



ATRIBUTOS FÍSICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO DISTRÓFICO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO NO CERRADO TOCANTINENSE

PHYSICAL ATTRIBUTES OF A DYSTROPHIC RED-YELLOW LATOSOL UNDER DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS IN CERRADO CONDITIONS OF TOCANTINS

Gustavo André Colombo^{1*}
Marília Barcelos Souza Lopes¹
Marciane Cristina Dotto¹
Raphael Campestrini¹
Saulo de Oliveira Lima²

¹Pós-graduação em Produção Vegetal. Universidade Federal do Tocantins. *E-mail: colombo@uft.edu.br
²Professor Associado. Universidade Federal do Tocantins.

Artigo
Completo

RESUMO

Para assegurar a sustentabilidade agrônômica, econômica e ambiental do sistema produtivo, o manejo do solo deve privilegiar a manutenção de seus atributos físicos em condições semelhantes às que se encontravam na natureza. Contudo, a adoção equivocada de sistemas de manejo reflete em limitações quanto à densidade do solo e resistência à penetração, inviabilizando a prática agropecuária. Nesse sentido, o presente estudo teve como objetivo avaliar os atributos físicos de um Latossolo vermelho-amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo e uso do solo. Foram estudados os seguintes sistemas de manejo: Sistema de Plantio Direto, instalado há três anos; e Pastagem degradada, cultivada a mais de 10 anos. Determinou-se a macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo e resistência à penetração dos ambientes. Os valores de densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total não diferiram entre os sistemas de manejo, sendo considerados limitantes para bom desenvolvimento vegetal. Apesar dos menores valores de Resistência à Penetração terem sido observados na área de Plantio direto, esses foram considerados altos nos dois sistemas de manejo, caracterizando a presença de camada compactada. Essa paridade entre os atributos demonstra a possibilidade de compactação do solo em um sistema de plantio direto quando mal manejado.

Palavra-chave: Compactação do solo; sistema de plantio direto; pastagem degradada; manejo do solo.

ABSTRACT

Soil management must keep the soil physical properties next to the original conditions in natural systems to assure the agronomic, economic and environmental sustainability of agricultural systems. However, the mistaken adoption of management systems reflected in limitations on the soil bulk density and penetration resistance, preventing the agricultural practice. In this sense, the present study aimed to evaluate the physical attributes of a dystrophic Red-Yellow Latosol under different management and land use systems. The following management systems were studied: No-tillage system, installed three years; Degraded pasture, cultivated over 10 years. The macroporosity, microporosity, total porosity, bulk density and penetration resistance of the two environments were determined. Bulk density values, macro and micro porosity did not differ between the management systems, being considered limiting elements for good plant development. Even though the lower values of penetration resistance were observed in degraded

pasture area, these were considered high in both management systems, characterizing the presence of compacted layer. This parity between the attributes demonstrates the possibility of soil compaction in a no-till system when bad managed.

Key Words: Soil compaction; no-till system; degraded pasture; soil management.

INTRODUÇÃO

Os diferentes sistemas de manejo e uso de solos têm por finalidade minimizar as perturbações deletérias ao ambiente, favorecendo o desenvolvimento das culturas de forma sustentável. Contudo, em longo prazo, a adoção equivocada desses sistemas pode refletir em perda de qualidade física do solo, representando ameaça à produção de alimentos e ao meio ambiente. Segundo Richart et al. (2005), as principais alterações são de caráter estrutural, evidenciadas pelo aumento da densidade do solo, aumento do impedimento mecânico superficial e subsuperficial, redução da taxa de infiltração de água, bem como alterações no tamanho e na estabilidade de agregados.

A resistência do solo à penetração é um atributo comumente utilizado para avaliar o grau de compactação do solo e vem se destacando por estar diretamente relacionado ao crescimento e desenvolvimento das plantas (ROQUE et al., 2008). O termo compactação do solo refere-se à diminuição de volume do solo quando uma determinada pressão externa é aplicada, seja por máquinas agrícolas, equipamentos ou animais (LIMA et al., 2013). De acordo com Bergamin et al. (2010), nessa camada compactada, há alteração no balanço entre macro e microporos e na porosidade total, influenciando o espaço destinado ao crescimento radicular e área explorada de solo pelas raízes, de forma que a persistência vegetal em tais condições fica comprometida.

