

COMPACTAÇÃO EM SOLOS COM DISTINTAS CLASSES TEXTURAIS

Caroline Beal Montiel^{1*}, Deonir Secco¹ e Maurício Antônio Pilatti¹

¹Universidade do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura, Campus Cascavel, Rua Universitária, 2069, CEP 85819-110, Bairro Jardim Universitário, Cascavel, PR. *E-mail: caroline_montiel@hotmail.com

RESUMO: A compactação do solo está ligada a intensa modernização das tecnologias utilizadas na agricultura, muitas delas sendo relacionadas ao tráfego intenso de maquinários ao longo dos anos. O manejo dos solos deve levar em consideração a mineralogia dos mesmos, para se ter uma manutenção correta evitando assim danos estruturais deste solo limitando à produção de culturas. A compactação difere em relação aos diferentes tipos de solo, sendo influenciada pela sua textura, podendo assim apresentar diferentes efeitos nesses solos, os quais podem ser analisados pelos fatores físicos como a densidade, a porosidade total, a condutividade hidráulica e a resistência à penetração, ou seja, a textura do solo mostra se ele é mais suscetível ou menos suscetível à deformações por uma força externa seja ela mecânica ou até mesmo animal. Constatou-se que solos de textura mais argilosa são mais suscetíveis à compactação devido sua maior coesividade (devido ao tamanho e forma dos seus constituintes mineralógicos) e pela maior retenção de água comparado a solos de textura mais arenosa. Assim, solos argilosos devem ser manejados de forma a evitar compactação excessiva, visando sempre o aumento do teor de matéria orgânica para aumentar sua resistência à deformação.

PALAVRAS-CHAVE: textura, sustentabilidade agrícola, manejo do solo.

COMPACTION IN SOILS WITH DIFFERENT TEXTURES

ABSTRACT: Soil compaction is plugged intense modernization of the technologies used in agriculture, many of them being related to the traffic of machines over the years. The soil management must take into consideration the mineralogy of the same, to have a proper maintenance thus avoiding structural damage limited to this soil crop production. The compression differs for the different types of soil, being influenced by its texture, can therefore have different effects on these soils, which can be analyzed by physical factors such as density, porosity, hydraulic conductivity and resistance to penetration, i.e., soil texture shows if it is more susceptible or less susceptible to deformation by an external force either mechanical or even animal. It was found that more clayey soils are more susceptible to compaction due to its greater cohesiveness (due to the size and shape of their mineralogical constituents) and higher water retention compared to sandier soils. Thus, clayey soils must be managed to avoid excessive compression, always aiming at increasing the organic matter therein to increase its resistance to deformation.

KEYWORDS: texture, agricultural sustainability, soil management.

INTRODUÇÃO

A compactação do solo tem intensificado com a modernização da agricultura, pela utilização de maquinários cada vez mais pesados e maiores. Em áreas agrícolas e em pastagens, a compactação geralmente ocorre numa camada de no máximo 20 cm de profundidade. No plantio convencional, ocorre a ruptura da camada compactada através dos implementos utilizados no preparo do solo, já no plantio direto ou mesmo em pastagens onde não ocorre o revolvimento do solo, a compactação se dá nas camadas mais superficiais (Reichert et al., 2007). Atualmente a assistência oferecida aos produtores visa à venda de insumos agrícolas e também de maquinários, sendo muitas vezes inapropriados ao solo em que serão utilizados. Tendo em vista que quando utilizados, de acordo com as condições de solo, pode-se ocorrer elevado risco de compactação, afetando então diretamente a disponibilidade de água e nutrientes, a temperatura, a aeração e também a resistência do solo à planta (Santos et al., 2014).

A compactação pode ser definida como a diminuição do índice de vazios de um solo, sob ação de uma força mecânica, ocorrendo então uma reacomodação da fase sólida e gasosa, sem que ocorram perdas na fase líquida (Crispim, 2010). Esta compactação do solo é uma consequência do tráfego de tratores, máquinas e implementos agrícolas durante todo o preparo do solo, no desenvolvimento das culturas até o momento da colheita, tendo como resultado dessa compactação plantas mal desenvolvidas, baixa velocidade de emergência das plantas, coloração das folhas não características, raízes mal formadas e superficiais (Piffer e Benez, 2005). A compactação também reduz as taxas de infiltração de água no solo, tornando-se favorável o escoamento superficial e erosão (Santos et al., 2014).

