

RESISTÊNCIA MECÂNICA À PENETRAÇÃO DO SOLO COM DIFERENTES COBERTURAS VEGETAIS SOB SISTEMA

Atila Reis da SILVA⁽¹⁾, Luziano Lopes da SILVA⁽²⁾, Joaquim José FRAZÃO⁽³⁾,
Fabricio Henrique Moreira SALGADO⁽⁴⁾, Marciana Cristina da Silva⁽⁵⁾, Vladia
CORRECHEL⁽⁵⁾

Resumo: Os diversos sistemas de cultivo e manejo dos solos alteram seus atributos físicos, com reflexos em sua sustentabilidade. Objetivou-se com esse trabalho avaliar a resistência de um Plintossolo Háplico à penetração mecânica em quatro profundidades, sob diferentes usos (cultivo antecessor, leguminosas e vegetação espontânea) em um Sistema Agroflorestal. Foram feitas penetrometrias e coletadas amostras para avaliação do teor de água no solo, em uma área de 3.000 m². Nos sistemas de uso nos quais havia leguminosa mostraram um menor valor de resistência a penetração. O sistema de cultivo influenciou os valores de resistência do solo a penetração mecânica, bem como o teor de água do solo.

Palavras-chave: Compactação, indicador de qualidade física do solo, cobertura vegetal, agrofloresta

STRENGTH MECHANICAL PENETRANCE OF SOIL WITH DIFFERENT PLANT UNDER COVER SYSTEM

Abstract: The different cropping systems and land management change their physical attributes, reflected in its sustainability. The objective of this study was to evaluate the resistance of a Plintossolo Háplico (Entisols) penetration mechanics in four depths, under different land uses (cultivation predecessor, legumes and weeds) in an Agroforestry System. Penetrometrias were made and collected samples for evaluation of water content in the soil in an area of 3,000 m². In use systems in which there legume showed a lower value of penetration resistance. The cultivation system influenced values soil resistance to mechanical penetration, as well as the water content of the soil.

Key Words: soil compaction, an indicator of soil physical quality, plant under cover, agroforestry

⁽¹⁾ Estudante de doutorado, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás (UFG), CEP 74001-970, Goiânia, GO, Brasil, atilareis@gmail.com

⁽²⁾ Estudante de doutorado, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Tocantins (UFT), CEP 77402-970, Gurupi, TO, Brasil.

⁽³⁾ Estudante de mestrado, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás (UFG), CEP 74001-970, Goiânia, GO, Brasil.

⁽⁴⁾ Estudante de doutorado, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás (UFG), CEP 74001-970, Goiânia, GO, Brasil.

⁽⁴⁾ Estudante de doutorado, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás (UFG), CEP 74001-970, Goiânia, GO, Brasil.

⁽⁶⁾ Professor Adjunto III, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Goiás (UFG), CEP 74001-970, Goiânia, GO, Brasil

INTRODUÇÃO

Em uma área cultivada existem, além da variabilidade natural, fontes adicionais de heterogeneidade no solo devido às diferentes formas de manejo exercidas pelo homem (Camargo et al. 2010). Os solos sob Cerrado, em sua maioria, apresentam propriedades particulares que limitam o crescimento das raízes das plantas e exigem práticas de manejo adequadas. São solos de baixa capacidade de troca de cátions (CTC), com acidez elevada e baixo teor de nutrientes, em especial, fósforo. Apresentam alto grau de intemperização e lixiviação, com problemas de acidez e deficiência de nutrientes em todo perfil (Sousa e Lobato, 2004).

Com passar do tempo devido a intensa interferência antrópica os sistemas de manejo conservacionistas criam um ambiente no solo diferente do encontrado no sistema convencional, devido ao efeito dos resíduos mantidos em superfície e reduzida movimentação do solo, o que promove maior variabilidade espacial de suas propriedades. Essa variabilidade, espacial e temporal das propriedades do solo, resulta da interação de processos que comandam os fatores responsáveis

por sua formação. Ao cultivar o solo, fontes adicionais de heterogeneidade são originadas pelo efeito antrópico (Carvalho et al., 2003).