Uma vez que os níveis de compactação do solo são condicionados ao manejo empregado, existem alternativas para mitigar o efeito degradante sobre os atributos físicos do solo. Segundo Nascente et al. (2013), o sistema de

plantio direto (SPD) é considerado o sistema de manejo do solo mais importante para a sustentabilidade dos agroecossistemas brasileiros. Trata-se de um sistema de produção agrícola em que a semeadura da cultura é feita sem o revolvimento do solo, mantendo os restos culturais anteriores na superfície, reconhecidamente eficaz na proteção da superfície do terreno contra agentes erosivos (KAHLON et al., 2013). Todavia, Franchini et al. (2009) advertem que, apesar da movimentação do solo ser restrita à linha de semeadura, o tráfego sistemático de máquinas e implementos pode formar camadas compactadas nos pontos de pressão exercida sobre a superfície do solo, sobretudo quando realizado em solos argilosos e com teores elevados de umidade, de forma a inviabilizar o sistema.

Em áreas destinadas a pastagem, a pressão do casco dos animais sobre o solo tende a comprometer a qualidade física na camada superficial, em razão do aumento da densidade do solo e da redução da porosidade, a qual é mais afetada nos primeiros 15 cm de profundidade (LANZANOVA et al., 2007). O efeito do pisoteio dos animais sobre o solo é potencializado quando o pastejo é realizado em solos com umidade elevada e com baixa cobertura vegetal, de forma a acelerar o processo evolutivo da perda de vigor, de produtividade e da capacidade de regeneração natural de uma pastagem (FERREIRA et al., 2010).

Ao considerar que o recurso solo é limitado, e que alguns de seus componentes requerem períodos de tempo prolongados para serem restaurados, a identificação do grau das perturbações ambientais provocadas pelo manejo inadequado das atividades agropecuárias se torna essencial (STEFANOSKI et al., 2013).

Neste sentido, o entendimento do impacto dos sistemas de uso e manejo sobre as propriedades físicas e mecânicas dos agregados é fundamental para o manejo sustentável do solo.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os atributos físicos de um Latossolo vermelho-amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo e uso do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Tocantins, no município de Gurupi-TO, latitude 11° 76' S e 49° 04' W, altitude média de 280m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo B1wA'a' úmido com moderada deficiência hídrica.

O estudo foi conduzido em uma área de Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013), sob dois sistemas de uso do solo, descritos a seguir: 1- Área de pastagem (PT), cultivada com *Andropogon gayanus*, a qual recebe bovinos, a mais de 10 anos, com taxa de lotação variada. Após a implantação do primeiro pasto, não houve renovação da pastagem no decorrer dos anos; 2 - Área de plantio direto (SPD), implantada há três anos, com sucessão de soja/milho/milho. Todas as áreas selecionadas estão situadas numa mesma posição topográfica e bacia hidrográfica.

Em cada sistema foram tomados 15 pontos amostrais, escolhidos ao acaso, os quais constituíram as repetições, respeitando-se assim o número mínimo de leituras recomendado por Campbell e O'Sullivan (1991).

Foi avaliada a resistência mecânica à penetração, por meio de um penetrômetro digital FALKER, modelo PenetroLOG-PLG 1020. O penetrômetro foi configurado para registrar leituras a cada 0,01 m de incremento de profundidade, trabalhando em velocidade de penetração constante. Os dados foram analisados nas profundidades 0-0,20 m e 0,20-

0,40 m. Para o processamento dos dados de resistência à penetração, foi utilizado o Software PenetroLOG.

Coletaram-se amostras indeformadas para determinação da umidade gravimétrica pelo método clássico de pesagem (EMBRAPA, 2011). As amostras foram coletadas na profundidade de 0-0,20 m e de 0,20-0,40 m, utilizando um amostrador tipo Uhland, equipado com cilindros de sete centímetros de diâmetro por sete centímetros de altura, e volume de 269,3 cm³.

Para a determinação da macroporosidade (%), microporosidade (%) e porosidade total (%), adotou-se o método da Mesa de Tensão, enquanto para a determinação da densidade do solo (kg dm⁻³), adotou-se o método do anel volumétrico, ambos descritos em Embrapa (1997).