Segundo Suzuki et al. (2007) o aumento do grau de compactação leva à consequente diminuição da macroporosidade e da condutividade hidráulica de solo saturado e leva ao aumento da resistência do solo à penetração. Este grau de compactação pode ser relacionado aos valores críticos de macroporosidade e a resistência à penetração dependendo do tipo de solo. Observa-se que a resistência à penetração difere de acordo com o tipo de solo, visto que em Latossolos Vermelho Amarelo, por ser mais argiloso, conter maior volume de água e densidade menor, mostrou-se menos resistente à penetração do que em relação ao Latossolo Vermelho (Romero, 2007).

O grau de compactação e a densidade do solo são os atributos que mais apresentam relação de causa de efeito com a pressão de pré-compactação e a resistência da penetração em um Argissolo Amarelo, numa profundidade de 0-20 cm. Assim o aumento do grau de compactação e da densidade foi efeito do aumento da pressão de pré-compactação (Do

Amaral Figueiredo, 2010). Este efeito da compactação também influencia na redução do intervalo hídrico no perfil do solo, e a variação desse intervalo hídrico ótimo juntamente com uma densidade crítica tende a uma redução mais acentuada quando a resistência de penetração também estiver no limite crítico. E em Latossolos Vermelhos a resistência do solo a penetração e a aeração são fatores limitantes em elevados níveis de compactação (Kaiser et al., 2009).

A intensidade do tráfego no solo apresenta efeitos negativos nas propriedades físico-hídrica do solo, elevando valores de resistência mecânica à penetração em profundidades de 0,03 a 0,12 m não havendo diferenças significativas abaixo dessas camadas, elevando valores de densidade nas camadas de 0,0 – 0,1 e 0,1 – 0,2 m, mostrando que a pressão aplicada ao solo se dá de maneira mais acentuada nas camadas superficiais, e também reduzindo a porosidade total e à macroporosidade do solo, os quais foram observados nas camadas de 0,1 – 0,2 m (Mentges et al., 2010).

Este trabalho tem por objetivo analisar o efeito das classes texturais na susceptibilidade a compactação e indicar formas, via manejo, de reduzir o impacto desta.

Influência da textura do solo

A textura do solo é uma distribuição granulométrica de areia, silte e argila, tendo influência nos solos de acordo com a porcentagem de fração dos argilominerais. Em solos com predominância de argila, tendem a maior plasticidade, maior potencial de expansão ou contração, maior compressibilidade e coesão, tendo menores valores da condutividade hidráulica e o ângulo de atrito interno dos argilominerais (Crispim, 2010).

A textura do solo é definida pelas classes de tamanho de partículas de um solo, onde a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo define quatro classes de textura do solo, sendo elas: areia grossa, areia fina, silte e argila. Então o total de partículas de um solo, desconsiderando a matéria orgânica e partículas maiores que 2 mm, é a soma da parte de areia, silte e argila, podendo se ter de 0 a 100% desses componentes. Observa-se que nos solos ocorre influência em algumas propriedades físicas, através do tamanho de partículas predominantes. Em relação a solos arenosos e argilosos, os arenosos apresentam menor porosidade do solo, alta densidade do solo, baixa retenção de água, boa drenagem e maior aeração, mais resistente à compactação, já nos solos argilosos ocorre maior porosidade do solo, menor densidade, elevada retenção de água, são pouco arejados e lenta drenagem da água e são mais suscetíveis a compactação (Reinert e Reichert, 2006).

Um Latossolo Vermelho, quando cultivado em sistema de plantio direto, apresentou graus de compactação elevados, com densidade elevada e o volume de macroporos abaixo do considerado limite crítico para solos de textura muito argilosos. Porém observou-se que nas camadas de 0 a 0,03m ainda mesmo sob pressões as operações de semeadura e adubação em linha reduziram a densidade e acabaram aumentando a porosidade do solo (Genro Junior et al., 2009).

Umidade x compactação do solo

Em relação à umidade ótima de compactação varia de acordo com a textura no solo, sendo que em solos mais arenosos a umidade ótima diminuiu, especialmente naqueles com predominância de areia fina e em solos argilosos ou em solos que apresentam elevados teores de carbono orgânico total a umidade ótima aumentou. Também observou-se que a densidade máxima de compactação aumenta em solos mais arenosos e em solos com maior teor de argila, maior limite de liquidez e de pegajosidade, a densidade diminui (Luciano, 2012).