Mesmo em uma área considerada uniforme, ainda se verifica certa heterogeneidade dos atributos químicos e físicos do solo, associados a outros fatores: topografia, cor do solo, que indica sua mineralogia e grau de intemperismo e a vegetação (Montezano et al., 2006).

Os Sistemas Agroflorestais (SAF's), caracterizados principalmente pela combinação de espécies florestais com cultivos agrícolas e adicionados ou não às atividades pecuárias (Lima et al., 2010). A presença de componentes florestais arbóreos nos SAF's adicionados a uma grande biodiversidade de espécies, propicia a deposição contínua de resíduos vegetais, o que facilita a manutenção da matéria orgânica do solo (Oelbermann et al., 2006; Smiley & Kruschel, 2008) afetando diretamente os atributos físicos (Saha et al., 2001).

Entre as propriedades físicas do solo utilizadas para avaliar sua qualidade, a resistência do solo à penetração têm sido usada para avaliar sistemas de uso e manejo, por estar

relacionada ao crescimento das plantas e ser de fácil determinação (Lima et al., 2006). Ainda, a resistência do solo à penetração apresenta correlação com o crescimento radicular, destacando-se como a melhor estimativa do impedimento mecânico ao crescimento radicular (Carvalho et al., 2006) e como um indicador tão sensível à compactação do solo (Freddi et al., 2009), quanto sua densidade global.

O uso da estimativa da resistência do solo a penetração é eficiente na identificação da compactação quando acompanhado da determinação do teor de água no solo na ocasião da estimativa da RP e da densidade do solo (Freddi et al., 2006), pois a RP varia de forma inversamente proporcional ao grau de teor de água no solo e diretamente com a densidade do solo.

O estabelecimento de um valor crítico da resistência do solo à penetração para o crescimento radicular depende do tipo de solo e da espécie cultivada. Taylor et al. (1966) e Tormena et al. (1999) estabeleceram o valor de resistência à penetração de 2,0 MPa como impeditivo ao desenvolvimento do sistema radicular da maioria das culturas. No entanto há

indicações de culturas que se desenvolvem normalmente até valores superiores a 3,0 MPa (Beuther e Centurion, 2003). Vale lembrar que plantas nativas intrínsecas da região onde predominam solos naturalmente densos podem suportar valores mais expressivos.

O uso agrícola do solo pode provocar alterações na resistência do solo à penetração, modificando-a de forma negativa, quando ocorre degradação de sua estrutura. Desta forma, solos cultivados ou pastejados, em geral, apresentam maior resistência à penetração quando comparados com solos sob vegetação natural ou sistemas conservacionistas (Aquiari, 2008)

Pedrotti et al. (2001); Ralisch et al. (2008) estudaram a resistência do solo à penetração sob sistemas de plantio direto e verificaram redução desses valores praticamente em todas as profundidades, com o passar dos anos. Campos & Alves (2005) estudando resistência do solo à penetração em condições naturais (cerrado) se apresentou sem limitação ao crescimento das raízes, pois a classe de resistência do solo à penetração é muito baixa (< 1,1 MPa) e valores acima de 2,5 MPa com teor de água

próximo a $9,70 \text{ m}^3/\text{m}^3$, começam a restringir o pleno crescimento das raízes das plantas.

Cavalcante et al. (2010) avaliando resistência do solo à penetração sob diferentes manejos apresentaram valores variando de alto a muito alto, de acordo com Soil Survey Staff (1993), nas profundidades de 0-0,15 m e 0,15-0,30 m, para o sistema plantio direto (3,76 e 4,03 MPa), preparo convencional (4,53 e 4,46 MPa) e área com pastagem (4,46 e 3,59 MPa).

