



UM ESTUDO DA DENSIDADE DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO

Ingrid Mara Bicalho ¹

¹Engenheira Agrônoma, Mestre em Solos, Professora do curso de Agronomia na UEMG / FEIT, Ituiutaba – MG, cep: 38.302-192

e-mail: ingridagro@yahoo.com.br

Data de recebimento: 02/05/2011 - Data de aprovação: 31/05/2011

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar as condições físicas do solo sobre diferentes sistemas de uso e manejo, de acordo com a densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp) e densidade pelo método do torrão parafinado (Dt). O experimento foi conduzido entre os meses de março e julho de 2008 na área experimental da Universidade Federal de Uberlândia. Foram estudados seis sistemas de manejo do solo (Mata nativa, pastagem, algodão, pomar, área irrigada e área de sequeiro) nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. A maior Ds na profundidade 0-20 cm foi na área de sequeiro ($1,7 \text{ kg dm}^{-3}$) o qual não diferiu significativamente da área irrigada e do algodão, ao contrário da mata nativa que apresentou a menor Ds ($1,18 \text{ kg dm}^{-3}$). Na profundidade 20-40 cm a área de sequeiro ($1,68 \text{ kg dm}^{-3}$), área irrigada ($1,60 \text{ kg dm}^{-3}$) apresentaram a maior Ds, porem não diferiu significativamente da pastagem, algodão e pomar, enquanto a mata nativa apresentou a menor Ds ($1,33 \text{ kg dm}^{-3}$). Os sistemas de manejo não apresentaram diferença significativa entre si para a Dt. O maior valor de Dp nas duas profundidades foi no pomar ($3,15 \text{ kg dm}^{-3}$) e ($3,28 \text{ kg dm}^{-3}$) respectivamente, o qual não diferiu significativamente da área irrigada, mata nativa, pastagem e algodão, ao contrário da área de sequeiro que apresentou a menor Dp na profundidade 0-20 cm ($2,83 \text{ kg dm}^{-3}$) e da área de sequeiro ($2,95 \text{ kg dm}^{-3}$) e da área irrigada ($2,93 \text{ kg dm}^{-3}$) na profundidade 20-40 cm. Entres as profundidades não ocorreu diferença significativa para todas as densidades estudadas, exceto na mata nativa.

PALAVRAS-CHAVE: atributos físicos do solo, uso do solo, densidade de partícula.

A STUDY OF DENSITY OF SOIL IN DIFFERENT SYSTEMS OF USE AND MANAGEMENT

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate soil physical condition under different usage and management, according to the soil bulk density (Ds), particles density (Dp) and density by the method of Torrão (CLOGH) (Dt). The experiment was conducted from March through July of 2008 at the experimental area of the Federal University of Uberlândia. There were studied six different soil management systems (Native Cerrado, pasture, cotton, orchard, irrigated area and dry area) at the depths of 0-20 cm and 20-40 cm. The highest Ds at 0-20 cm depth was in the dry area (1.7 kg dm^{-3}) which did not differ significantly from the irrigated area and cotton, unlike the native Cerrado that showed the smallest Ds (1.18 kg dm^{-3}). At the depth of 20-40 cm in the dry area (1.68 kg dm^{-3}), and in irrigated area (1.60 kg dm^{-3}) had the highest Ds,

but did not differ significantly from the pasture, cotton and orchard, while the native Cerrado showed the smallest D_s (1.33 kg dm^{-3}). The management systems did not show significant difference between them for D_t . The greatest value of D_p on the two depths was in the orchard (3.15 kg dm^{-3}) and (3.28 kg dm^{-3}) respectively, which did not differ significantly from the irrigated area, native forest, pasture and cotton, unlike the dry area that showed the smallest D_p in depth 0-20 cm (2.83 kg dm^{-3}) and the dry (2.95 kg dm^{-3}) and irrigated area (2.93 kg dm^{-3}) 20-40 cm in depth. The difference between the depths was not significant for all densities studied, except in the native Cerrado.

