



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE SOLO SOB ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE, HORTA E CAFEZAL

Lays Fabiana dos Santos Costa¹, Evaldo de Melo Ferreira² e Vladia Correchei³

1. Mestranda em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.
E-mail: lays.fabiana@yahoo.com.br
2. Especialista. Mestrando em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.
3. Doutora. Docente no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.

Recebido em: 12/04/2014 – Aprovado em: 27/05/2014 – Publicado em: 01/07/2014

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido em solo sob os seguintes tratamentos: Área de Preservação Permanente (APP) em recuperação com nativas do Cerrado em consórcio com adubos verdes, horta em sistema de Produção Agroecológica e Sustentável (PAES) e plantação de café com dois anos de idade, onde a espécie cultivada é a *Coffea arabica*. As espécies de árvore da APP são: *Apeiba tibourbou*, *Dipteryx alata*, *Inga feuillei*, *Byrsonima crassifolia*, *Guazuma ulmifolia* e *Caryocar brasiliense* em consórcio com *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* e *S. Capitata*-80 %/*S. Macrocephala*-20%. Em outubro de 2013 a horta do PAES tinha *Brassica rapa var. nipposinica*, *Lactuca sativa*, *Coriandrum sativum*, *Cajanus cajan*, *Lactuca sativa L. var. capitata* and *Lactuca sativa var. crispa*. Nesse sistema não são utilizados fertilizantes químicos e a produção é à base de composto. Em todos os três tratamentos foram coletadas amostras indeformadas em que penetrometrias foram realizadas utilizando penetrômetro de impacto. As amostras foram analisadas para determinação da densidade, porosidade e textura do solo. As análises foram realizadas no Laboratório de Física do Solo na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, entre outubro de 2013 e janeiro de 2014. A classe textural dos tratamentos foi classificada como franco siltoso, a porcentagem de argila, areia e silte para o PAES foi 10.44, 45.88 e 43.67%, para a plantação de café foi 16.62%, 44.06% e 39.30% e para a APP 16.35%, 43.66% e 39.97%. Os resultados mostram que a área de menor resistência à penetração foi o PAES, além de ter valores mais altos para a porosidade total, a umidade e a densidade do solo. Os valores de resistência à penetração, porosidade total, umidade e densidade do solo para o plantio e APP não foram estatisticamente diferentes, esses dados mostram que apesar de ser uma área de recuperação, a APP apresenta deterioração acentuada. O mesmo ocorre na plantação onde o solo possui poros compactados e menores, que são prejudiciais ao desenvolvimento das plantas.

PALAVRAS-CHAVE: Estrutura do Solo; Qualidade do Solo; Sistemas abióticos.

PHYSICAL CHARACTERISTICS OF SOIL UNDER PERMANENT PRESERVATION AREA, GARDEN AND PLANTATION

ABSTRACT

This work was developed in a soil on the following treatments: Permanent Preservation Area (PPA) in recovery of native Cerrado in consortium with green manures, vegetable garden in Agroecology and Sustainable Production System (ASPS) and coffee plantation two years old where the cultivated species is *Coffea arabica*. The species of tree of PPA is *Apeiba tibourbou*, *Dipteryx alata*, *Inga feuillei*, *Byrsonima crassifolia*, *ulmifolia Guazuma* and *Caryocar brasiliense* intercropped with *Cajanus cajan*, *Crotalaria juncea* and *S. Capitata-80 %/S. Macrocephala-20%*. In October 2013, the garden had ASPS *Brassica rapa var. nipposinica*, *Lactuca sativa*, *Coriandrum sativum*, *Cajanus cajan*, *Lactuca sativa L. var. capitata* and *Lactuca sativa var. crispa*. In this system no chemical fertilizers are used, and only the production of the base compound. In all three treatments, undisturbed soil samples in which penetrometrias were performed using impact penetrometer were collected. The samples were taken for determination of density, porosity and soil texture. The analyzes were performed at the Laboratory of Soil Physics, Agronomy School, Federal University of Goias, being held between October 2013 and January 2014. The textural class of treatments was classified as silty franc, the percentage of clay, sand and silt for the ASPS was 10.44, 45.88 and 43.67 %, for the plantation 16.62, 44.06, 39.30 PPA% and 16.35, 43.66, 39.97 %. The results show that the area was less resistant to penetration was ASPS, besides having higher values for the total porosity, moisture and soil density. The values of penetration resistance, total porosity, moisture and bulk density for PPA plantation and not statistically different, these data show that, despite being a recovery area, PPA presents with marked deterioration. The same occurs in the plantation where the soil had become compacted and much smaller pores, which may be detrimental to its development.