A comparação entre as médias foi realizada pelo teste t-student pareado, ao nível de significância de 5% (p≤0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é possível verificar os atributos texturais e a umidade do solo para as duas áreas em estudo, com destaque para classificação textural do solo, determinada como média nos dois ambientes. Essa similaridade é uma condição importante para validar o presente estudo, haja vista a influência da textura nos atributos mecânicos do solo (LIMA et al., 2013). A textura do solo indica a proporção entre partículas de diferentes tamanhos constituintes do solo e influencia o comportamento do solo submetido à pressões externas, uma vez que determina o atrito entre as partículas e a ligação entre elas (HORN; LEBERT, 1994).

TABELA 1. Análise granulométrica, classificação textural e umidade de um Latossolo vermelho-amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo e uso do solo.

Profundidade (m)	Análise granulométrica (g kg ⁻¹)					
	Pastagem degradada			Sistema de plantio direto		
	Areia	Silte	Argila	Areia	Silte	Argila
0-0,20	580	85	335	590	80	330
0,20-0,40	565	95	340	560	90	350
Classificação	Média			Média		
Umidade do solo (%)						
0-0,20	12,19			11,54		
0,20-0,40	12,12			10,45		
Matéria orgânica (dag kg ⁻¹)						
0-0,20	1,5			3,2		
0,20-0,40	1,2			1,8		

Quanto à densidade do solo, independente do sistema de manejo e profundidade, os valores observados não diferiram entre si estatisticamente (Tabela 2). Enquanto a área sob plantio direto apresentou densidade de 1,61 kg dm⁻³ nas duas profundidades estudadas, a pastagem degradada apresentou densidades de 1,60 kg dm⁻³ e 1,58 kg dm⁻³, nas profundidades de 0-0,20 e 0,20-0,40 m,

respectivamente. Portugal et al. (2010) e Silva et al. (2013), em avaliações dos atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes sistemas agrícolas, inclusive o de pastagem degradada, também não identificaram diferenças em relação aos valores de densidade do solo entre os sistemas, o que corrobora os dados encontrados neste trabalho.

TABELA 2. Médias de densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo e uso do solo no cerrado tocantinense.

Prof. (cm)	Densidade do solo (kg dm ⁻³)		Macroporosidade (%)		Microporosidade (%)		Porosidade total (%)	
	SPD	PT	SPD	PT	SPD	PT	SPD	PT
0-20	1,61aA	1,60aA	16,9aA	15,3aA	26,0aA	26,3aA	43,2aA	41,3aA
20-40	1,61aA	1,58aA	7,9bA	6,9bA	34,4bA	34,3bA	42,3aA	41,4aA
CV (%)	3,58	4,04	6,6	6,71	7,64	8,41	5,43	4,85

SPD: Sistema de Plantio Direto; PT: Pastagem degradada. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste t-student, a 5% de probabilidade.

Os valores observados para densidade do solo são considerados elevados, se comparados com outros trabalhos. Segundo Reichert et al. (2003), densidades de solo acima de 1,55 kg dm⁻³ são consideradas críticas para o bom crescimento do sistema radicular em solos de textura média. Beutler et al. (2007) constataram que densidades de solo acima de 1,26 e 1,29 kg dm⁻³ limitou a produtividade de soja cultivada em Latossolo Vermelho eutrófico.

A alta densidade do solo observada no presente estudo pode ser reflexo do manejo agrícola equivocado das áreas em estudo. Na área sob SPD, a alta densidade do solo é atribuída à acomodação natural do solo, situação comum nos primeiros anos de adoção desse sistema de manejo (KLUTHCOUSKI, 1998). Já na área sob pastagem degradada, esse maior adensamento do solo corrobora com as observações feitas por Custódio et al. (2015) e Ferreira et al. (2010), que

também relataram aumento na densidade do solo em Latossolo Amarelo sob pastagens com diferentes graus de degradação. Segundo Sarmiento et al. (2008), o *A. gayanus*, por seu hábito de crescimento cespitoso, apresenta alto porcentual de solo descoberto entre touceiras, o que torna o solo mais susceptível à ação do adensamento superficial pelo pisoteio animal.

Os valores de macroporosidade, microporosidade e porosidade total do solo não diferiram estatisticamente entre os dois ambientes. Essa paridade na porcentagem de poros entre os dois sistemas também foi observada por Marchão et al. (2007), os quais afirmam ser estes os atributo que sofrem maior influência em função do manejo de uso do solo empregado.