KEYWORDS: soil physical attributes, soil use, density of particles.

1 – INTRODUÇÃO:

Os solos sob vegetação de cerrado, em sua condição natural, têm sido descritos por diversos pesquisadores como possuidores de boas propriedades físicas, principalmente com relação à estrutura e densidade (LOPES, 1984).

Segundo INGARAMO (2003), para avaliação da qualidade do solo, algumas das principais propriedades e fatores físicos considerados adequados para descrevê-la são: porosidade, distribuição do tamanho de poros, densidade do solo, resistência mecânica, condutividade hidráulica, distribuição do tamanho de partículas e profundidade em que as raízes crescem.

A densidade do solo é uma propriedade variável e depende da estrutura e compactação do solo. Está por sua vez corresponde à massa do solo seco em um determinado volume de solo. O material constituinte do solo tem grande influência sobre o valor da densidade, assim como os sistemas de uso e manejo e tipo de cobertura vegetal. Os valores de densidade nos solos podem ser extremamente variáveis. Pode-se ter em solos de mesma textura densidades diferenciadas no perfil. A densidade tende a aumentar com a profundidade, variando em função de diversos fatores, como teor reduzido de matéria orgânica, menor agregação, maior compactação, diminuição da porosidade do solo, dentre outros fatores.

Autores como GUPTA & ALLMARAS (1987) e IMHOFF et al. (2001), relatam que a densidade do solo (D_s), a macroporosidade e a relação macroporos:microporos são atributos muito utilizadas como indicadores do estado de estruturação do solo. CAMPBELL (1994), comentou que pelo fato da D_s ser influenciada pelos seus constituintes, entre eles a textura e a matéria orgânica, esse parâmetro pode mostrar uma correlação limitada com o crescimento das plantas.

GOEDERT et al. (2002), relatam a falta de consenso entre pesquisadores sobre o nível crítico da densidade do solo, não apresentando um valor acima do qual o solo é considerado compactado. Assim, características originais de cada solo e as práticas de manejo empregadas, destacam-se dentre vários outros fatores, sobre o estado de compactação do solo.

QUEIROZ-VOLTAN et al. (2000), constatou que valores de densidade do solo abaixo de $1,5 \text{ kg dm}^{-3}$, não afetaram o desenvolvimento das cultivares de soja em seu experimento. REICHERT et al. (2003) consideram $1,55 \text{ mg m}^{-3}$ como densidade crítica para o bom crescimento do sistema radicular em solos de textura média.

A densidade de partículas tem valor considerável, uma vez que é requisitada na maioria das expressões matemáticas em que o volume ou peso da amostra do solo estão sendo considerados (RANDO, 1981). Desse modo, inter-relações da

porosidade, densidade do solo e taxa de sedimentação das partículas em meio fluido dependem da densidade destas. A densidade de partículas é um atributo estático, considerando-se que mudanças só seriam perceptíveis em um tempo bastante considerável. Por sua vez, a densidade do solo é um atributo que varia com o tempo (por processos naturais de adensamento) e, ou, com práticas de manejo. De acordo com CORRECHEL (1998), o grau e a intensidade de mobilização do solo influenciam os valores de densidade do solo.

Este trabalho teve como objetivos avaliar as condições físicas do solo sobre diferentes sistemas de uso e manejo, de acordo com a densidade do solo, densidade de partículas e densidade pelo método do torrão parafinado.

2 – MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido entre os meses de março e julho de 2008 na área experimental da Universidade Federal de Uberlândia (Fazenda Capim Branco), localizada no município de Uberlândia, MG, com declividade suave e aproximadamente com 850 m de altitude.

O clima predominante é o Aw, pela classificação de Köppen, que se caracteriza como clima tropical chuvoso (clima de savana), megatérmico, com inverno seco. A temperatura do mês mais frio é superior a 18°C e a precipitação do mês mais seco é inferior a 60 mm.

A precipitação, média de 1.550 mm anuais, caracterizada por um período chuvoso de seis meses (outubro a março), sendo que nos meses de janeiro e dezembro a quantidade precipitada pode atingir de 600 a 900 mm. Julho e agosto são os meses mais secos.