KEYWORDS: Abiotic systems; Soil quality; Soil structure.

INTRODUÇÃO

Os usos e o manejo interferem diretamente nas propriedades físicas do solo. A adição de matéria orgânica, por exemplo, se traduz em maiores teores de água e em modificações de atributos físicos direta e indiretamente relacionados com o crescimento e a produção das plantas (BLAINSKI et al., 2012). O uso interfere também nos índices de compactação, que representam as condições nas quais poderá ocorrer impedimento ao crescimento radicular de determinada espécie vegetal (LIMA et al., 2013). O tráfego de maquinário responsável pelos cuidados com determinada cultura, em um solo propenso a compactação e alta umidade, também contribui para alterações significativas nos atributos físicos e na qualidade estrutural (OLIVEIRA et al., 2013).

A expansão agrícola é uma das responsáveis pelas alterações negativas no meio ambiente rural. Essa ocorre em determinados casos sem planejamento adequado de uso e manejo do solo, desrespeitando o Código Florestal vigente, com desmatamento descontrolado e ocupação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) que margeiam corpos hídricos, topos de morros e áreas determinadas em lei nacional (MOURA et al., 2013). Pode-se dizer que a mudança da vegetação natural para sistema de exploração agrícola provoca alterações profundas nos atributos do solo (LAGO et al., 2012).

O acompanhamento dos atributos físicos do solo é algo essencial. Alguns dos fatores que determinam a resistência do solo e sua alteração temporal são: número de partículas, distribuição espacial das partículas e distribuição do tamanho dos poros, conteúdo de água à base de volume no solo, distribuição da água, ligações entre partículas e distribuição das ligações (JONG VAN LIER, 2010). Dentre os atributos principais do solo, estão: textura, estrutura, resistência à penetração (compactação), profundidade de enraizamento, capacidade de água disponível (reserva hídrica), percolação (transmissão da água), pH, carbono orgânico, CTC efetiva, N do solo, nutrientes disponíveis para plantas, condutividade elétrica e sais solúveis totais (EMBRAPA, 1999).

De acordo com NIERO et al., (2010): “A medida da qualidade é um valor atribuído ao solo em relação à sua capacidade de cumprir uma função específica”. Usualmente a qualidade do solo é considerada sobre três aspectos: físico, químico e biológico, sendo importantes nas avaliações da extensão da degradação ou melhoria do solo e para identificar a sustentabilidade dos sistemas de manejo (ARATANI et al., 2009).

Com o manejo adequado do solo, alguns problemas podem ser evitados. Ao avaliar as propriedades físicas de um solo relacionando com o manejo, pode-se determinar de maneira mais conclusiva a importância de propriedades como, densidade, na avaliação da qualidade dos solos (BONO et al., 2013).

A produção orgânica de hortaliças é uma das práticas que protegem os recursos naturais e enriquecem o solo com nutrientes benéficos ao meio. Quando realizada em consórcio com práticas conservacionistas, aumenta a capacidade de água disponível (reserva hídrica), carbono orgânico e N do solo. Para ser caracterizada como orgânica, a produção deve contemplar o uso responsável do solo, da água, do ar e dos demais recursos naturais, respeitando as relações sociais e culturais (MAPA, 2013).

Outra cultura com grande potencial de manutenção da qualidade dos recursos naturais é o café, porém, isso não ocorre na maioria das propriedades. Um exemplo de produção ambientalmente adequada do café é a praticada em Alto Paraíso de Goiás. Segundo CAMPOS & VALENTE (2010): “o café de Alto Paraíso de Goiás é produzido tradicionalmente de forma agroecológica e demonstra ser de uma variedade muito antiga – provavelmente *Typica* ou Bourbon”.

Para a conservação do solo existem diversas alternativas, sendo de obrigação do produtor e dos atores sociais envolvidos. A produção orgânica de espécies vegetais é lucrativa e promove a qualidade ambiental ao preservar os recursos naturais.

O presente trabalho teve como objetivo, avaliar as propriedades físicas de solos sob diferentes tratamentos. Os tratamentos utilizados foram: APP em recuperação com nativas do Cerrado em consórcio com adubos verdes, horta em sistema de Produção Agroecológica e Sustentável (PAES) e plantio de *Coffea arabica*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental pertencente à Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (EA-UFG), localizada no município de Goiânia / GO. O clima da região segundo a classificação de Köppen é tropical úmido, Aw, com longa estação seca e precipitações anuais médias de 1600 mm.

