

# Resistência mecânica à penetração em diferentes sistemas de uso do solo

Gabriel Felipe Vogel<sup>1</sup>, Rubens Fey<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, Laranjeiras do Sul, Paraná, Brasil. E-mail: gabrielfelipe02@hotmail.com, rubens.fey@uffs.edu.br

Recebido: 12/12/2015; Aceito: 17/03/2016.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência do solo à penetração sob quatro diferentes sistemas de manejo do solo (café; amoreira; pastagem; silvipastoril) em três profundidades (0,0-0,20 m; 0,20-0,40 m; 0,40-0,60 m). O presente estudo foi realizado em Jardim Alegre-PR, em um Latossolo Vermelho. Os manejos foram: 1 - Cafezal cultivado manualmente; 2 - Área com amoreira para produção de bicho-da-seda, com tráfego de máquinas; 3 - Pastagem de braquiária (*Urochloa decumbens*) em sistema rotacionado, com taxa de lotação variada; 4 - Sistema silvipastoril com *U. decumbens* e eucalipto, com taxa de lotação variada. Houve interação significativa entre os diferentes tipos de manejo do solo e as profundidades. Na profundidade de 0,0-0,20 m as menores compactações foram encontradas nos sistemas silvipastoril e cafezal devido ao manejo sem tráfego de máquinas, contrariamente a área de amoreira. A pastagem apresentou a maior RMP devido ao pisoteio animal e ao não revolvimento anterior à implantação, diferentemente dos demais. Na camada de 0,20-0,40 m a área de pastagem apresentou os menores resultados de RMP, ao contrário das áreas que sofreram preparo do solo na sua implantação, ou seja, foi verificado expressivo efeito de “pé-de-grade” nas áreas onde houve revolvimento antes da implantação. Nos 0,40-0,60 m houve maior compactação no sistema silvipastoril em relação aos demais devido principalmente à compactação ocasionada pelo crescimento radicular mais pronunciado nesta profundidade.

**Palavras-chave:** compactação, penetrômetro, camadas.

## Penetration resistance in different land use systems

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the soil penetration resistance (PR) under four different tillage systems (coffee, mulberry, pasture, and forest and pasture integration) at three layers (0,0-0,20, 0,20-0,40 and 0,40-0,60 m). This study was conducted in Jardim Alegre-PR in a Red Latosol. The evaluated soil managements were: 1- Non-mechanized coffee plantation; 2- Mulberry (for silkworm feeding) plantation with machinery traffic; 3 - *Urochloa decumbens* pasture in a grazing rotational system with variable stocking rate; 4 - forest and pasture integration system with eucalyptus and *U. decumbens*. With the exception of the pasture land, all soils were tilled prior to experiment implantation. The results showed that there was significant interaction between the different soil management types and depths. The lowest soil compaction at the 0,0-0,20 m layer was found in the forest and pasture integration and in the coffee cropping due to the absence of machine traffic, different from the mulberry area. The pasture land had the highest PR due to animal trampling and no tillage prior experiments implantation, unlike the others treatments. At 0,20-0,40 m layer the pasture land had the lowest RP values, unlike the areas that suffered tillage before experiment implementation and showed compacted subsuperficial layers. In the 0,40-0,60 m layer the soil compaction was higher in the forest and pasture integration compared to other systems, mainly due to the compression caused by the three root growth.

**Key words:** compaction, penetrometer, layer

## 1. Introdução

Os diferentes sistemas de uso e manejo do solo objetivam criar condições favoráveis ao desenvolvimento e ao rendimento das culturas (COSTA et al., 2013). No entanto, práticas de manejo que visam apenas maximizar a produção podem acarretar mudanças no que se refere às propriedades físicas e morfológicas do solo - como no arranjo das partículas -, resultando em variação da resistência mecânica à penetração. (STEFANOSKI et al., 2013).