Dessa forma, o aumento da resistência a penetração pode ser indesejável por ter o potencial de causar redução no crescimento radicular das plantas. Portanto, a resistência mecânica do solo à penetração pode apresentar elevada correlação com a produtividade vegetal. Considerando o fato de que sistemas conservacionistas, como um sistema agroflorestal, por exemplo, a mobilização do solo é mínima e o aporte de materiais orgânicos é constante, o objetivo desse trabalho foi estudar a resistência a penetração de um Plintossolo Háplico sob sistema agroflorestal em Gurupi, TO.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na área experimental da Universidade Federal do Tocantins, campus universitário de Gurupi-TO, localizada a $11^{\circ} 43' \text{ S}$ e $49^{\circ} 04' \text{ W}$ e 280m altitude. De acordo com a classificação de Köppen o clima é do tipo B1wA'a' úmido com moderada deficiência hídrica. A temperatura média anual é $26,7^{\circ}\text{C}$. O solo foi caracterizado como Plintossolo Háplico distrófico com 18 % de argila (Embrapa, 2006).

A área experimental foi um sistema agroflorestal (SAF) com 21 espécies arbóreas (Acácia (*Acacia Mangium*), Ingá (*Inga cf. alba* Willd.), Tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong), Candeia (*Piptocarphamacropoda* (DC.) Baker), Pau-ferro (*Machaerium scleroxylon* Tull.), Paricá (*Shizolobium amazonicum*), Jacarandá (*Dalbergia miscolobium* Benth.), Caroba (*Jacaranda caroba* (Vell.) DC.), Baru (*Dipteryx alata* Vog.), Ipê (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex DC.) Standl.), Jatobá (*Hymenaeacourbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee et Lang), Bacaba (*Oenocarpus bacaba*), Fava de bolota (*Parkia pendula* Benth), Caju

((*Anacardiumhumile*)), Neem
 (*Azadirachta indica*), Seringueira
 (*Hevea brasiliensis*), Urucum
 (*Bixaorellana*), Jambo (*Syzygium
 jambos* L.), Jaca
 (*Artocarpusheterophyllus*), Pitanga
 (*Eugenia uniflora* L.) e Teca
 (*Tectonagrandis*), espaçadas de quatro
 metros entre plantas e entre fileiras com
 quatro anos de implantação, ocupando
 uma área de aproximadamente 3000 m².

O manejo dessa área nos últimos
 cinco anos tem sido realizado
 plantando-se leguminosas entre as

fileiras de árvores como cobertura do
 solo e adubação verde e culturas de
 relevância social na região tocantinense
 tais como; mandioca, milho, feijão-
 caupi. O último manejo feito (dezembro
 de 2010) foi o plantio de milho e feijão-
 caupi, solteiro e consorciados sob
 cultivos antecessores de leguminosas,
 vegetação espontânea e cultivo de
 mandioca e feijão-caupi. Na tabela 1
 são apresentados os valores dos teores
 de matéria orgânica do solo sob três
 sistemas de cultivo.

Tabela 1. Teores de matéria orgânica do solo (MO) na camada 0-20 cm

Sistema de cultivo	MO (g dm ⁻³)
Vegetação espontânea	11,77 b
Cultivo antecessor	21,94 a
Leguminosas	21,29 a

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

A resistência do solo à
 penetração mecânica (RP) foi
 determinada em maio de 2011,
 utilizando-se um penetrômetro de
 impacto modelo IAA/Planalsucar (Stolf
 et al., 1983), até a profundidade de 0-40
 cm, com oito repetições em uso
 antecessor: leguminosas (L)
 (*Crotalariajuncea*, Feijão-de-porco,
Crotalariaspectabilis, Mucuna-preta,
 Feijão guandu), cultivo antecessor (CA)

(feijão-caupi e mandioca) e vegetação
 espontânea (VE) (*Diodia teres*,
Euphorbiaheterophylla,
Cyperusrotundus, *Cenchrusechinatus*,
Commelinabenghalensis *Andropogonsp*,
Eleusine indica, *Mimosa pudica*,
Ageratumconyzoides, *Brachiaria
 decumbens* e serrapilheira de teca).
 Neste tipo de penetrômetro os
 resultados são fornecidos em número de
 impactos necessários para perfurar um

decímetro de solo (impactos/dm). Entretanto, para melhor aproveitamento dos dados obtidos, é necessária a conversão dos mesmos em grandeza

física que represente a resistência mecânica dos solos, como por exemplo, em MPa (Stolf, 1991).