Chama-se atenção à porcentagem de macro e microporosidade em profundidade. Independente do ambiente, observou-se uma diminuição da macroporosidade e aumento da microporosidade na camada de 0,20-0,40 m, corroborando com Rossetti et al. (2012), que relatou este mesmo comportamento ao estudar o efeito de diferentes manejos sobre os atributos físicos de um Latossolo Vermelho distrófico.

A elevada microporosidade nas áreas com PT e SPD demonstra que o tipo de manejo empregado pode levar à compactação do solo. Assim, mesmo em condições de SPD, o trânsito de maquinário tende a promover um desarranjo maior na estabilidade dos agregados, favorecendo a individualização das partículas do solo, com o comprometimento da porosidade, acarretando reflexos negativos na produção agrícola (MELO JUNIOR et al., 2010).

Os valores de Resistência à Penetração (RP) foram influenciados pelos sistemas de manejo do solo, e variaram de acordo com a profundidade (Figura 1). Nas camadas superficiais, maiores valores de RP foram observados na área de pastagem degradada, em comparação com a área de plantio direto.

Resultados semelhantes foram observados por Ralich et al. (2008) e Lima et al. (2013), que identificaram compactação em áreas de pastagem degradada na faixa entre 0 e 10 cm de profundidade, cuja origem foi atribuída ao pisoteio animal. Isso demonstra o efeito deletério das altas cargas animais sobre o selamento superficial dos solos, intimamente relacionado aos processos de empobrecimento e degradação das pastagens (IMHOFF et al., 2000). Segundo Flores et al. (2007), devido ao peso do animal ser distribuído em uma menor área atingida pelo seu casco, trata-se de um importante promotor de compactação do solo.

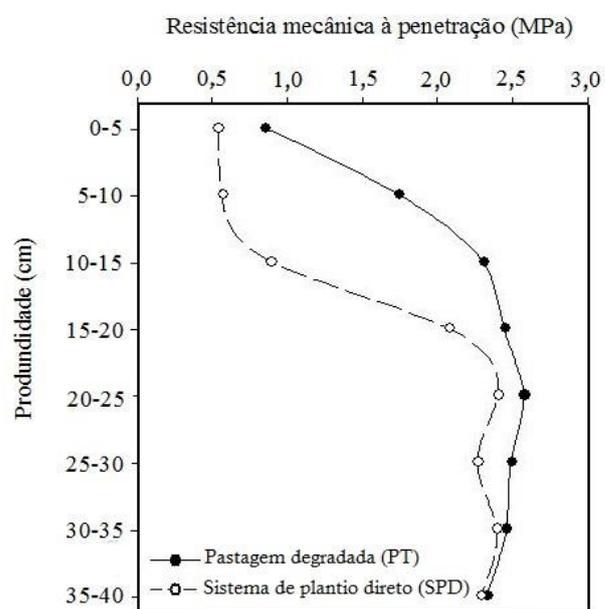


FIGURA 1. Resistência mecânica à penetração de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo e uso do solo no cerrado tocantinense.

Analisando os valores de RP ao longo do perfil do solo, esses foram considerados altos nos dois sistemas de manejo, de acordo com tabela proposta por Arshad et al. (1996). Valores críticos da resistência à penetração variam de 1,5 a 4,0 MPa (IMHOFF et al., 2000), sendo, em geral, o valor de 2,0 MPa definido como impeditivo ao crescimento radicular (TORMENTA et al., 1998). Segundo Richart et al. (2005), mesmo com a adoção de práticas conservacionistas como o

SPD, alterações nos atributos físicos são normalmente atribuídas ao tráfego de máquinas agrícolas em condições de alta umidade no solo. O solo manejado sempre com a mesma profundidade de corte no preparo inicial pode ter colaborado para o aumento rápido da resistência à penetração no SPD (NEGREIROS NETO et al., 2014).

Em áreas destinadas ao pastejo sob sistema extensivo, normalmente, não se leva em consideração a capacidade de suporte do pasto que permita a manutenção de determinado número de gemas ativas para rebrotamento da forrageira, nem o período de ocupação que permita à forrageira completar o período ideal de rodízio do gado. Alguns autores relatam sobre a degradação provocada pelo excesso de carga animal enquanto um fator que afeta algumas propriedades físicas do solo (IMHOFF et al., 2000; MOREIRA et al., 2007).

