

COMPACTAÇÃO DO SOLO SOB SISTEMAS DE MANEJO CONVENCIONAIS E CONSERVACIONISTAS

João Paulo Arantes Rodrigues da Cunha¹, Paulo César de Carvalho Júnior², Juni Vicente de Souza², Elias Nascentes Borges³, Elton Fialho dos Reis⁴

RESUMO

Os sistemas de manejo do solo influenciam a sua susceptibilidade à compactação. Esta é uma das principais causas da degradação física do solo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência do solo à penetração e a densidade do solo de um Latossolo Vermelho distrófico, cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. Avaliaram-se a densidade do solo e a resistência do solo à penetração, após cinco anos de cultivo submetido a sete tratamentos, em delineamento em blocos casualizados: CCCG - cultivo convencional (aração e gradagem) com aplicação de calcário e gesso; CCC - cultivo convencional com calcário; CMC - cultivo mínimo (com arado escarificador a 0,15 m) e calcário; CMCG - cultivo mínimo com calcário e gesso; PDCG - plantio direto com calcário e gesso (gradagem no 1º ano agrícola - 2000/2001); APC - plantio direto com ausência de preparo e adição de calcário; e APCG - plantio direto com ausência de preparo e adição de calcário e gesso. Os sistemas de manejo em que ocorreu revolvimento completo do solo, funcionaram como impedimento à compactação somente na camada superficial. Na camada de 0,2 a 0,6 m, não houve diferença entre os tratamentos. A densidade do solo não sofreu influência do preparo de solo.

Palavras-chave: mecânica do solo, preparo do solo, resistência do solo à penetração.

SOIL COMPACTION UNDER CONVENTIONAL AND CONSERVATION TILLAGE SYSTEMS

ABSTRACT

The soil management system affects susceptibility to compaction, which is one of the most important causes of soil physical degradation. This study was done to evaluate mechanical resistance to penetration and soil density of a Haplustox (red latosol) soil, covered by Savannah vegetation or cultivated with different tillage systems. The fields were subjected to following tillage systems for five years (in a randomized block design): CCCG - conventional tillage (plough) with application of lime and gypsum; CCC - conventional tillage (plough) with lime; CMC - minimum tillage (0.15 m deep chisel plowing) with lime; CMCG - minimum tillage with lime and gypsum; PDCG - no-tillage (harrowing in the first agricultural year) with lime and gypsum; APC - no-tillage (planted without soil disturbance in the first year) with lime; and APCG - no-tillage (planted without soil disturbance in the first year) with lime and gypsum. The data of the bulk density and soil resistance to penetration suggested that the management systems with ploughing prevented soil compaction only in the superficial layer. In the 0.2 – 0.6 m layer, the cone index was similar among treatments. The management system did not affect soil density.

Keywords: soil mechanics, soil tillage, soil strength.

Recebido para publicação em 12/06/2007. Aprovado em 14/02/2009

1 Eng. Agrícola, Professor Adjunto, Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Umuarama, Cep 38400-902, Uberlândia, MG. E-mail: jpcunha@iciag.ufu.br

2 Estudante do Curso de Agronomia, ICIAG, UFU, Campus Umuarama, Cep 38400-902, Uberlândia, MG.

3 Eng. Agrônomo, Professor Adjunto, ICIAG, UFU, Campus Umuarama, Cep 38400-902, Uberlândia, MG.

4 Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UEG, Cep 75001-970, Anápolis, GO.

INTRODUÇÃO

O uso intensivo de máquinas e implementos na agricultura moderna pode modificar os atributos do solo. Têm sido detectadas camadas compactadas subsuperficiais causadas pelo intenso tráfego de máquinas agrícolas, que provocam pressões na superfície do solo, degradando a sua estrutura (MANTOVANI, 1987).