O regime de umidade do solo de acordo com a Soil Taxonomy é o "ustic", caracterizado por apresentar a diferença entre as temperaturas médias do verão e do inverno inferior a 5°C e o número de dias acumulados secos, superior a 90 e inferior a 180 dias. A temperatura média do solo a 50 cm de profundidade está em torno de 22°C, sendo classificado pela Soil Taxonomy como "Isohyperthermic" (EMBRAPA, 1982).

Foram estudados 6 diferentes sistemas de manejo do solo (QUADRO 1) nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, e determinadas as seguintes características físicas: densidade do solo, densidade de partícula e densidade pelo método do torrão parafinado, segundo EMBRAPA (1997).

QUADRO 1 - Sistemas de manejo do solo e respectivos tipos de solo, Fazenda Capim Branco, Uberlândia – MG, 2008.

Tratamentos	Sistemas de manejo	Tipos de solo
M-1	Mata nativa	Cambissolo
M-2	Pastagem	Latossolo Vermelho Eutroférico
M-3	Algodão	Latossolo Vermelho Eutroférico
M-4	Pomar (Citrus)	Latossolo Vermelho Eutroférico
M-5	Área Irrigada	Latossolo Vermelho Eutroférico
M-6	Área Sequeiro	Latossolo Vermelho Amarelo

Descrição dos sistemas de manejo do solo: A área de mata nativa (M-1), que representa a situação mais próxima da natural, foi preservada desde o início de ocupação da fazenda, devido à pequena profundidade dos solos e alta declividade, o que dificulta a sua utilização para agricultura. Mas apesar de ser um ambiente preservado, foi constatado recentemente que a mata está sendo utilizada como área de pastagem, o que compromete o seu grau de preservação. Próximo a área de mata está localizada a área de pastagem (M-2), onde a cobertura vegetal predominante é o capim *Brachiara sp.*, que serve de alimento para rebanhos de gado nelore. Esta pastagem já existe há 20 anos, e hoje encontra-se degradada, apresentando uma grande quantidade de canais preferenciais de gado com o solo compactado, restando muitas de capim em forma de “ilhas”, onde o solo possui melhores condições para o crescimento da vegetação.

As áreas onde encontra-se o cultivo do algodoeiro (M-3) e do pomar de citrus (M-4) já estão ocupadas com estes usos há 15 anos. Há uma grande diferença de manejo em ambas as áreas, pois no algodoeiro sempre houve um intenso trabalho com máquinas e insumos agrícolas, enquanto que no pomar houve apenas um trabalho de capina e adubação manual.

As áreas ocupadas com sucessão de culturas soja/milho/feijão irrigada (M-5) e em sequeiro (M-6) estão sobre este tipo de produção há aproximadamente 20 anos. Em ambas as áreas há um intenso uso de máquinas, adubos químicos e agrotóxicos, sendo que a grande diferença entre estas áreas é a presença do pivô central na área irrigada, onde o solo é ocupado durante todo o ano.

As determinações físicas foram:

Densidade do solo: para avaliação da densidade do solo (D_s), foram utilizadas amostras indeformadas retiradas em anel de aço de Kopecky de bordas cortantes com volume interno de aproximadamente 80 cm³. Introduziu-se o anel de aço no solo com auxílio do amostrador tipo Uhland até o preenchimento total do anel, à profundidade desejada. O excesso de solo foi removido e logo após revestiu-se as partes, superior e inferior do anel contendo a amostra indeformada com gaze, prendendo-a com uma goma elástica. No laboratório, após pesagem, o solo do anel foi levado para estufa a 105°C por aproximadamente 24 horas, até peso constante. Após esse período, as amostras foram pesadas, determinando-se a seguir a densidade do solo (D_s), em kg dm⁻³, através da expressão 1 (EMBRAPA, 1997):

$$D_s = \frac{M_s}{V_t} \quad (1)$$

Onde:

M_s = massa da amostra de solo seca a 105°C (kg);

V_t = volume do anel (dm³);

Densidade de partícula: a densidade de partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico (EMBRAPA, 1997). O método consiste em determinar o volume de álcool necessário para completar a capacidade de um balão volumétrico, contendo solo seco em estufa. Acondicionou-se uma alíquota de 20 gramas de solo (TFSE) em latas de alumínio, que foram levadas para estufa a 105°C por 24 horas. Posteriormente, foram colocadas em dessecador, pesadas e transferidas para balões de 50 mL aferidos. Adicionou-se 20mL de álcool etílico em

cada balão, agitando bem os balões para eliminação das bolhas de ar, completando posteriormente o volume. De posse do volume de álcool (L) gasto determinou-se o volume do solo (TFSA) pela expressão: $V_s = 50 - L$. A densidade de partículas foi obtida pela seguinte expressão 2:

$$Dp = \frac{Ms}{Vs} \quad (2)$$

Onde:

Dp = densidade de partículas, em kg dm^{-3}

Ms = massa da amostra de solo seca a 105°C (kg)

Vs = volume de sólidos (dm^{-3})

Densidade pelo método do torrão parafinado: este método consiste em impermeabilizar um torrão mergulhando-o em parafina fundida. O volume do torrão é determinado imergindo-o em água e determinando o peso do mesmo dentro e fora d'água. Pelo princípio de Arquimedes, calcula-se o volume do torrão + parafina, que é igual ao peso da água deslocada. Deduzindo-se o volume da parafina obtém-se o volume do torrão.

A análise de variância dos dados foram feitas pelo Programa de Análises Estatísticas – SISVAR e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, os diferentes sistemas de manejo apresentaram diferença significativa, para a profundidade 0-20 cm, o sistema de manejo que apresentou a maior densidade do solo foi à área de sequeiro o qual não diferiu significativamente dos sistemas de manejo da área irrigada e do algodão, ao contrário da mata nativa que apresentou a menor densidade. Os outros sistemas de manejo, não diferiram entre si (pastagem, pomar, algodão e área irrigada). Segundo ARAÚJO et al. (2004), o solo sob cultivo apresentou maiores valores de densidade do solo e menores valores de porosidade total e de macroporosidade comparado com o solo sob mata nativa.

TABELA 1 – Densidade do solo em kg dm^{-3} , em diferentes sistemas de manejo, Uberlândia-MG, 2008.

Sistemas de Manejo	Prof. 0-20 cm	Prof. 20-40 cm	Média Geral
Mata nativa	1,18 aA	1,33 aA	1,25
Pastagem	1,45 bA	1,45 abA	1,45
Algodão	1,53 bcA	1,55 abA	1,54
Pomar (Citrus)	1,43 bA	1,55 abA	1,49
Área de Sequeiro	1,7 cA	1,68 bA	1,69
Área Irrigada	1,55 bcA	1,60 bA	1,58
Média Geral	1.47	1.52	

C. V.: 7.26 %

*Médias seguidas por letras minúsculas comparam os tratamentos entre si. Médias seguidas por letras maiúsculas comparam cada tratamento entre as profundidades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de significância.

Já, na profundidade 20-40 cm (tabela 2), os sistemas de manejo área de sequeiro, área irrigada apresentaram a maior densidade, porem não diferiu

significativamente da pastagem, algodão e pomar, enquanto a mata nativa apresentou a menor densidade do solo, não diferindo significativamente dos sistemas de manejo (pastagem, algodão e pomar). Avaliando as alterações que o manejo do solo provoca nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho, KLEIN & LIBARDI (2002) concluíram que o manejo do solo irrigado, comparado ao solo de mata e sequeiro, aumentou a densidade do solo até a profundidade de 40 cm, alterando, conseqüentemente, a distribuição do diâmetro dos poros e a porosidade de aeração.