Os valores da RP em PT foram maiores com o aumento da profundidade, atingindo valor máximo na camada de 25 cm (2,45 MPa). Como a ação do pisoteio animal não se reflete nessa profundidade, pode-se inferir que essa camada de compactação tenha origem no processo de preparo inicial do solo, anterior a sua utilização como pastagem.

A área manejada sob SPD apresentou menor RP entre as camadas de 0-0,10 m de profundidade (< 1,0 MPa), fato esse atribuído aos benefícios que tal sistema proporciona ao solo, como o acúmulo de matéria orgânica em superfície, associado à macro e microfaunas, que desempenham papel significativo nas propriedades físicas do solo (PEDROTTI et al., 2001). Contudo, a partir da camada de 0,10-0,15 m de profundidade, constatou-se acréscimo nos valores de RP, devido, provavelmente, a estruturas mais densas do solo oriundas do sistema convencional anterior, e inadequadamente corrigidas para implantação do SPD (CORTEZ et al., 2014).

A determinação da umidade do solo no momento da avaliação da resistência à penetração é fundamental para se realizar adequadamente a interpretação dos resultados encontrados (BORINI; ALVES, 2012). No estudo em questão, por exemplo, não ocorreu diferença entre os ambientes quanto à umidade do solo. Dessa forma, pode-se excluir a influência da umidade do solo sobre os resultados observados.

A correção das limitações de ordem física e química antes da implantação do SPD é um pré-requisito fundamental para o sucesso do sistema. Stone e Silveira (2001) alertam que os benefícios físico-químicos ao solo, inerentes do SPD, devem ser esperado no decorrer dos anos, uma vez que o acúmulo de matéria orgânica em superfície é um processo lento, mas que, associado à macro e microfaunas, desempenha papel significativo nas propriedades físicas do solo, contribuindo para o aumento de macroporos e atenuação da densidade do solo.

CONCLUSÕES

A densidade e porosidade total do solo foram estatisticamente iguais nas áreas manejadas sob Sistema de Plantio Direto e pastagem degradada, com valores considerados limitantes para o desenvolvimento vegetal.

A microporosidade do solo aumentou em subsuperfície, independente do sistema de manejo.

A resistência do solo à penetração foi influenciada pelos sistemas de manejo do solo, e variaram de acordo com a profundidade.

Nas camadas superficiais, menores valores de resistência à penetração foram observados na área manejada sob Sistema de Plantio Direto, em comparação a área de Pastagem degradada; enquanto nas camadas subsuperficiais, valores críticos de resistência à penetração foram observados nos dois sistemas de manejo.

REFERÊNCIAS

- ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. **Methods for assessing soil quality**, p.123-141, 1996.
- BERGAMIN, A. C.; VITORINO, A. C. T.; FRANCHINI, J. C. et al. Compactação em um Latossolo Vermelho distroférrico e suas relações com o crescimento radicular do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.681-691, 2010.
- BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; et al. Intervalo hídrico ótimo no monitoramento da compactação e da qualidade física de um latossolo vermelho cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1223-1232, 2007.
- BONINI, C. S.; ALVES, M. C. Qualidade física de um Latossolo Vermelho em recuperação há dezessete anos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.4, p.329-336, 2012.
- CAMPBELL, D. J.; O'SULLIVAN, M. F. The cone penetrometer in relation to trafficability, compaction and tillage. In: SMITH, K. A.; MULLINS, C. E. **Soil Analysis**. New York: Marcel Dekker Inc., 1991. p.399-423.
- CORTEZ, J. W.; OLSZEWSKI, N.; PIMENTA, W. A. et al. Avaliação da intensidade de tráfego de tratores em alguns atributos físicos de um Argissolo amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.3, p.1000-1010, 2014.
- CUSTÓDIO, G. D.; RIBON, A. A.; FERNANDES, K. L.; et al. Densidade do solo e densidade relativa - indicadores da qualidade física de um Latossolo Amarelo sob diferentes manejos de pastagens e mata nativa. **Campo Digital**, v.10, n.1, p.50-62, 2015.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Brasília: Embrapa/CNPQ, 2011. 230p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de Solos**. 3.ed. Brasília: Embrapa/CNPQ, 2013. 353p.
- FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M. Efeitos de Sistemas de Manejo de Pastagens nas Propriedades Físicas do Solo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.31, n.4, p.913-932, 2010.
- FLORES, J. P. C.; ANGHINONI, I.; CASSOL, L. C.; et al. Atributos físicos do solo e rendimento de soja em sistema plantio direto em integração lavoura pecuária com diferentes pressões de pastejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.31, n.4, p.771-780, 2007.
- FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; JUNIOR, A. A. B.; et al. Evolution of crop yields in different tillage and cropping systems over two decades in southern Brazil. **Field Crop Research**, v.137, p.178-185, 2009.
- HORN, R.; LEBERT, M. Soil compactability and compressibility. In: SOANE, B. D., VAN OUWERKERK, C. **Soil Compaction in Crop Production**. Amsterdam: Elsevier, 1994. p.45-69.
- IMHOFF, S.; SILVA, Á. D.; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.7, p.1493-1500, 2000.
- KAHLON, M. S.; LAL, R.; ANN-VARUGHESE, M. Twenty two years of tillage and mulching impacts on soil physical characteristics and carbon sequestration in Central Ohio. **Soil & Tillage Research**, v.126, p.151-158, 2013.