Uma exigência para o bom desenvolvimento das culturas é um solo com ótimas condições físicas, dentre elas: distribuição adequada de espaços porosos, otimizando a disponibilidade de água e trocas gasosas, proporcionando o desenvolvimento das raízes sem impedimentos mecânicos, e temperaturas adequadas. Entretanto, as atividades relacionadas com a produção agrícola causam modificações, principalmente na estrutura do solo, causando restrições ao desenvolvimento do sistema radicular por meio da compactação.

A compactação do solo pode ser definida como uma alteração no arranjo de suas partículas constituintes, reduzindo o volume ocupado por uma determinada massa do solo e o tamanho dos poros que permitem livre circulação de água e ar, chamados macroporos (CAMARGO & ALLEONI, 1997). Tal alteração resulta na modificação de outros atributos físicos do solo, tais como, densidade do solo, resistência do solo à penetração e porosidade total do solo, podendo afetar o crescimento e o desenvolvimento radicular.

Os sistemas de manejo têm grande influência nas propriedades físicas do solo e estão relacionados com a compactação. O sistema de plantio direto é uma técnica eficiente no controle da erosão do solo, quando comparado com o sistema convencional, contudo, alguns estudos indicam uma maior compactação no sistema de plantio direto, provocada pelo efeito cumulativo do tráfego de máquinas e acomodação natural das partículas sólidas (SILVA et al., 2000).

O monitoramento da compactação do solo é uma ferramenta imprescindível ao planejamento das práticas de cultivo a serem adotadas, visando

maximizar a rentabilidade agrícola (TORRES & SARAIVA, 1999). A resistência do solo à penetração e a densidade do solo são utilizadas principalmente para definir níveis a partir dos quais o solo está compactado e requer medidas corretivas, para garantir o bom desenvolvimento das culturas.

A penetrometria é considerada um método apropriado para avaliar a resistência do solo à penetração de raízes, segundo Bengough & Mullins (1990), apesar das diferenças marcantes existentes entre uma raiz e um cone metálico. O ideal é a mensuração da resistência real encontrada pelas raízes, realizada por meio de métodos diretos, entretanto, as dificuldades práticas têm levado os pesquisadores a utilizarem o penetrômetro em sua investigação. A facilidade aliada à rapidez na obtenção dos resultados, além da possibilidade de um maior número de repetições, são as principais vantagens do uso do penetrômetro. A resistência à penetração, medida com penetrômetro, expressa como índice de cone, é a relação entre a força exercida para fazer penetrar um cone metálico no solo e sua área basal (BRADFORD, 1986).

A resistência do solo ao penetrômetro é um índice integrado pela compactação do solo, teor de água, textura e tipo de argila e dos outros minerais que constituem o solo. Portanto, é uma determinação muito relacionada com o estado de consistência e estrutura do solo (TORRES & SARAIVA, 1999).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência do solo à penetração e a densidade do solo de um Latossolo Vermelho distrófico, cultivado cinco anos sob diferentes sistemas de preparo do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na Fazenda Experimental do Glória, localizada no município de Uberlândia – MG, pertencente à Universidade Federal de Uberlândia, em um Latossolo Vermelho distrófico típico. 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 0,5 m de profundidade está em torno de 22°C, sendo classificado pela Soil Taxonomy como "Isohyperthermic" (EMBRAPA, 1982).

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos casualizados, com sete tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos analisados foram: CCCG - cultivo convencional (aração e gradagem) com aplicação de calcário e gesso; CCC - cultivo convencional com calcário; CMC - cultivo mínimo (com arado escarificador a 0,15 m) e calcário; CMCG - cultivo mínimo com calcário e gesso; PDCG - plantio direto com calcário e gesso, e aração seguida de gradagem no ano da implantação (2000/2001); APC - plantio direto com ausência total de preparo e adição de calcário; e APCG - plantio direto com ausência total de preparo com adição de calcário e gesso. Cada parcela experimental mediu 11 metros de largura por 25 metros de comprimento.