Segundo Oliveira et al. (2014) determinadas práticas de manejo do solo podem resultar na degradação dos sistemas agrícolas em médio e longo prazo, sendo que a compactação do solo é atualmente um dos problemas enfrentados de maior relevância em diversas regiões. A compactação é caracterizada pela alteração das propriedades físicas do solo, sendo resultado direto de uma determinada prática de manejo no qual o solo é submetido a uma determinada pressão, promovendo a redução do volume e resultando no aumento da resistência à penetração e na densidade do solo (OLIVEIRA et al., 2010; OHLAND et al., 2014).

A compactação prejudica o crescimento radicular, afetando o desenvolvimento da planta (BONFIM-SILVA et al., 2011). Klein e Klein (2014) e Oliveira et al. (2014) relatam que diferentes práticas de manejo podem resultar na compactação de camadas profundas do solo, alterando o comportamento da infiltração e escoamento das águas, podendo ocasionar erosão do solo. Em contrapartida, diversas outras práticas de manejo podem desencadear no processo de compactação do solo. Em solos utilizados na agropecuária, a pressão pode ser imposta por veículos e implementos agrícolas ou ainda por pisoteio animal (GARBIATE et al., 2011; TORRES et al. 2012; DEBIASI; FRANCHINI, 2013).

Para avaliar o grau de compactação em uma determinada superfície, Stolf (1991) relata que a resistência mecânica do solo à penetração (RMP) tem sido utilizada frequentemente por ser um atributo diretamente relacionado ao crescimento das plantas e de fácil e rápida determinação. Segundo Carvalho et al. (2012), atualmente, o penetrômetro eletrônico e de impacto se destacam como aparelhos capazes de medir e fornecer uma boa estimativa da resistência mecânica à

penetração identificando qual profundidade em que se encontram as camadas com maior resistência. Torna-se uma alternativa para o levantamento de informações com relação à qualidade física do solo a fim de determinar o manejo apropriado no âmbito de uma agricultura conservacionista sustentável.

Com base no pressuposto, o presente estudo teve por objetivo avaliar a resistência mecânica do solo à penetração sob quatro diferentes formas de uso do solo em três níveis de profundidades distintos.

## 2. Material e Métodos

O presente estudo foi conduzido no período de abril de 2014 no município de Jardim Alegre - PR, localizado nas coordenadas geográficas 24°13'43.9"S e 51°54'43.5"W e com altitude média de 600 m.; nesta região o solo é classificado como sendo predominantemente Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006). As características granulométricas do solo em questão estão presentes na Tabela 1. Segundo a classificação Köppen, o clima da região é classificado como subtropical úmido mesotérmico - Cfa, com temperatura anual média superior a 21 °C e precipitação média de 1.617 mm anual (IAPAR, 2014).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em parcelas subdivididas, sendo os tratamentos principais formados por quatro sistemas de uso (cultura do café; amora; pastagem e silvipastoril) e os tratamentos secundários formados por três camadas do solo (profundidades de 0-0,20; 0,20-0,40; 0,40-0,60 m), com quatro repetições, totalizando 48 amostras. As parcelas possuíam uma área de aproximadamente 400 m<sup>2</sup>. Cada amostra foi composta pela média de quatro medições, deste modo, foram realizadas 192 determinações de RMP.

Os tratamentos foram compostos por: 1) Cultura do café cultivada há sete anos com condução e colheita efetuadas manualmente; 2) Área com amoreira para produção de bicho-da-seda, também cultivada por 7 anos; 3) Pastagem de *Urochloa decumbens* em sistema rotacionado, com sete anos de manejo e taxa de lotação variada; 4) Sistema silvipastoril com *U. decumbens* e eucalipto, implantado há pouco mais de seis anos e com taxa de lotação variada (Tabela 2).

**Tabela 1.** Análise granulométrica e teores de matéria orgânica para as distintas profundidades para o Latossolo Vermelho. Jardim Alegre-PR, 2014.