Os valores de Ds, observados em todos as áreas e manejo estudados, exceto na área de sequeiro 20-40 cm, encontram-se abaixo daqueles relatados por alguns pesquisadores como limitantes ou com potencial de causar danos ao crescimento radicular, e conseqüentemente ao pleno desenvolvimento das culturas. BORGES ET AL. (1997), trabalhando em Latossolo Vermelho, textura média, da região do Triângulo Mineiro, observaram que Ds acima de $1,62 \text{ kg dm}^{-3}$, obtida mecanicamente, por compressão de amostras de solo em anéis de PVC com 100 mm de diâmetro, apresentavam impedimento parcial ao crescimento radicular.

Entre as profundidades não ocorreu diferença significativa em cada sistema de manejo (tabela 1). SILVA et al. (2006), em seu trabalho sobre propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo, verificaram que a densidade do solo aumentou em profundidade, independentemente do sistema de manejo, e teve correlação negativa com o teor de carbono orgânico possivelmente por influência dos constituintes orgânicos na estruturação e agregação do solo.

Na tabela 2, os diferentes sistemas de manejo não apresentaram diferença significativa entre si para a densidade do torrão parafinado, ocorrendo o mesmo entres as profundidades.

TABELA 2 – Densidade do torrão parafinado em kg dm^{-3} , em diferentes sistemas de manejo, Uberlândia-MG, 2008.

Sistemas de Manejo	Prof. 0-20 cm	Prof. 20-40 cm	Média Geral
Mata nativa	1,35 aA	1,33aA	1,34
Pastagem	1,68 aA	1,53 aA	1,60
Algodão	1,28 aA	1,45 aA	1,36
Pomar (Citrus)	1,33 aA	1,43 aA	1,38
Área de Sequeiro	1,45 aA	1,63 aA	1,54
Área Irrigada	1,60 aA	1,50 aA	1,55
Média Geral	1,44	1,48	
C. V.: 12,90 %			

*Médias seguidas por letras minúsculas comparam os tratamentos entre si. Médias seguidas por letras maiúsculas comparam cada tratamento entre as profundidades. Médias seguidas por letras iguais não diferem ente si pelo teste de tukey a 5% de significância.

Na tabela 3, os diferentes sistemas de manejo apresentaram diferença significativa, para a profundidade 0-20 cm, o sistema de manejo que apresentou a maior densidade de partícula foi o pomar o qual não diferiu significativamente dos sistemas de manejo da área irrigada, da mata nativa, da pastagem e do algodão, ao contrário da área de sequeiro que apresentou a menor densidade de partícula e também não diferiu significativamente dos sistemas de manejo (mata nativa, pastagem, algodão e área irrigada).

TABELA 3 – Densidade de partícula em kg dm⁻³, em diferentes sistemas de manejo, Uberlândia-MG, 2008.

Sistemas de Manejo	Prof. 0-20 cm	Prof. 20-40 cm	Média Geral
Mata nativa	2,90 abA	3,13 abB	3,01
Pastagem	3,10 abA	3,13 abA	3,11
Algodão	3,10 abA	3,15 abA	3,13
Pomar (Citrus)	3,15 bA	3,28 bA	3,21
Área de Sequeiro	2,83 aA	2,95 aA	2,89
Área Irrigada	3,00 abA	2,93 aA	2,96
Média Geral	3,01	3,09	

C. V.: 4,38%

Médias seguidas por letras minúsculas comparam os tratamentos entre si. Médias seguidas por letras maiúsculas comparam cada tratamento entre as profundidades. Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Já, na profundidade 20-40 cm (tabela 3), o sistema de manejo que apresentou a maior densidade de partícula foi o pomar o qual não diferiu significativamente dos sistemas de manejo da área irrigada, da mata nativa, da pastagem e do algodão, ao contrário da área de sequeiro e da área irrigada que apresentaram as menores densidades de partícula e também não diferiu significativamente dos sistemas de manejo (mata nativa, pastagem e algodão).

Entres as profundidades ocorreu diferença significativa somente no sistema de manejo mata nativa, onde na profundidade 0-20 cm foi apresentado uma menor densidade de partícula (tabela 3).