A aplicação de calcário, em cada ano agrícola, para todas as parcelas foi realizada de acordo com os resultados de análises do solo, em quantidade necessária para atingir saturação de base entre 50% e 60%. As parcelas que receberam gesso, conforme preconizam os tratamentos, foram aplicadas junto ao calcário em dose baseada na textura do solo (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG, 1999).

A condução da área, de acordo com os sete tratamentos apresentados, iniciou-se na safra 2000/2001, sendo cultivada na rotação soja (*Glycine max* L.) e milho (*Zea mays* L.), como culturas principais, e capim-braquiaria (*Brachiaria decumbens*) como cobertura de inverno nas parcelas com sistemas conservacionistas, e pousio no sistema convencional. Na área predominava originalmente vegetação de cerrado sob uso de pastagem, com sinais de degradação, tendo em vista a substituição das espécies forrageiras desejáveis por outras de menor valor forrageiro, com reflexos na produção animal. Os plantios

anuais foram realizados mecanicamente, por meio de uma semeadora-adubadora tratorizada.

Após cinco anos de cultivo, foi avaliada a densidade do solo e a resistência do solo à penetração em duas condições de umidade: 14,1 kg kg⁻¹ e 21,2 kg kg⁻¹. A resistência do solo à penetração foi determinada nas profundidades de 0,0 a 0,6 m, empregando-se um penetrômetro eletrônico Falker PLG 1020, com sistema de aquisição automático de dados, seguindo-se a norma ASAE S 313.3 (ASABE, 2006). A velocidade de penetração da haste foi mantida próxima a 30 mm s⁻¹, de acordo com a instrumentação do aparelho. Utilizou-se um cone com diâmetro de 12,83 mm e ângulo de penetração de 30°. A resolução do equipamento era de 0,0077 MPa e o índice de cone máximo permitido de 7,7 MPa.

A amostragem foi realizada em cinco pontos aleatórios de cada parcela, obtendo-se os dados de resistência do solo à penetração com resolução de medida de profundidade de 0,01 m. Posteriormente, foi calculado o índice de cone para as profundidades de 0,0 a 0,2 m, 0,2 a 0,4 m e 0,4 a 0,6 m.

A avaliação do teor de água do solo foi realizada pelo método da estufa. A densidade do solo foi determinada 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 80 cm³. Foram retiradas amostras de 0,00 a 0,05 m, 0,05 a 0,15 m e 0,15 a 0,30 m.

A análise estatística dos dados foi realizada utilizando de análise de variância seguida do teste de Scott-Knott, a 5% de significância, por meio do programa Sisvar (Versão 4.3).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Juntamente às leituras de resistência do solo à penetração, foram tomados dados do teor de água do solo. Observou-se que, no perfil analisado (0,0 a 0,6 m), esse teor estava homogêneo em todos

os sistemas de preparo do solo, em cada época de amostragem.

No Quadro 1, é apresentado o efeito dos diferentes manejos na resistência do solo à penetração, considerando o teor de água do solo médio de 14,1 kg kg⁻¹. Percebe-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos nas profundidades de 0,2 a 0,4 m e de 0,4 a 0,6 m. Na camada superficial (0,0 a 0,2 m), os tratamentos com cultivo convencional apresentaram índice de cone inferior aos demais tratamentos. O revolvimento do solo promovido pela aração e pela gradagem na camada superficial rompe a estrutura do solo, alterando a continuidade dos poros e reduzindo a resistência do solo à penetração.

Os efeitos diferenciados dos sistemas de preparo ao longo do perfil do solo devem-se à sua ação individualizada na camada mobilizada de solo. A maior compactação subsuperficial pode ser atribuída à própria ferramenta de preparo do solo, que promove um espelhamento logo abaixo do ponto de contato da máquina com o solo. A ocorrência da compactação da camada subsuperficial já foi relatada por Prado et al. (2002). Schaefer et al. (2001) mostram que, em sistemas conservacionistas, há uma boa conexão entre os macroporos, sem revelar descontinuidade entre a superfície e as camadas inferiores.