Figura 1. Sistema Agroflorestal diverso com diferentes coberturas do solo.

Concomitantemente à determinação de RP foi avaliada a umidade de solo pelo método gravimétrico (Embrapa, 1997), em quatro pontos de cada tratamento selecionados aleatoriamente e próximas aos pontos nos quais as penetrometrias foram realizadas, nas camadas de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm.

Os dados experimentais foram submetidos a análises individuais e

posteriormente a análise conjunta de variância, com aplicação do teste F. A análise conjunta foi realizada sob condições de homogeneidade das variâncias residuais. Para as comparações entre as médias de tratamentos, foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se interação significativa entre os sistemas de cultivo e profundidades para RP e teor de água no perfil de solo, indicando que os efeitos de sistema de cultivo e profundidade não explicam todas as variações encontradas. Assim, procedeu-se os desdobramentos.

A RP (Tabela 2) não diferiu entre os sistemas de cultivo dentro de cada profundidade 0-10, 10-20 e 20-30 cm, respectivamente. Entretanto nota-se que nestas camadas, principalmente de 0-10 e 10-20 cm, que a RP ficou abaixo de 1,5 MPa, exceção apenas para vegetação espontânea na camada de 10-20 cm. A mesma tendência foi observada por Carvalho et al. (2004) em um solo sob sistema agroflorestal com seis anos de implantação e cultivo intercalar, pois obtiveram baixos valores de RP em todas as camadas avaliadas, principalmente na superficial (0–10 cm). Carvalho et al. (2004) atribuem esses resultados aos efeitos da incorporação de matéria orgânica ao solo.

Em relação a camada 30-40 cm, os valores médios de RP diferiram de modo significativo entre os sistemas de

cultivo. Nos sistemas nos quais as leguminosas (L) estavam cultivadas, foram encontrados os menores valores de RP, que diferem dos obtidos no solo sob vegetação espontânea e cultivo antecessor. Mesmo em profundidade, o valor médio de RP foi inferior a 2 MPa. Souza et al. (2005) encontraram em um Neossolo Quartzarênico sob Cerrado RP igual a 0,50 MPa, quando ele apresentava Ug igual a 0,09 kg kg⁻¹. Silva et al. (2005) também obtiveram valores baixos de RP em um Argissolo Vermelho textura média, que variaram de 0,22 a 0,75 MPa, em Ug de 22 a 17 %, em diferentes sistemas de manejo e camadas analisadas. O maior valor de RP encontrado por Abreu et al. (2004), em um Argissolo Vermelho-Amarelo de textura franco arenosa, foi de 1,60 MPa no tratamento sob cultivo mínimo, com Ug de 13 %.

Com relação ao teor de água (Tabela 2), observa-se que essa variável independente do sistema de cultivo e da profundidade, o teor de água do solo variou entre as camadas de 15,1 a 16,4 % na VE, de 15,3 a 17,1 % na L e 15,2 a 16,8 % no CA. Assim, pode-se afirmar que a umidade não influenciou a resistência do solo à penetração entre as camadas, exceto na camada 30-40 cm.

Nessa camada, foram encontrados os maiores valores de teor de água nos perfis de solo, independente do sistema de cultivo. Os valores de umidade do solo variam de modo homogêneo no perfil, o que pode ser explicado pelo fato do solo estar coberto por uma manta de resíduos orgânicos em diferentes estágios de decomposição (serrapilheira), proveniente das árvores e cultivos, diminuindo o efeito da evaporação. Isto se deve ao fato de que em solos sob vegetação natural, a preservação da matéria orgânica tende a ser máxima, o que favorece a retenção de teor de água no solo (Nobre & Gash, 1997), sendo intermediário em aléia devido ao moderado grau de revolvimento.