Profundidade (m)	Areia	Silte	Argila	M.O
	----- g kg <sup>-1</sup> -----			g dm <sup>3</sup>
0,0-0,20	292	127	581	27,3
0,20-0,40	267	131	602	14,1
0,40-0,60	239	130	631	10,1

**Tabela 2.** Descrição dos tratamentos relacionados à área de estudo.

Tratamentos	Sistema de manejo
T1	Área sob cultivo de café (cafezal) cultivada há 7 anos
T2	Área com amoreira
T3	Pastagem de <i>Urochloa decumbens</i>
T4	Sistema silvipastoril com <i>Urochloa decumbens</i> e eucalipto

Inicialmente, as áreas onde se encontram o cafezal, as amoreiras e o sistema silvipastoril sofreram preparo do solo com uma aração e gradagem antes da implantação destes sistemas. No entanto, na área de pastagem não houve este revolvimento do solo. Atualmente, apenas a área de amoreiras sofre tráfego de máquinas devido à colheita das plantas.

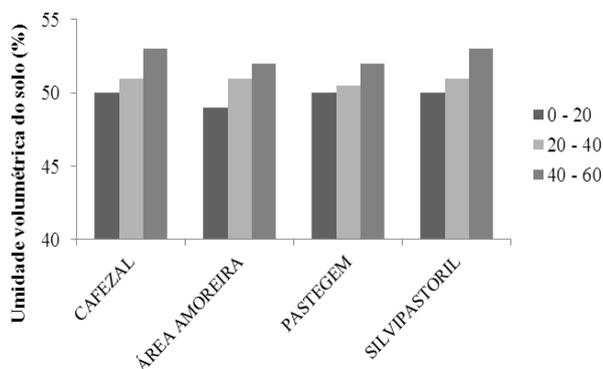
Para a determinação da resistência do solo à penetração, utilizou-se um penetrômetro digital FALKER modelo PenetroLOG-PLG 1020, configurado para registrar leituras a cada 5 mm de profundidade, e velocidade de penetração constante com a unidade KPa.

Os valores para resistência mecânica à penetração do solo foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Com base nos resultados obtidos realizou-se a análise de variância (ANOVA) aplicando-se o teste F, sendo as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância por meio do programa ASSISTAT v. 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2009).

### 3. Resultados e Discussão

A umidade do solo nas camadas de 0,0-0,20; 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m nos sistemas de manejos de café, amoreira, pastagem e sistema silvipastoril variaram de 2%; 3%; 2% e 4% entre as três profundidades para os respectivos sistemas de manejo. A Figura 1 apresenta os resultados de teor de umidade encontrados.

De acordo com a análise, pode-se notar que houve interação significativa entre as parcelas e subparcelas, ou seja, a profundidade interfere significativamente na variação dos resultados dos sistemas de manejos, sendo o inverso também verdadeiro (Tabela 3).



**Figura 1.** Teor de umidade (%) nos diferentes sistemas de manejos nas camadas de 0,0-0,20 m; 0,20-0,40 m e 0,40-0,60 m de profundidades.

De acordo com a análise, pode-se notar que houve interação significativa entre as parcelas e subparcelas, ou seja, a profundidade interfere significativamente na variação dos resultados dos sistemas de manejos, sendo o inverso também verdadeiro (Tabela 3).

Os valores relacionados à resistência mecânica a penetração se apresentam na Tabela 4, a qual demonstra diferença estatística para os diferentes manejos e as profundidades. Em termos de valores absolutos, o maior grau de compactação foi encontrado no sistema silvipastoril na camada de 0,20-0,40 m, sendo que na camada de 0,0-0,20 m houve redução nos valores de resistência neste sistema.

Tais resultados obtidos se assemelham aos de Lima et al. (2013a) os quais verificaram que a partir dos 0,20 m de profundidade houve maior compactação nas camadas do solo sob este sistema de manejo, no entanto, o mesmo autor não obteve dados suficientes a fim de justificar tais resultados, ou seja, ainda não se sabe o que pode estar promovendo tais respostas em sistemas silvipastoris. Dentre as hipóteses para estes resultados sugere-se o efeito resultante do revolvimento do solo nesta primeira camada, o qual ocorreu há 7 anos antes das análises, porém, pode estar ocorrendo um efeito do maior acúmulo de matéria orgânica na camada superior, auxiliando na agregação do solo e diminuindo a RMP.