4 – CONCLUSÕES

O sistema de manejo que apresentou a maior densidade do solo na profundidade 0-20 cm foi a área de sequeiro (1,7 kg dm⁻³) o qual não diferiu significativamente da área irrigada (1,55 kg dm⁻³) e do algodão (1,53 kg dm⁻³), ao contrário da mata nativa que apresentou a menor densidade (1,18 kg dm⁻³).

Na profundidade 20-40 cm os sistemas de manejo área de sequeiro (1,68 kg dm⁻³), área irrigada (1,60 kg dm⁻³) apresentaram a maior densidade, porém não diferiu significativamente da pastagem, algodão e pomar, enquanto a mata nativa apresentou a menor densidade do solo (1,33 kg dm⁻³), não diferindo significativamente dos sistemas de manejo (pastagem, algodão e pomar).

Os diferentes sistemas de manejo não apresentaram diferença significativa entre si para a densidade do torrão parafinado.

O sistema de manejo que apresentou a maior densidade de partícula nas duas profundidades foi o pomar (3,15 kg dm⁻³) e (3,28 kg dm⁻³) respectivamente, o qual não diferiu significativamente dos sistemas de manejo da área irrigada, da mata nativa, da pastagem e do algodão, ao contrário da área de sequeiro que apresentou a menor densidade de partícula na profundidade 0-20 cm (2,83 kg dm⁻³) e da área de sequeiro (2,95 kg dm⁻³) e da área irrigada (2,93 kg dm⁻³) na profundidade 20-40 cm.

Entres as profundidades não ocorreu diferença significativa para densidade do solo, densidade do torrão parafinado e densidade de partícula, exceto na mata nativa, a profundidade 0-20 cm apresentou uma menor densidade de partícula (2,9 kg dm⁻³).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M.A.; TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.28, p.337-345, 2004.

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**, Campinas, v.21, p.125-130, 1997.

CAMPBELL, D. J. Determination and use of soil bulk density in relation to soil compaction. In: SOANE, B. D.; OUWERKERK, C. van (Ed.). **Soil compaction in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1994. p. 113-139.

CORRECHEL, V. **Densidade do solo: Influência da posição relativa à linha de plantio em dois sistemas de preparo do solo**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998. 35p. (Tese de Mestrado)

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. 212p.

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

GOEDERT, W.J.; SCHERMACK, M.J.; FREITAS, F.C. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.2, p.223-227, 2002.

GUPTA, S. C.; ALLMARAS, R. R. Models to access the susceptibility of soil to excessive compaction. **Advances in Soil Sciences**, New York, v. 6, p. 65-100, 1987.

INGARAMO, O. E. **Indicadores físicos de la degradación del suelo**. La Coruña, Universidade da Coruña, 2003. 298p. (Tese de Doutorado).

IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; DIAS JUNIOR, M. S.; TORMENA, C. A. Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 25, p. 11-18, 2001.

KLEIN, V. A., LIBARDI, P. L. Condutividade hidráulica de um latossolo roxo, não saturado, sob diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, p. 945-953, 2002.

LOPES, A.S. **Solos sob "cerrado", Características, propriedades e manejo.** Piracicaba, Instituto Internacional da Potassa, 1984. 162p.

QUEIROZ-VOLTAN, R.B.; NOGUEIRA, S.S.S.; MIRANDA, M.A.C. Aspectos da estrutura da raiz e do desenvolvimento de plantas de soja em solos compactados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.**, vol.35, n.5, p.929-938. Mai. 2000.

RANDO, E.M. **Alterações nas características e propriedades físicas de um Latossolo Roxo distrófico, ocasionadas pelo cultivo convencional.** Lavras, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1981. 161p. (Tese de Mestrado)

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. & BRAIDA, J. A. Qualidade do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista de Ciência Ambiental**, v 27, p. 29-48, 2003.

SILVA, M. A. S.; MAFRA, A. L.; ALBUQUERQUE, J. A.; ROSA, J. D.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 329-337, 2006.