Resende et al. (2005) trabalhando com serragem, casca de arroz, maravalha e capim seco como cobertura do solo comparado com solo descoberto verificaram que as coberturas conservaram maior umidade do solo e que não houve diferença entre as coberturas e que todas diferiram do solo descoberto, dados que corroboram com o presente estudo. Oliveira & Souza (2003) também não encontraram variação da umidade do solo em profundidade em função de cobertura

morta. Este mesmo trabalho verificou que a umidade no solo descoberto variou em cada profundidade avaliada. Este fator é devido a cobertura morta proteger o solo contra a adversidade do clima (Queiroga et al., 2002) o que não ocorre em solo descoberto.

Silva et al. (2005) também encontraram valores mais elevados de umidade gravimétrica no sistema nativo cerrado (testemunho natural) ao comparar com culturas convencionais. Outras pesquisas semelhantes realizadas por Junior et al. (2006), também mostraram que a umidade do solo foi maior no tratamento com permanência da vegetação espontânea nas linhas e entrelinhas das repetições, em quatro datas diferentes de coletas. Isto demonstra que a permanência da vegetação espontânea na cobertura do solo possibilita maior capacidade de conservação da umidade do solo, atuando de forma protetora na perda de água do solo, em relação aos demais tratamentos.

Genro Junior et al. (2004), num Latossolo Vermelho, obteve relação entre menor umidade e maior resistência do solo à penetração, sendo mais estreita a relação na faixa de menor umidade. Este trabalho não

observou efeito das plantas de cobertura na redução da resistência à penetração, mas enfatizaram que o tempo de

atuação das plantas de cobertura foi curto (dois anos).

Tabela 2. Valores médios de resistência a penetração (RP) e teor de água de um Plintossolo Háptico sob três sistemas de cultivo: vegetação espontânea (VE), leguminosas (L) e cultivo antecedente (CA) duplo em sistema agroflorestal e em quatro profundidades (cm).

Profundidade (cm)	Sistema de Cultivo			Média
	VE	L	CA	
	Resistência a Penetração (MPa)			
0-10	1,23 aC*	1,05 aC	1,01 aB	1,1
10-20	1,83 aB	1,44 aBC	1,4 aB	1,56
20-30	2,39 aA	1,96 aA	2,27 aA	2,18
30-40	2,59 aA	1,64 b AB	2,3 aA	2,21
Média	2,01	1,52	1,76	
	Umidade (%)			
0-10	15,1 aC	15,3 aD	15,2 aD	15,2
10-20	15,8 aB	16,9 aC	15,8 aC	15,9
20-30	16,2 aA	16,4 aB	16,4 aB	16,3
30-40	16,4 bA	17,1 aA	16,8 aA	16,8
Média	15,9	16,1	16,2	

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Valores de resistência do solo à penetração de 2,0 a 4,0 MPa, segundo Tavares Filho & Tessier (2009), podem restringir, ou mesmo impedir, o crescimento e o desenvolvimento das raízes, porém a compactação do solo é mais prejudicial em solo seco, sendo que em condições de maior conteúdo de água pode haver crescimento radicular em valores de resistência do solo à penetração superiores a 4,0 MPa.

Entretanto Tavares Filho et al. (2001) ressaltam que mesmo sendo detectados valores restritivos de RP,

caso existam estruturas que permitam a difusão de oxigênio, e condições químicas e de umidade aceitáveis, as raízes terão seu crescimento mantido por meio de pontos de menor resistência, porém podendo apresentar deformações morfológicas.

No trabalho desenvolvido por Aguiar (2008), sobre qualidade física de solo sobre sistemas agroflorestal, obteve-se maior valor de resistência à penetração de 2,2 MPa no período úmido e no mesmo trabalho comparando com cultivo a pleno Sol e

mata nativa obtiveram 2,6 e 1,5 MPa, respectivamente. No presente trabalho, o maior valor de resistência à penetração foi obtido no solo sob SAF de cinco para seis anos após implantação, e que correspondeu a 2,59 MPa em VE na profundidade entre 30 a 40 cm, apesar deste não diferir do CA na mesma profundidade e da profundidade de 20-30 cm no mesmo sistema de cultivo.