Leroy et al. (2008) relatam que o aumento de matéria orgânica promove redução da resistência à penetração, promovendo efeito benéfico do sistema.

Pezzoni et al. (2012) verificaram que a serrapilheira oriunda da deposição da matéria morta da parte aérea das árvores afetou positivamente a qualidade do solo nas primeiras camadas, reduzindo a resistência à penetração em sistema silvipastoril; o que se deve ao efeito determinante na matéria orgânica na formação e estabilização de agregados do solo, desta forma, seu acúmulo está associado a alterações na susceptibilidade à compactação do solo (BRAIDA et al., 2010).

Em relação ao sistema de cafezal, os menores valores foram obtidos na profundidade de 0,0-0,20 m, tal fator ocorreu devido principalmente à menor pressão mecânica ocorrida nesta superfície visto que este sistema de manejo é caracterizado pela condução e colheita manual. Carmo et al. (2011) e Palma et al. (2013) relatam que áreas de café que sofreram tráfego de máquinas apresentaram maiores valores de resistência à penetração quando comparado à áreas com

colheita manual. Segundo Lima et al. (2013a), o uso de máquinas promove uma menor porosidade e maior densidade do solo, resultando em elevada compactação

e conseqüentemente à maior resistência mecânica à penetração.

**Tabela 3.** Análise de variância para resistência mecânica a penetração em diferentes profundidades de Latossolo Vermelho, submetido a quatro distintos manejos.

F.V	GL	SQ	QM	F	P
Manejos	3	1094469,3356	364823,1118	4,9367*	0,0185
Resíduo	12	886804,6675	73900,3889		
Parcelas	15	1981274,0031			
Profundidade	2	1629828,7204	814914,3602	8,4655**	<.0001
Manejo x Profundidade	6	577574,4162	96262,4027	3,1871**	0,0021
Resíduo	24	724872,1500	30203,0062		
Total	47	4913549,2900			

\*e\*\*Significativo pelo teste F a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente.

**Tabela 4.** Médias de interação entre os manejos de solo aplicados em relação às profundidades amostradas para resistência mecânica do solo à penetração (RMP), em KPa. Jardim Alegre-PR, 2014.

Sistemas de Manejo	Profundidade (m)		
	0,0 – 0,20	0,20 – 0,40	0,40 – 0,60
Cafezal	969,13 bC*	1756,34 Aa	1342,23 bB
Área de amoreira	1348,23 aB	1829,56 aA	1249,54 bB
Pastagem	1454,46 aA	1184,75 bA	1259,24 bA
Silvipastoril	1223,52 bB	1902,35 aA	1878,55 aA
C.V (%)	Manejo: 17,75		Profundidade: 13,26

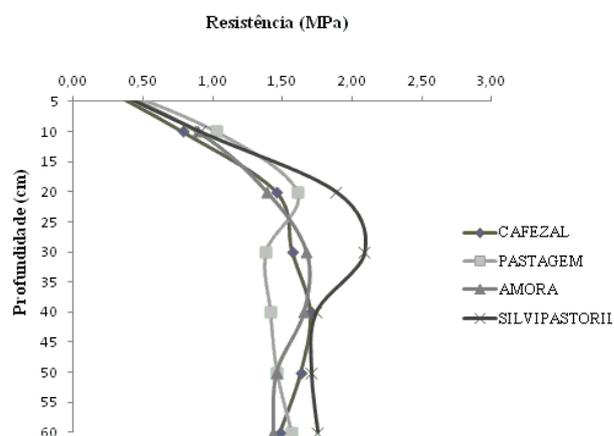
\*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, respectivamente, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 1% de significância.