A formação de camadas adensadas e, ou, compactadas superficiais em solos intensivamente cultivados, tem sido atribuídas pela restrição ao aprofundamento radicular e pela erosão. A maior

resistência mecânica do solo à penetração deve-se ao não revolvimento do solo, que ano após ano acumula pressões pelo tráfego de máquinas e, ainda, pela acomodação natural das partículas (CARVALHO JÚNIOR et al., 1998). Com o passar dos anos, sua resistência à penetração pode vir a diminuir, devido em parte, ao aumento do conteúdo de matéria orgânica na camada superficial, favorecendo a melhoria da estrutura.

Nas parcelas com ausência de preparo, nota-se, na camada de 0,0 a 0,2 m, índice de cone superior a 2,0 MPa, o que pode dificultar o desenvolvimento das raízes de várias culturas. Segundo Tormena & Roloff (1996), valores de resistência do solo à penetração acima de 2,0 MPa são considerados impeditivos para o crescimento de raízes no solo. No caso das plantas, camadas de solo muito compactadas dificultam a penetração das raízes e, conseqüentemente, promovem uma redução no volume de solo explorado pelas mesmas, deixando as plantas suscetíveis à falta de água e nutrientes.

A realização da gessagem não interferiu nos atributos avaliados, tendo em vista que não houve diferença entre os tratamentos com calagem e gessagem dos tratamentos somente com calagem. Borges et al. (1997) observaram que doses elevadas de gesso, em solos com camada subsuperficial compactada, promoveram efeito floculante no solo. No entanto, as respostas às doses de gesso, visando-se melhoria das características físicas do solo, dependem do uso a que este estiver sendo submetido (ROSA JÚNIOR et al., 2007).

Quadro 1. Efeito dos diferentes preparos de solo no índice de cone médio para as profundidades de 0,0 a 0,2 m, 0,2 a 0,4 m e 0,4 a 0,6 m⁵.

Tratamento	Índice de Cone (MPa)		
	Profundidade		
	0,0-0,2 m	0,2-0,4 m	0,4-0,6 m
CCCG	0,609a	2,010a	1,335a
CCC	0,694a	1,980a	1,427a
CMC	1,541b	1,800a	1,194a
CMCG	1,645b	1,815a	1,187a
PDCG	1,667b	1,772a	1,243a
APC	2,028b	1,916a	1,286a
APCG	3,056b	1,825a	1,373a

6

⁵ Considerando um teor de água do solo médio de 14,1 kg kg⁻¹

⁶ Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

De acordo com a Figura 1, observa-se uma camada compactada na profundidade de 0,2 a 0,3 m, o que pode impedir a penetração do sistema radicular. Isso ocorreu em todos os sistemas avaliados, diferindo apenas nos valores,

mas todos acima de 2,0 MPa, valor considerado como limitante para o desenvolvimento de várias culturas. Especial atenção deve ser dada aos sistemas com ausência de revolvimento do solo, para evitar problemas com compactação.