CONCLUSÕES

O sistema de cultivo pouco influenciou a resistência à penetração dentro de cada profundidade.

Os sistemas de uso nos quais havia leguminosa mostraram um menor valor de resistência à penetração na camada de 30 a 40cm.

O teor de água no solo independe do sistema de cultivo, não influenciando na resistência à penetração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, S.L.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo Franco-Arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:519-531, 2004
- AGUIAR, M.I. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008, 89 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa: UFV, 2008.
- BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F. Efeito do conteúdo de água e da compactação do solo na produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.38, p.849-856, 2003.
- CAMARGO, L. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Spatial variability of physical attributes of an Alfisol under different hill slope curvatures. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.617-630, 2010.
- CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Resistência à penetração de um solo em recuperação sob sistemas agrosilvopastoris. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.10, p.759-764, 2005.
- CARVALHO, M.P.; TAKEDA E.Y. & FREDDI, O.S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.695-703, 2003.
- CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J.; ARMANDO, M.S.; Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.11, p.1153-1155, 2004.
- CARVALHO, G. J; CARVALHO, M. P.; FREDDI, O. S.; MARTINS, M. V. Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração do solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.765-771, 2006.

- CAVALCANTE, E. G. S; ALVES, M. C; SOUZA, Z. M; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob diferentes usos e manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.3, p.237–243, 2010.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Serviço Nacional de Levantamento de Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2ed. Rev. atual. EMBRAPA/CNPS, 1997. 212p.
- EMPRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. – Rio de Janeiro: EMPRAPA-SPI, 2006. 2ed.
- FREDDI, O.S.; CARVALHO, M.P.; VERONESI JÚNIOR, V. & CARVALHO, G.J. Produtividade do milho relacionada com a resistência mecânica à penetração do solo sob preparo convencional. **Engenharia Agrícola**, v.26, p.113-121, 2006.
- FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; DUARTE, A. P.; PERES, F. S. C. Compactação do solo e produção de cultivares de milho em Latossolo Vermelho. II - Intervalo hídrico ótimo e sistema radicular. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.805-818, 2009.
- GENRO JUNIOR, S.A.; REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.28, p.477-484, 2004.
- JUNIOR, A. W.; PIMENTEL L.D.; MORGADO, M. A. D. O.; SILVA, J. O. da C.; SOUZA, C. M. de;
- BRUCKNER, C. H. Influencia do manejo da cobertura vegetal sobre a umidade do solo e crescimento do porta-enxerto de pessegueiro ‘okinawa’. Nota Técnica. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 01, p. 99-103, 2006.
- LIMA, C. L. R.; SILVA, A. P.; IMHOFF, S. C.; LEÃO, T. P. Estimativa da capacidade de suporte de carga do solo a partir da avaliação da resistência à penetração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.217-223, 2006.
- LIMA, S. S.; LEITE, L. F. C.; AQUINO, A. M.; OLIVEIRA, FRANCISCO DAS CHAGAS ; CASTRO, A. A. J. F. Estoques da serrapilheira acumulada e teores de nutrientes em Argissolo sob manejo agroflorestal no norte do Piauí. **Revista Árvore**, v.34, p.75-84, 2010
- MONTEZANO, Z.F.; CORAZZA, E.J.; MURAOKA, T.; Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homoganeamente. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.30, p.839-847, 2006.
- NOBRE C.A., GASH J.H.C. Desmatamento e clima: o maior estudo já feito na Amazônia. **Ciência Hoje**, v.22, n 128, p 32-41, 1997.
- OELBERMANN, M.; VORONEY, R. P.; THEVATHASSAN, N. V.; GORDON, A. M.; KASS, D. C. L.; SCHLONVOIGT, A. M. Soil carbon dynamics and residue stabilization in a Costa Rican and southern Canadian alley cropping system. **Agroforestry System**, v.68, p.27-36, 2006.
- OLIVEIRA, C. A. P. de; SOUZA, C. M. de. Influência da cobertura mo rta na

umidade, incidência de plantas daninhas e de broca-do-rizoma (*Cosmopolites sordidus*) em um pomar de bananeiras (*Musa* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 345-347, 2003.