Na área de amoreira há uma maior RMP na camada de 0,0-0,20 m comparado aos sistemas que também sofreram revolvimento do solo há sete anos; tal resultado pode ser explicado pelo tráfego de máquinas que este sistema exige no momento da colheita das plantas exercendo pressão sobre o solo. Desta forma, apesar de esta área sofrer o mesmo processo de preparo do solo que as áreas de cafezal e silvipastoril, o tráfego de máquinas promove maior valor de resistência à penetração nas camadas de 0,0-0,20 m.

Quando se analisa a camada de 0,20-0,40 m, destaca-se o elevado grau de compactação encontrado (Tabela 1 e Figura 2) sob as áreas mencionadas anteriormente que sofreram revolvimento (café, amora e silvipastoril). Estes resultados se devem principalmente pelo preparo convencional do solo ocorrido antes da implantação destes sistemas.

O sistema convencional do preparo do solo promove camadas menos compactadas em superfície e mais compactadas nas camadas de 0,20-0,40 m devido ao efeito do acúmulo das cargas dos implementos de preparo do solo utilizados, formando o que conhecemos de “pé de grade” (TORMENA et al., 1998; MOLIN et al., 2012). Pedrotti et al. (2001) e Lima et al. (2013b) encontraram resultados semelhantes ao deste estudo, sendo estes promovidos por ação do pé de grade. Este

fenômeno se deve principalmente ao revolvimento das camadas superficiais do solo com implementos, promovendo a deposição dos sedimentos mineralógicos nas camadas subsuperficiais, isto é, nas camadas onde não houve ação do revolvimento (MAGALHÃES et al., 2009).



**Figura 2:** Comportamento da resistência média da penetração do solo sob diferentes sistemas de uso do solo.

Para o sistema de pastagem (Tabela 1 e Figura 2), as camadas mais compactadas foram registradas nas profundidades até 0,20 m. Nas camadas 0,20-0,40 m e

0,40-0,60 m houve redução nos valores de resistência à penetração. Estes dados colaboram com Senra et al. (2007) e Magalhães et al. (2009), os quais verificam alta resistência nas primeiras camadas do solo, principalmente nos perfis de 0,0-0,10 m e 0,0-0,30 m para os respectivos autores. Torres et al. (2012) comparando a resistência mecânica do solo à penetração em área de pastagem de Tifton 85 com e sem irrigação, verificaram elevados valores de resistência nas camadas de 0,0-0,10 m e 0,0-0,20 m em áreas não irrigadas, semelhantes aos obtidos neste estudo.

Em geral, solos com sistemas de manejo com pastagem apresentam elevada resistência à penetração nos primeiros centímetros do solo, sendo esta compactação proveniente da ausência de revolvimento nesta camada antes da implantação do sistema ou do efeito do pisoteio animal (LIMA et al., 2013b). Isto se deve à elevada pressão exercida pelo casco do animal sobre o solo, em função da elevada massa corporal aplicada em uma pequena área de contato (IMHOFF et al., 2000), sendo esse argumento comprovado por estudos realizados por Trein et al. (1991) e Lanzasova et al. (2007) os quais observaram que a alta taxa de lotação de animais em curto espaço de tempo promove a compactação na camada superficial do solo.

Com relação à redução da resistência do solo à penetração a partir de 0,20 m, este é um fator atribuído ao não revolvimento do solo na implantação, pois neste sistema não se realizou o preparo inicial do solo com gradagem, fazendo com que não houvesse o efeito de “pé de grade” de 0,20-0,40 m, demonstrando ser este o motivo da menor compactação nesta camada a partir de 0,20 m de profundidade.

Pode-se verificar ainda na Tabela 1, que na camada mais profunda estudada (0,40-0,60 m) ocorre uma compactação significativamente maior no sistema silvipastoril em relação aos demais; tal resultado pode estar relacionado ao crescimento radicular mais pronunciado nesta camada, o que tende a comprimir o solo entre as raízes e assim formar maior compactação. Tal sugestão é reforçada por autores como White (1975) o qual destaca que a expansão radial e axial das raízes provoca a compactação do solo e por Reichert et al. (2005) corroborando o fato que as raízes das árvores também aplicam forças mecânicas no solo.