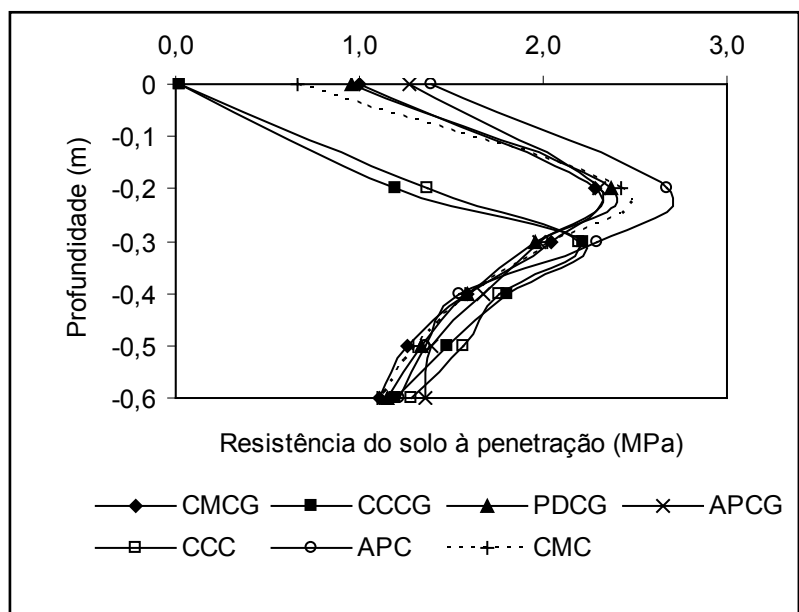


Figura 1. Efeito dos diferentes preparos de solo na resistência à penetração para a profundidade de 0,0 a 0,6 m.⁷

No Quadro 2, é apresentado o efeito dos diferentes manejos na resistência do solo à penetração, considerando um teor de água do solo médio de 21,2 kg kg⁻¹. Percebe-se um comportamento dos tratamentos semelhante ao apresentado para o teor de água de 14,1 kg kg⁻¹, no entanto, com magnitude de valores menor. O aumento do teor de água do solo promove uma lubrificação das partículas do solo, o que faz com que ocorra uma redução na resistência à penetração.

Os solos com baixos teores de água têm maior resistência à compactação, devido a sua maior capacidade de suporte de carga (KONDO & DIAS JÚNIOR, 1999). Seixas (2000) observou que o aumento do teor de água do solo resulta em redução da densidade do solo, causando destruição na estrutura do solo. Ele afirma que os efeitos do conteúdo de água alteram-se de acordo com as características do solo e o esforço de compactação aplicado sobre este.

Se o teor de água do solo aumenta, a resistência à compactação diminui, devido à maior lubrificação das partículas do solo.

As diferenças de resistência do solo à penetração entre os sistemas de manejo do solo foram maiores quando o solo estava mais seco (Figura 2), concordando com o trabalho de Silva et al. (2000). Com baixos teores de água, o solo é, geralmente, duro e muito coerente, devido ao efeito de cimentação entre partículas secas, aumentando assim os valores de resistência à penetração (Quadro 1). À medida que ocorre aumento no teor de água, as moléculas de água passam a ser adsorvidas pelas superfícies das partículas, decrescendo a atuação da coesão e levando o solo ao estado de friabilidade, reduzindo assim a resistência do solo à penetração (Quadro 2). Essa faixa de teor de água é considerada, para fins de trabalho mecânico sobre o solo, como a ideal.

⁷ Considerando um teor de água do solo médio de 14,1 kg kg⁻¹

Quadro 2. Efeito dos diferentes preparos de solo no índice de cone médio para as profundidades de 0,0 a 0,2 m, 0,2 a 0,4 m e 0,4 a 0,6 m.⁸

Tratamento	Índice de Cone (MPa)		
	Profundidade		
	0,0-0,2 m	0,2-0,4 m	0,4-0,6 m
CCCG	0,729a	1,872a	1,224a
CCC	0,757a	1,426a	0,930a
CMC	0,997b	1,447a	1,084a
CMCG	1,170b	1,602a	1,037a
PDCG	1,206b	1,538a	1,008a
APC	1,177b	1,730a	1,119a
APCG	1,158b	1,705a	1,040a