A instalação do experimento foi realizada em um solo classificado como Latossolo Vermelho argiloso caulinitico-oxidico (EMBRAPA, 1999) e as características texturais dos tratamentos são mostradas na Tabela 1.

TABELA 1. Caracterização textural e granulométrica dos solos.

Solo	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Classificação
APP	16,37	43,66	39,97	Franco siltoso
Cafezal	16,62	44,06	39,32	Franco siltoso
PAIS	10,44	45,88	43,68	Franco siltoso

Os dados climáticos obtidos durante a condução do experimento estão apresentados na Figura 1.

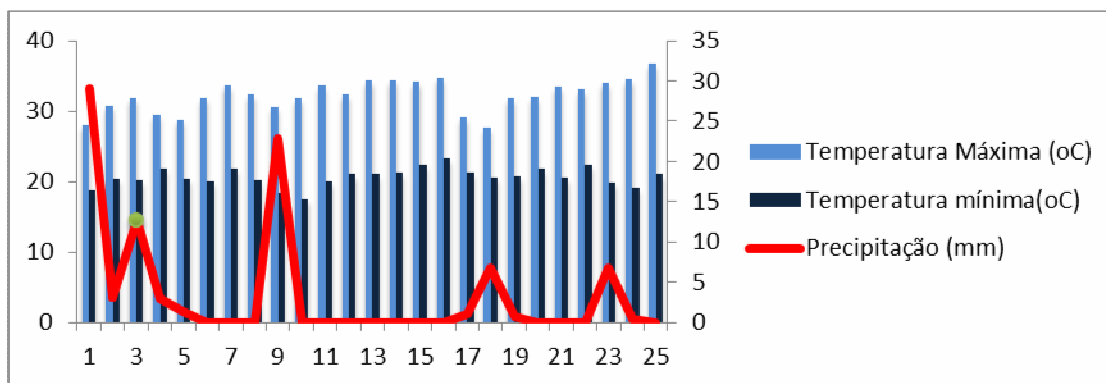


FIGURA 1. Dados diários de temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C) e precipitação (mm) do mês de outubro, coletados na área experimental da Escola de Agronomia, EA – UFG, Goiânia (GO), 2013.

Foram coletadas amostras de solo indeformadas em anéis volumétricos com altura e diâmetro de 0,05 m na camada de 0 a 0,05 m (Horizonte A), utilizando o amostrador volumétrico (Figura 2-b). A penetrometria é uma técnica muito utilizada na verificação de áreas com problemas de compactação, entretanto, existem penetrômetros com diferentes modos de atuação, para o presente estudo foi utilizado o penetrômetro de impacto (Figura 2-a).



FIGURA 2. a)-Estimativa da resistência à penetração em sistema PAES, onde havia o plantio de *Brassica rapa var. nipposinica*, *Lactuca sativa*, *Coriandrum sativum*, *Cajanus cajan*, *Lactuca sativa L. var. capitata* e *Lactuca sativa var. crispa*. b)- Amostragem para análise das propriedades físicas do solo.

Os tratamentos foram os seguintes: Área de Preservação Permanente (APP) em recuperação com uso de arbóreas nativas do Cerrado em consórcio com adubos verdes; Horta em sistema PAIS (Produção Agroecológica Integrada Sustentável). Esse sistema tem como premissa básica o manejo orgânico da produção; Cafezal: Implantado em 2012 e a espécie utilizada é *Coffea arabica*.

Para avaliação da resistência do solo a penetração (RP) foi considerada a profundidade após o primeiro impacto. As leituras foram feitas a cada dois impactos, sendo cinco leituras e 10 impactos por amostra, onde a profundidade foi determinada em centímetros (cm). Os resultados obtidos em impactos dm-1 foram convertidos em resistência dinâmica por meio da equação um (STOLF, 1991):

$$RP = 5,6 + 6,89 (N)$$

Em que RP é a resistência à penetração em kgf cm^{-2} e N é o número de impactos do peso metálico. Os resultados foram obtidos em kgf cm^{-2} e depois multiplicados pela constante 0,0980665 para transformação em Mpa.