#### 4. Conclusões

Com exceção da área de pastagem, os três sistemas de uso do solo apresentaram diferentes comportamentos de resistência à penetração ao longo de seu perfil.

Na área com cultivo de amora, os maiores valores de resistência à penetração foram obtidos na camada de 0,20-0,40 m de profundidade.

No sistema silvipastoril os maiores valores de resistência mecânica à penetração ocorreram ao longo das camadas 0,20-0,60 m.

A área de pastagem não alterou os valores de RMP ao longo do seu perfil (0,0-0,60 m), sendo este o sistema que apresentou maiores valores na profundidade 0-0,20 m dentre os demais sistemas.

O manejo com café (área de cafezal) apresentou os menores valores de resistência à penetração, na profundidade 0-0,20 m.

#### Referências Bibliográficas

BRAIDA, J. A.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; VEIGA, M. Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e um Argissolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campinas Grande-PB, v. 14, n. 2, p. 131–139, 2010.

BONFIM-SILVA, E. M.; ANICÉSIO, E. C. A.; SILVA, F. C. M.; DOURADO, L. G. A.; AGUERO, N. F. Compactação do solo na cultura do trigo em Latossolo do Cerrado. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia-GO, v.7, n.12, p.1-8, 2011.

CARMO, D. L. D.; NANNETTI, D. C.; DIAS JÚNIOR, M. S.; SANTO, D. J. E.; NANNETT, A. N.; LACERDA, T. M. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cafeeiro em três sistemas de manejo no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 991-998, 2011.

CARVALHO, A. P. V.; DIAS, H. C. T.; PAIVA, H. N.; TONELLO, K. C. Resistência mecânica do solo a penetração na bacia hidrográfica do Riacho Fundo, Felixlândia-MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 36, n. 6, p. 1091-1097, 2012.

COSTA, E. L.; SILVA, H. F.; RIBEIRO, P. R. de A. Matéria orgânica de solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia-GO, v.9, n.17, p.1842-1860, 2013.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.C. Atributos físicos do solo e produtividade da soja em sistema de integração lavoura-pecuária com braquiária e soja. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.42, n.7, p.1180-1186, 2012.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro-RJ: CNPS, , 2006. 306 p.

GARBIATE, M. V.; VITORINO, A. C. T.; TOMASINI, B. A.; BERGAMIN, A. C.; PANACHUKI, E. Erosão entre sulcos em área cultivada com cana crua e queimada sob colheita manual e mecanizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.35, n.2, p.2145-2155, 2011.

IAPAR. **Cartas climáticas segundo Koppen**. Disponível em:< <http://www.iapar.br/modules/conteudo/> >. Acesso em 25 de julho de 2014.

IMHOFF, S.; SILVA, A. P. DA; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade

- física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 35, n. 7, p. 1493-1500, 2000.
- KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Influência do manejo do solo na infiltração de água. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria-RS, v.13, n.5, p. 3915-3925, 2014.
- LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. S.; LOVATO, T.; ELTZ, F. L. F.; AMADO, T. J. C.; REINERT, D. J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 31, n. 2, p. 1131-1140, 2007.
- LEROY, B.L.M., HERATH, H.M.S.K., SLEUTEL, S., DE NEVE, S., GABRIELS, D.,
- REHEUL, D., MOENS, M. The quality of exogenous organic matter: short-term effects on soil physical properties and soil organic matter fractions. **Soil Use Manage**, Malden-MA, v. 24, n. 2, p. 139-147, 2008.
- LIMA, I. M. A.; ARAÚJO, M. C.; BARBOSA, R. S. Avaliação das propriedades físicas do solo em sistemas silvipastoris, região centro-norte, estado do Piauí. **Agropecuária Científica do Semiárido**, Campina Grande-PB, v. 9, n. 1, p. 117-124, 2013a.
- LIMA, R. P.; LEÓN, M. J.; SILVA, A. R. Resistência mecânica à penetração sob diferentes sistemas de uso do solo. **Scientia Plena**, São Cristóvão -SE, v. 9, n.6, p.1-7, 2013b.
- MAGALHÃES, W. Z.; CREMON, C.; MAPELI, N. C.; SILVA, W. M.; CARVALHO, J. M.; MOTA, M. S. Determinação da resistência do solo a penetração sob diferentes sistemas de cultivo em um Latossolo sob Bioma Pantanal. **Revista Agrarian**, Dourados-MS, v. 2, n. 6, p. 21-32, 2009.
- MOLIN, J. P.; DIAS, C. T. S.; CARBONERA, L. Estudos com penetrometria: Novos equipamentos e amostragem correta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 16, n. 5, p. 584-590, 2012
- OHLAND, T.; LANA, M. do C.; FRANDOLOSO, F.; RAMPIM, L.; BERGMANN, J. R.; CABREIRA, D. T. Influência da densidade do solo no desenvolvimento inicial do pinhão-manso cultivado em Latossolo Vermelho eutroférrico. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 61, n.5, p. 622-630, 2014.
- OLIVEIRA, V. S.; ROLIM, M. M.; VASCONSELOS, R. F. B.; COSTA, Y. D. J.; PEDROSA, E. M. R. Compactação de um Argissolo Amarelo distrocoeso submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande- PB, v. 14, n. 7, p.914-920, 2010.
- OLIVEIRA, A. P. P. de.; LIMA, E.; ANJOS, L. H. C. dos.; ZONTA, E.; PEREIRA, M. G. Sistemas de colheita da cana-de-açúcar: Conhecimento atual sobre modificações em atributos de solos de tabuleiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande-PB, v.18, n.9, p. 939-947, 2014.
- PALMA, M. A. Z.; VOLPATO, C. E. S.; SILVA, F. C.; SOUZA, P.; SILVA, J. A. Resistência do solo à penetração em cafezais cultivados com sistema mecanizado e manual. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 364-370, 2013.
- PEDROTTI, A.; PAULETO, E. A.; CRESTANA, S.; FERREIRA M. M.; DIAS JUNIOR, M. S.; GOMES, A. S.; TURATTI, A. L. Resistência mecânica a penetração de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 25, n. 3, p. 521-529, 2001.
- PEZZONI, T.; VITORINO, A. C. T.; DANIEL, O.; LEMPP, B. Influência de *Pterodon emarginatus* Vogel sobre atributos físicos e químicos do solo e valor nutritivo de em sistema *Urochloa decumbens* Stapf silvipastoril. **Revista Cerne**, Lavras-MG, v. 18, n. 2, p. 293-301, 2012.
- REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: TORRADO-VIDAL, P.; ALLEONI, L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A. P. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. v. 5. p. 50-121.
- SENRA, A. F.; LOUZADA, R. O.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, C. M. A.; VICTOR, D. M.. Resistência a penetração em “Latossolo Vermelho” sob diferentes sistemas de uso e manejo do solo. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, Chapingo-POR, v. 16, n. 1, p. 31-36, 2007.
- SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. **Versão do programa computacional Assistat v. 7.7 2009**. Disponível em:< <http://www.assistat.com/>>. Acesso em janeiro de 2014.
- STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. S.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande-PB, v.17, n.12, p.1301-309, 2013.
- 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**, Viçosa-MG, v. 15, n. 2, p. 229-35, 1991.
- TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciado por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 22, n. 2, p. 301-309, 1998.
- TORRES, J. L. R.; RODRIGUES JÚNIOR, D. J.; SENE, G. A.; JAIME, D. G.;VIEIRA, D. M. da S. Resistência a penetração em área de pastagem de capim tifton, influenciada pelo pisoteio e irrigação. **Bioscience Journal**, Uberlândia-MG, v. 28, n. 1, p. 232-239, 2012.
- TREIN, C. R.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo na rotação aveia+trevo/milho, após pastejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 15, n. 3, p. 105-111, 1991.
- WHITE, E. M. Soil compaction and contraction around plant root. **Soil Science**, New Brunswick-NJ, v. 119, n. 6, p. 461-465, 1975.