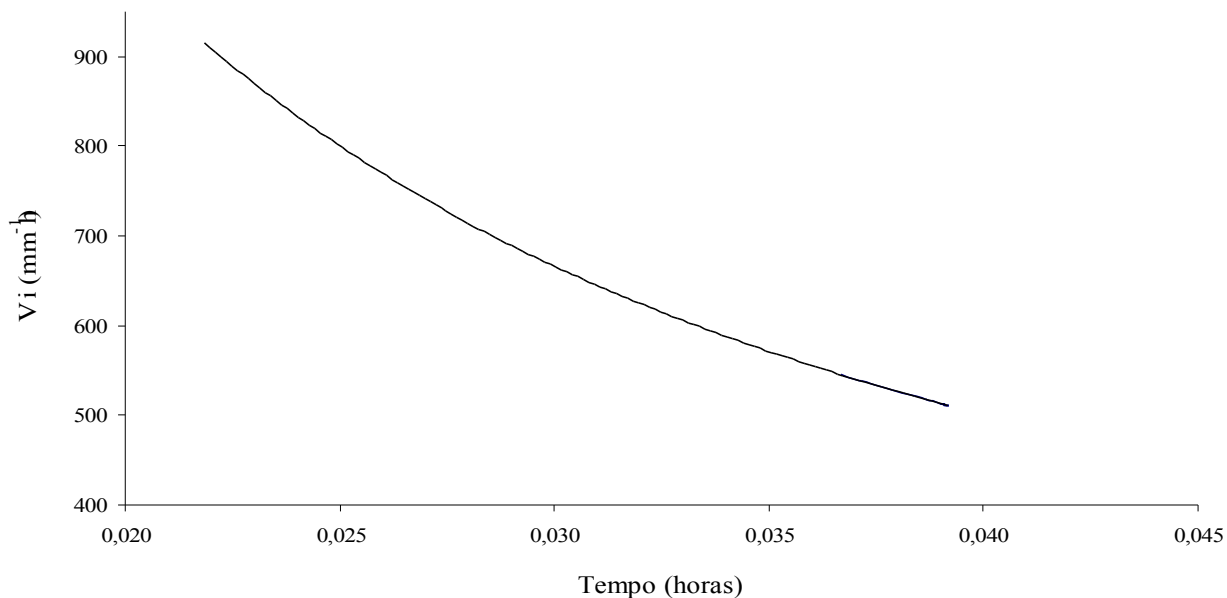


Figura 11. Velocidade de Infiltração de água no solo em função do tempo sob o manejo Pinus Natural.

**Velocidade de infiltração em função do tempo  
Soja em plantio convencional**

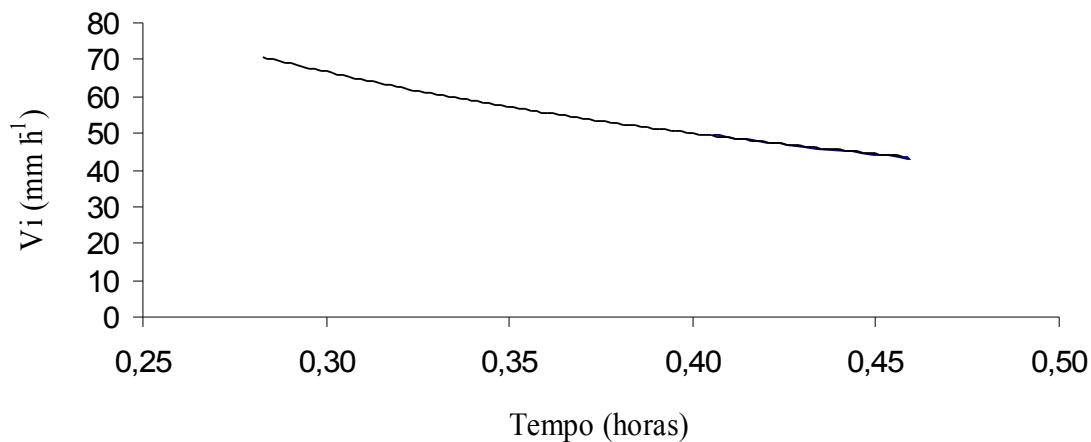


Figura 12. Velocidade de Infiltração de água no solo, em função do tempo solo cultivado com soja em plantio convencional.

## CONCLUSÕES

1. Os atributos físicos do solo são influenciados pelo manejo da área.
2. A densidade de partículas não distinguiu entre as áreas analisadas devido ao fato do material de origem do solo ser o mesmo, para todas as áreas.
3. A área com sistema de manejo CER apresentou atributos físicos mais próximos do adequado.
4. A área com sistema de manejo PP mostrou maior porosidade total, maior macro e microporosidade e menor densidade do solo pelo método do anel volumétrico.
5. As áreas com sistema de manejo INT e PC apresentaram ou maior densidade do solo e conseqüentemente menores velocidades de infiltração de água no solo, sendo, portanto mais susceptível a erosão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andreola, F.; Costa, L. M.; Olszewski, N.; Jucksch, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, n.4, p.867-874, 2000.
- Araújo, E. A.; Lani, J. L.; Amaral, E. F.; Guerra, A. Uso da terra e propriedade físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, n.2, p.307-315, 2004.
- Bernardo, S. Manual de irrigação. 5.ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1989. 596p.
- Bertol, I.; Beutler, J. F.; Leite, D.; Batistela, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. *Scientia Agrícola*. Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 555-560, 2001.
- Borges, E.N.; Lombardi Neto, F.; Corrêa, G.F.; Costa, L.M. Misturas de gesso e matéria orgânica alterando atributos físicos de um latossolo com compactação simulada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.21, n.1, p.125-130, 1997.
- Brady, N. C. Natureza e propriedades dos solos. 7.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 878p.
- Curi, N.; Larach, J.O.I.; Kämpf, N.; Moniz, A.C.; Fontes, L.E.F. Vocabulário de ciência do solo. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. 90p.
- Dias Jr., M. S.; Pierce, F. J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.20, p.175-182, 1996.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa do Solo, 2006. 306p.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1982 – **Levantamento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro**. Bol. De Pesquisa, 1, Rio de Janeiro, 526 p.

Kayombo, B.; Lal, R. Responses of tropical crops to soil compaction. In: Soane, B.D.; van Ouwerkerk, C. (ed.). Soil compaction in crop production. Amsterdam: Elsevier, 1994. p.287-316.

Marchão, R. L.; Balbino, L. C.; Silva, E. M.; Santos Junior, J. D. G.; Sá, M. A. C.; Vilela, L.; Becquer, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, n.6, p.873-882, 2007.

Oliveira, T. S.; Costa, L. M.; Figueiredo, M. S.; Regazzi, A. J. Efeitos dos ciclos de umedecimento e secagem sobre a estabilidade de agregados em água de quatro Latossolos Brasileiros. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.20, n.3, p.509-515, 1996.

Silva, A. J. N.; Cabeda, M. S. V.; Lima, J. F. W. F. Efeito de sistemas de uso e manejo nas propriedades físico-hídricas de um Argissolo Amarelo de tabuleiro costeiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, n.1, p.833-842, 2005.

Spera, S. T.; Santos, H. P.; Fontaenli, R. S.; Tomm, G. O. Efeito de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos do solo e sua produtividade. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, n.3, p.533-542, 2004.

Stone, L. F.; Guimarães, C. M.; Moreira, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.2, p.207-212, 2002.