- KLUTHCOUSKI, J. Efeito de manejo em alguns atributos de um Latossolo Roxo sob cerrado e nas características produtivas de milho, soja, arroz e feijão, após oito anos de plantio direto. Tese de doutorado. Piracicaba: Esalq, 1998. 179 p.
- LANZANOVA, M. E.; NICOLOSO, R. D. S.; LOVATO, T. et al. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.31, n.5, p.1131-1140, 2007.
- LIMA, R. P.; LEON, M. J.; SILVA, A. R. Resistência mecânica à penetração sob diferentes sistemas de uso do solo. **Scientia Plena**, v.9, n.6, p.16-20, 2013.
- MARCHÃO, R. L.; BALBINO, L. C.; SILVA, E. D.; et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.6, p.873-882, 2007.
- MELO JUNIOR, H. B.; DUARTE, I. N.; BENEDETTI, M. M.; et al. Atributos Físicos de um Latossolo sob Diferentes Sistemas de Manejo. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n.11, p.1-14. 2010.
- MOREIRA, J. A. A.; DE OLIVEIRA, I. P.; GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F. Atributos químicos e físicos de um latossolo vermelho distrófico sob pastagens recuperada e degradada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.35, n.3, p.155-161, 2007.
- NASCENTE, A. S.; DA SILVEIRA, P. M. M.; JUNIOR, M. L.; et al. Atributos químicos de Latossolo sob plantio direto afetados pelo manejo do solo e rotação de culturas. **Revista Caatinga**, v.27, n.4, p.153-163, 2014.
- NEGREIROS NETO, J. V. N.; SANTOS, A. C.; GUANIERI, A. et al. Variabilidade espacial de atributos físico-químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico em sistema plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.1, p.193-204, 2014.
- PEDROTTI, A.; PAULETTO, E. A.; CRESTANA, S.; et al. Resistência mecânica à penetração de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.3, p.521-529, 2001.
- PORTUGAL, A. F.; COSTA, O. D. V.; COSTA, L. M. Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da zona da mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.575-585, 2010.
- RALISCH, R.; MIRANDA, T. M.; OKUMURA, R. S.; et al. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.4, p.381-384, 2008.
- REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade do solo e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista de Ciência Ambiental**, v.27, p. 29- 48, 2003.
- RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; et al. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.26, n.3, p.321-344, 2005.
- ROQUE, C. G.; CENTURION, J. F.; DE ALENCAR, G. V.; et al. Comparação de dois penetrômetros na avaliação da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho sob diferentes usos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.25, n.1, p.53-57, 2008.
- ROSSETTI, K. V.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F.; et al. Atributos físicos do solo em diferentes condições de cobertura vegetal em área de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.7, n.3, p.427-433, 2012.

SARMENTO, P.; RODRIGUES, L. R. A.; CRUZ, M. C. P.; et al. Atributos químicos e físicos de um Argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol.32, n.1, p.183-193, 2008.

SILVA, D. I. B.; SOARES, L. M. S.; ARAÚJO, A. S. F.; et al. Superficial soil quality under management systems for pasture in the state of Piauí, Brazil. **Bioscience Journal**, v.29, n.4, p.867-875, 2013.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; et al. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.12, p.1301-1309, 2013.

STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.395-401, 2001.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G.; SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.2, p.301-309, 1998.

*Recebido: 06/11/2015
Aceito: 11/01/2017*