9

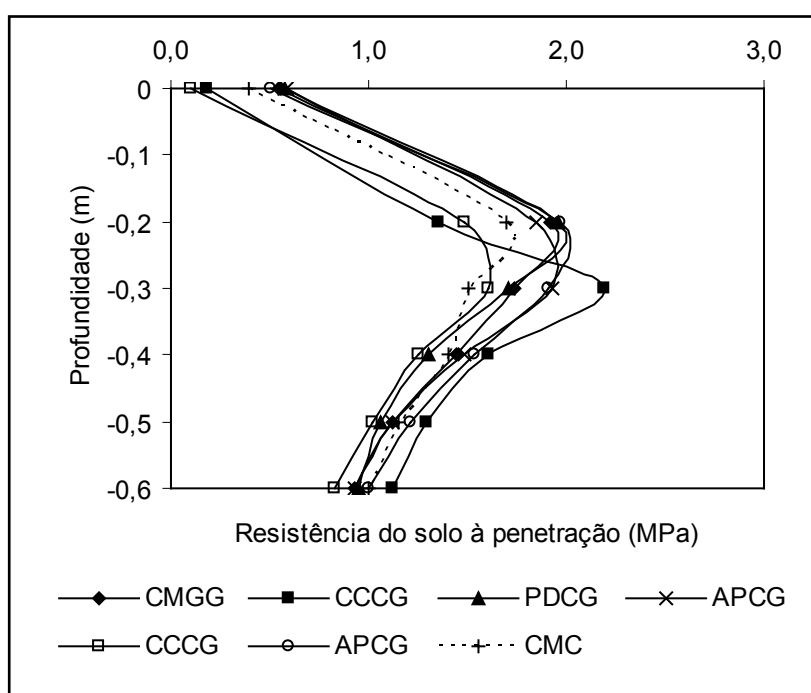


Figura 2. Efeito dos diferentes preparos de solo na resistência à penetração para a profundidade de 0,0 a 0,6 m.¹⁰

No Quadro 3, é apresentado o efeito dos diferentes manejos na densidade do solo. Nota-se que não houve diferença significativa entre tratamentos nas profundidades avaliadas. Avaliando-se o comportamento da densidade e da resistência do solo à penetração nos diferentes tratamentos, percebe-se que não houve uma correlação muito clara, principalmente na camada de 0,0 a 0,2 m. Segundo Larson (1964), a ausência de correlação entre essas duas variáveis deve-se ao fato de que a densidade do solo não é uma medida direta da

resistência do solo à penetração, pois não mede o tamanho dos poros e rigidez do solo.

Nos sistemas de mínimo revolvimento do solo, como PDCG e APCG, obtiveram-se altos índices de densidade. Vale ressaltar também que, na camada de 0,05 a 0,15 m, não houve diferença entre os diferentes tipos de preparo, porém, observaram-se altos valores de densidade, evidenciando a compactação de subsuperfície.

Sobre a utilização da calagem e gessagem, essas não influenciaram os resultados. Provavelmente,

⁸ Considerando um teor de água do solo médio de 21,2 kg kg⁻¹

⁹ Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

¹⁰ considerando um teor de água do solo médio de 21,2 kg kg⁻¹

a dose de gesso utilizada no presente trabalho não tenha sido suficiente para proporcionar os benefícios esperados pela aplicação do gesso agrícola (COSTA et al., 2007).

O conceito de um valor crítico de densidade do solo no qual o crescimento de raízes é prejudicado tem sido suportado como o

atributo físico importante, que caracteriza o crescimento de raízes em solos compactados. No entanto, alguns pesquisadores sugerem que a densidade do solo não é o fator mais limitante ao crescimento radicular, mas sim a resistência que o solo oferece ao crescimento das raízes, determinada por um penetrômetro (SILVA et al., 2000).

Quadro 3. Efeito dos diferentes preparos de solo na densidade do solo, para as profundidades de 0,00 a 0,05 m, 0,05 a 0,15 m e 0,15 a 0,30 m

Tratamento	Densidade do solo (kg dm ⁻³)		
	Profundidade		
	0.00-0.05 m	0.05-0.15 m	0.15-0.30 m
CCCG	1,55a	1,63a	1,59a
CCC	1,52a	1,50a	1,58a
CMC	1,43a	1,59a	1,47a
CMCG	1,53a	1,57a	1,57a
PDCG	1,59a	1,56a	1,56a
APC	1,53a	1,58a	1,56a
APCG	1,58a	1,62a	1,66a

CONCLUSÕES

- Os sistemas de manejo em que ocorreu revolvimento completo do solo impediram a compactação somente na camada superficial. Nas camadas mais profundas (0,2 a 0,6 m), não houve diferença de resistência do solo à penetração entre os tratamentos.