PEDROTTI, A.; PAULETTO, E. A.; CRESTANA, S.; FERREIRA, M. M.; DIAS JÚNIOR, M. S.; GOMES, A. S.; TURATTI, A. L. Resistência mecânica à penetração de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.521-529, 2001.

QUEIROGA R. C. F; NOGUEIRA I. C. C; BEZERRA NETO F; MOURA A. R. B; PEDROSA J. F. Utilização de diferentes materiais como cobertura morta do solo no cultivo de pimentão. **Horticultura Brasileira**, n.20, p.416-418, 2002.

RALISCH, R.; MIRANDA, T. M.; OKUMURA, R. S.; BARBOSA, G. M. C.; GUIMARÃES, M. G.; SCOPEL, E.; BALBINO, L. C. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.12, p.381-384, 2008.

RESENDE, F. V.; SOUZA, L. S.; OLIVEIRA, P. S. R.; GUALBERTO, R. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. **Ciência agrotécnica**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 100-105, 2005

SILVA, R. R.; SILVA, M. L. N., FERREIRA, M. M. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistema de manejo na bacia do Alto do Rio Grande – MG. **Ciências**

Agrotécnicas, Lavras, v. 29, n. 04, p. 719-730, 2005.

SAHA, J. K.; SINGH, A.B.; GANHESHAMURTY, A. N.; KUNDU, S.; BISWAS, A. K. Sulfur accumulation in vertsoil due to continuous gypsum application for six years and it effect on yield and biochemical constituents of soybean (*Glicynne max* L. Merrill). **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v 164, p.317-320, 2001.

SMILEY, G. L.; KROSHEL, J. Temporal change in carbon stocks of cocoa-gliceridia agroforests in Central Sulawesi, Indonesia. **Agroforestry System**, v.73, p.219-231, 2008.

Soil Survey Staff. **Soil survey manual**. Washington: USDA- SCS. U.S. Gov. Print. Office, 1993. 437p.

SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. eds. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Brasília, Embrapa, 2004. 416p

SOUZA, D.E.; CARNEIRO, C.A.M.; PAULINO, B.H. Atributos físicos de um Neossolo Quartzarênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.11, p.1135-1139, 2005.

SOUZA, Z.M.; CAMPOS, M.C.C.; CALVACANTE, I.H.L.; MARQUES JÚNIOR, J.; CESARIN, L.G. & SOUZA, S.R. Dependência espacial da resistência do solo à penetração e do teor de água do solo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v.36, p.128-134, 2006.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V.L. Recomendação para uso do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar – Stolf.

Revista STAB – açúcar, álcool e subprodutos, v. 1, n. 3, p.18-23, 1983.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, n.2, p.229-35, 1991.

TAVARES FILHO, J.; BARBOSA, G.M.C.; GUIMARÃES, M.F.; FONSECA, I.C.B. Resistência do solo à penetração e desenvolvimento do sistema radicular do milho (Zeamays) sob diferentes sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p.725-730, 2001.

TAVARES FILHO, J& TESSIER, D. Compressibility of oxisol aggregates under no-till in response to soil water potential. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1525-1533, 2009.

TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M. & PARKER Jr., J.J. Soil strength-root penetration relations to medium to coarsetextured soil materials. **Soil Science**, v.102, p.18-22, 1966.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDE, P.L.; Soil physical quality of a Brazilian Oxisol under two tillage system using the least limiting water range approach. **Soil and Tillage Research**, v.52, p.223-232, 1999.