Para avaliação da densidade do solo, após a coleta as amostras foram pesadas, obtendo o peso úmido, posteriormente foram levadas para estufa a 105°C por 24 horas, onde no dia seguinte foram novamente pesadas obtendo o peso seco. A densidade do solo é definida como a relação entre a massa de sólidos secos do solo e seu volume total (Equação 2), tendo como unidades de medida no Sistema Internacional Kg m^{-3} ou g cm^{-3} .

$$D_s = m_s / v_s$$

Onde:

D_s : Densidade do solo;
 m_s : massa do solo seco;
 v_s : volume do solo.

A Umidade do Solo: Determinada pela equação três.

$$U_g = [(massa\ do\ solo\ úmido) / (Massa\ do\ solo\ seco)] \times 100$$

$$U_v = (U_g \times D_s) \times 100$$

Onde:

U_g: Umidade gravimétrica do solo;

U_v: Umidade volumétrica do solo.

Na avaliação da macroporosidade e microporosidade, utilizou-se o método da mesa de tensão. As amostras de solo obtidas por meio do anel volumétrico foram protegidas na parte inferior por um disco de tecido permeável e colocadas em bandeja com água até a metade da altura do anel para saturar. Em seguida as amostras foram retiradas da água, pesadas (P1) e posteriormente colocadas sobre a mesa de tensão. A mesa de tensão retira a água dos macroporos (poros com diâmetro maior que 0,05 mm). Após esse período as amostras foram novamente submetidas à pesagem (P2) e depois levadas a estufa a 105°C por 24 horas, sendo novamente pesadas (P3). Com os pesos, procederam-se os cálculos, em que foram obtidos o volume de macro e microporos contidos nas amostras.

$$\text{Macroporosidade} = (P1 - P2) \times 100 / V$$

$$\text{Microporosidade} = (P2 - P3) \times 100 / V$$

Onde:

P1: peso do solo saturado com água (g);

P2: peso da amostra após ser submetida a uma tensão de 60 cm de coluna d'água (g);

P3: peso da amostra seca em estufa a 105°C (g);

V: volume do cilindro.

Para a realização da análise de textura o solo de cada anel foi peneirado em malha de dois milímetros (2 mm) e então adicionado as fracos com solução de NaOH. Esse material foi agitado por 12 horas, a uma velocidade de 140 rotações por minuto (140 rpm). A areia foi separada da argila e do silte, em peneira de 0,106mm. Essa ficou secando em estufa por cinco dias. As amostras restantes dessa última fase foram levadas para provetas e agitadas 40 vezes, onde a leitura com densímetro foi feita após sete horas. O que ficou na estufa por cinco dias, foi peneirado durante 10 minutos em peneira com malha de diâmetro igual a dois mm, um mm, 0,5 mm, 0,250 mm e 0,106 mm. Esses dados auxiliaram na determinação do percentual de silte.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 10 repetições para cada tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade para os tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios da Porosidade Total ($m^3 m^{-3}$), Macroporosidade, ($m^3 m^{-3}$), Microporosidade ($m^3 m^{-3}$), Densidade do solo ($Mg m^{-3}$) e Umidade (%) das áreas cultivadas com hortícolas, café e de uma área de preservação permanente (APP), para a profundidade de 0-5 cm, são mostrados na Tabela 2.

TABELA 2. Propriedades físicas de solos em diferentes usos, utilizando a média de 10 repetições.

Local	PT	Ma	Mi	Ds	U
		m ³ m ⁻³		Mg m ⁻³	(%)
APP	0,65 b	0,28 b	0,37 b	1,87 b	9,85 b
Café	0,63 b	0,30 b	0,33 b	1,87 b	11,46 b
PAIS	0,78 a	0,35 a	0,43 a	1,79 a	24,95 a
Desvio Padrão	0,021	0,027	0,018	0,084	4,04
CV (%)	6,99	7,18	5,98	3,63	26,32

APP: Área de preservação permanente; PT: Porosidade Total; Ma: Macroporosidade; Mi: Microporosidade; Ds: Densidade do solo; U: Umidade. Médias seguidas da mesma letra em cada coluna não diferem de si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na APP e na área cultivada com café observa-se uma redução significativa da Porosidade Total, em comparação com a área de horta. Em resultados obtidos por LIPIEC & HATANO (2003) e YAVUZCAN et al. (2005), a redução dos macroporos deveu-se ao colapso da estrutura do solo, reduzindo o volume dos poros de maior tamanho devido à carga excessiva aplicada ao solo pelas operações mecanizadas, principalmente na área com cultivo de café. Desse modo a ocorrência do processo de compactação pode causar deformação dos agregados do solo, reduzindo os poros de maior tamanho. Vale ressaltar que a área com APP estava degradada e com resquícios de antigas construções.