- O teor de água do solo influenciou os valores de resistência do solo à penetração, no entanto, o comportamento dos tratamentos foi semelhante entre si nos dois teores avaliados.

- Os sistemas de manejo do solo não alteraram sua densidade.

- A gessagem não influenciou a densidade e a resistência do solo à penetração.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo suporte financeiro que permitiu o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASABE—American Society of Agricultural and Biological Engineers. **Soil cone penetrometer**. ASAE Standard S313.3. St. Joseph: ASABE, 2006. p.902-904.

BENGOUGH, A.G.; MULLINS, C.E. **Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses**. Journal of Soil Science, v.41, n.3, p.341-358, 1990.

BORGES, E.N.; LOMBARDI NETO, F.; CORRÊA, G.F.; FRANÇA, G.V. **Gesso e matéria orgânica na flocculação de argila e na produção de soja em um Latossolo Vermelho Escuro com camada subsuperficial compactada**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.21, n.1, p.119-123, 1997.

BRADFORD, J.M. Penetrability. In: KLUTE, A. (ed.) **Methods of soil analysis: physical, chemical and mineralogical methods**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p.463-478.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: Esalq, 1997. 132p.

CARVALHO JÚNIOR, I.A.; FONTES, L.E.F.; COSTA, L.M. **Modificações causadas pelo uso e formação de camadas compactadas e, ou, adensadas em um Latossolo Vermelho-Escuro textura média, na região do Cerrado**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.22, n.3, p.505-514, 1998.

CFSEMG – Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª Aproximação. Viçosa, 1999. 359p.

COSTA, M.J.; ROSA JUNIOR, E.J.; ROSA, Y.B.C.J.; SOUZA, L.C.F.; ROSA, C.B.C. **Atributos químicos e físicos de um Latossolo sendo influenciados pelo manejo do solo e efeito da gessagem**. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 29, n.5, p. 701-708, 2007.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamentos de reconhecimentos de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro: Embrapa/SNLCS, 1982. 526p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.

KONDO, M.K.; DIAS JÚNIOR, M.S. **Compressibilidade de três latossolos em função da umidade e uso**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.23, n.2, p.211-218, 1999.

LARSON, W.E. **Soil parameters for evaluating tillage needs and operations**. Soil Science Society

of America Proceedings, v.28, n.1, p.118-122, 1964.

MANTOVANI, E.C. **Máquinas e implementos agrícolas**. Informe Agropecuário, v.23, n. 1, p. 56-63, 1987.

PRADO, R.M.; ROQUE, C.G.; SOUZA, Z.M. **Sistemas de preparo e resistência à penetração e densidade de um Latossolo Vermelho Eutrófico em cultivo intensivo e pousio**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, n.12, p.1795-1801, 2002.

ROSA JÚNIOR, E.J.; MARTINS, R.M.; CREMON, C.; ROSA, Y.B.C.J. **Calcário e gesso como condicionantes físico e químico de um solo de cerrado sob três sistemas de manejo**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 36, n.1, p. 37-44, 2006.

SCHAEFER, C.E.G.R.; SOUZA, C.M.; MERNES, F.J.V.; VIANA, J.H.M.; GALVAO, J.; RIBEIRO, L.M. **Características da porosidade de um argissolo vermelho-amarelo submetido a diferentes sistemas de preparo de solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.25, n.3, p.765-769, 2001.

SEIXAS, F. **Compactação do solo devido à colheita de madeira**. Piracicaba: Esalq, 2000, 75p. (Tese de Livre - Docência)

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. **Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo**. Ciência Rural, v.30, n.5, p. 795-801, 2000.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. **Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.20, n.2, p.333-339, 1996.

TORRES, E.; SARAIVA, O.F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58p. (Circular Técnica, 23)