Segundo KIEHL (1979), um solo em condições ideais deve apresentar um terço da porosidade total formada por macroporos e os dois terços restantes por microporos, estabelecendo uma relação macroporos/microporos igual a 0,5. Em latossolos intemperizados, com baixa capacidade de armazenamento de água para as plantas, a compactação do solo poderia ser benéfica em termos de retenção de água, dentro de certos limites, pela transformação de parte dos macroporos em microporos (RESENDE et al., 2007).

Os resultados mostram comportamentos semelhantes para os solos da área com café e da área de preservação permanente (APP) em relação à variação da densidade. Foi observado pela análise dos valores médios que a densidade do solo da horta em sistema PAES, manteve-se inferior em relação aos outros dois tratamentos, provavelmente ocorreu em decorrência do maior teor de matéria orgânica. Este aspecto confirma resultados anteriores, os quais evidenciaram o papel de materiais orgânicos no condicionamento físico de um solo (SANTOS et al., 1995).

O solo da área com café sofreu operações agrícolas, o que o diferenciou fisicamente, evidenciando os efeitos resultantes da movimentação de máquinas e implementos agrícolas consequentes do tipo de operação submetida a esse solo. Os resultados de resistência do solo à penetração, obtidos com o penetrômetro de impacto, são apresentados na Figura 03.

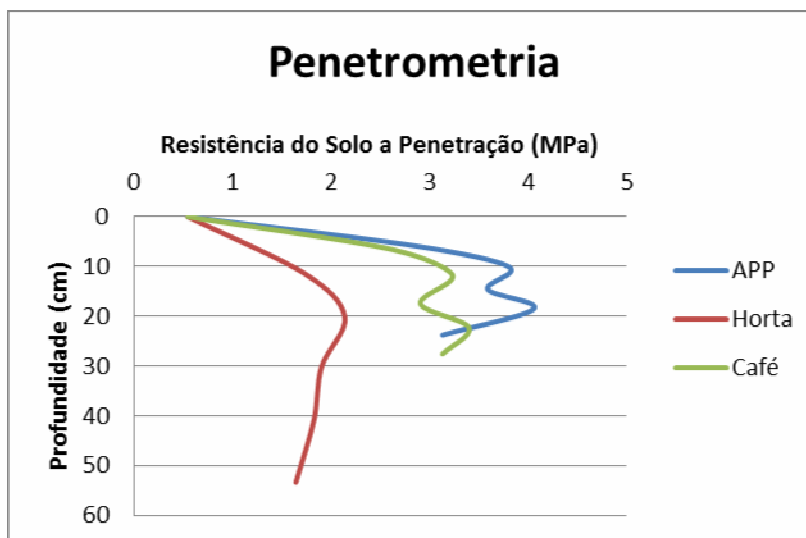


FIGURA 3. Resistência do solo a penetração em APP em recuperação com nativas do Cerrado em consórcio com adubos verdes, horta em sistema PAES e cafezal.

A condição de menor resistência penetração na camada superficial do solo submetido ao cultivo de hortaliças é devida ao constante revolvimento deste solo para o cultivo de vegetais. A área de preservação permanente sofreu influência antrópica, situação indesejável, fato que levou aos altos valores de resistência a penetração e densidade do solo.

Partindo do pressuposto de que a resistência à penetração do solo varia com a umidade e a densidade, observou-se que existe relação positiva entre a resistência a penetração e a densidade do solo. Enquanto que houve relação negativa entre resistência a penetração e o conteúdo de água no solo (Tabela 02), exceto para área com hortaliças.

Pode-se observar que a resistência do solo até 30 cm foi maior na área de preservação permanente, seguida pela área com cultivo de café, mostrando um provável efeito negativo advindo do manejo inadequado do solo. A partir de 30 cm os valores de resistência mostram-se significativamente inferiores na área com hortaliças. Esses dados podem ser afirmados pela tabela 2, pois com o aumento da umidade no solo, há uma diminuição na resistência a penetração. A área de hortaliças possui irrigação diária o que não acontece nas demais áreas, favorecendo a diminuição da resistência do solo à penetração devido a maior umidade do solo.

Valores entre dois e dois e meio Mpa têm sido indicados como os limites críticos de resistência à penetração para a maioria dos vegetais. Assumindo o valor de 2,5 Mpa como o limite crítico ao crescimento das raízes (CAMARGO & ALLEONI, 1997).

A dependência da resistência à penetração com a umidade tem sido estudada por diversos autores para um modelamento desta relação. Estes atributos físicos apresentam bom desempenho como indicadores da qualidade do solo, distinguindo os efeitos proporcionados pelos sistemas de manejo em relação ao sistema em equilíbrio, contribuindo para o monitoramento do manejo ambientalmente adequado dos solos da região dos cerrados. O manejo do solo ocasiona alterações em sua estrutura, resultando em maior ou menor grau de compactação que afeta

diretamente características físicas como densidade e resistência à penetração (GOEDERT et al., 2002).

CONCLUSÃO

A resistência do solo a penetração mostrou-se altamente relacionada com o teor de água e densidade do solo. O incremento na densidade do solo e a diminuição no teor de água provocaram aumento significativo da resistência à penetração. A porosidade total foi maior para a horta em sistema PAES, o que contribuiu para a maior retenção e disponibilidade de água, além de aumentar o arejamento, diminuindo a compactabilidade do solo e consequentemente proporcionando maior estabilidade de agregados.

REFERÊNCIAS

ARATANI, R. G; FREDDI, O. S; CENTURION, J. F; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um latossolo vermelho acriférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 3, p. 677-687, maio/jun. 2009.

BLAINSKI, É; TORMENA, C. A; GUIMARÃES, R. M. L; NANNI, M. R. Qualidade física de um latossolo sob plantio direto influenciada pela cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 79-87, jan./fev. 2012.

BONO, J. A. M; MACEDO, M. C. M; TORMENA, C. A. Qualidade física do solo em um latossolo vermelho da região sudoeste dos cerrados sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 743-753, maio/jun. 2013.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento de plantas**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 132p.

CAMPOS, J. I; VALENTE, A. L. E. F. A construção do mercado para o café em Alto Paraíso de Goiás. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 48, n. 1, p. 23-40, jan./mar. 2010.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq, 1999. 412p.

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

JONG VAN LIER, Q. (Editor). **Física do Solo**. 1. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. 298p.

KIEHL, E.L. **Manual de edafologia**. São Paulo, Ceres, 1979. 262p.

LAGO, W. N. M; LACERDA, M. P. C; NEUMANN, M. R. B. Indicadores de qualidade dos solos na microbacia do Ribeirão Extrema, Distrito Federal: parte II. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 721-729, jul. 2012.

LIMA, R. P; LEÓN, M. J. D; SILVA, A. R. Comparação entre dois penetrômetros na avaliação da resistência mecânica do solo à penetração. **Revista Ceres**, v. 60, n. 04, p. 577-581, jul./ago. 2013.

LIPIEC, J. & HATANO, R. Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. **Geoderma**, 116:107-136, 2003.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA – MAPA. **Orgânicos**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/organicos>>. Acesso em: 01 out. 2013.

MOURA, L. N. A; LACERDA, M. P. C; RAMOS, M. L. G. Qualidade de Organossolo sob diferentes usos antrópicos em áreas de preservação permanente no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 33-39, jan. 2013.

NIERO, L. A. C; DECHEN, S. C. F; COELHO, R. M; MARIA, I. C. Avaliações visuais como índice de qualidade do solo e sua validação por análises físicas e químicas em um latossolo vermelho distroférico com usos e manejos distintos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p. 1271-1282, jul./ago. 2010.

OLIVEIRA, P. R; CENTURION, J. F; CENTURION, M. A. P. C; ROSSETI, K. V. FERRAUDO, A. S; FRANCO, H. B. J; PEREIRA, F. S; BÁRBARO JÚNIOR, L. S. Qualidade estrutural de um latossolo vermelho submetido à compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 604-612, maio/jun. 2013.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B. & CORRÊA, G.F. **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. 5.ed. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2007. 322p.

SANTOS, H.P.; TOMM, G.O.; LHAMBY, J.C.B.; Plantio direto versus convencional: efeito na fertilidade e no rendimento de grãos de culturas em rotação com cevada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, p. 449, 1995.

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**, v. 15, p. 229-235, 1991.

YAVUZCAN, H.G.; MATTHIES, D. & AUERNHAMMER, H. Vulnerability of Bavarian silty loam soil to compaction under heavy wheel traffic: Impacts of tillage method and soil water content. **Soil Till. Res.**, 84:200-215, 2005.