Matéria orgânica e compactação do solo

Sobre a matéria orgânica, ela tem a capacidade de aumentar a ligação entre as partículas minerais, pela sua elevada quantidade de cargas superficiais e área superficial específica, por isso o incremento de matéria orgânica no solo levaria a um aumento das ligações entre as partículas minerais e conseqüentemente geraria um aumento na resistência do solo à compactação. Porém em Nitossolos bem úmidos isso não ocorre devido à compressibilidade estar sendo limitada pela condutividade hidráulica, não possibilitando o efeito que apresenta a matéria orgânica, mas quando observado um nitossolo mais seco, com seu grau de saturação menor e respectivamente uma compressibilidade maior, o efeito da matéria orgânica foi significativo. Já no Argissolo o aumento do teor de carbono, independente da tensão da água, está ligado a uma maior susceptibilidade à compressão, para este solo a incorporação de matéria orgânica sempre associou-se a diminuição de densidade do solo (Braidá et al., 2009).

Segundo (Braidá *et al.*, 2006) a densidade do solo é dependente da quantidade de palha presente na superfície do solo, onde a camada que apresentou maior quantidade de palha reduziu a densidade máxima obtida pela compactação. Já os maiores volumes de palha na superfície são mais efetivos para amenizar a energia de compactação quando ela for maior.

Efeito de sistemas de manejo na estrutura

Ao exercer uma pressão sobre o solo, eleva-se a densidade em superfície na seguinte sequência, sem compactação, baixa carga, alta carga e carga do trator. Também tem-se variações na resistência a penetração em profundidade, sendo a carga do trator que obteve maiores valores de resistência a penetração (RP), e sem compactação que obteve menores valores de RP (Cavaliere et al., 2009).

A densidade do solo aumenta na área de 10-20 cm, porém não é um fator limitante ao desenvolvimento das plantas. Ao relacionar a densidade e o grau de compactação com os efeitos da escarificação, obteve-se resultados imediatos da escarificação, mas após 6 meses da mobilização do solo ocorreu um aumento muito significativo do grau de compactação devido aos ciclos de umedecimento e secagem do solo conferindo uma maior resiliência, sendo que após um ano não se observou mais os efeitos da escarificação (Silva, 2011).

Um Latossolo Vermelho-Distroférico muito argiloso sob plantio direto a mais de 30 anos, obteve maiores valores do intervalo hídrico ótimo na linha da cultura, e tendo uma adoção de resistência à penetração maior que 2,0 Mpa levaram a um intervalo hídrico ótimo condizente com a qualidade física do solo. Tendo que os valores críticos de intervalo hídrico ótimo e grau de compactação (64-87%) obtido não são limitantes à produção de milho, soja e trigo (Betioli Junior, 2012).

Latossolos oxidícos tem sua susceptibilidade à compactação de acordo com o aumento do teor de argila no solo, então nesses Latossolos muito argilosos e argilosos, qualquer grau de compactação adicional pode ser inevitável mesmo sendo trafegado em condições de baixo conteúdo de água no solo. Mostrando então que a capacidade de suporte de carga e a suscetibilidade a compactação de Latossolos altamente intemperizados são influenciados pela textura do solo (Severiano, 2014).

Latossolos Vermelhos, sendo um solo de textura argilosa e o outro solo de textura franca argilo-arenoso em ciclos de umedecimento e secamento desses solos, houve uma melhora na permeabilidade do solo em relação ao ar, porém não sendo efetivo para a porosidade total, pelo fato de os macroporos sofrerem reduções tendo um maior número de microporos, e nem efetivos para os valores de densidade (Bavoso, 2012).

Quanto mais alto o estado de compactação de um solo, menor será a deformação do mesmo quando submetido a altas pressões, devido a sua densidade já estar próximo do máximo, ou seja, quanto maior a densidade inicial de um solo, menos suscetível ele será a compactação. Em relação à compressão e o teor de argila o índice de compressão tende-se a

aumentar até 390 g kg^{-1} de argila, observando-se então que com o aumento do teor de argila, a capacidade de suportar pressões do solo também aumentou (Suzuki et al., 2008).

Limites críticos de atributos físicos do solo

Limites críticos de densidade foram sugeridos no trabalho de (Reinert et al., 2008) onde ocorreu o crescimento normal das plantas de cobertura até uma densidade de $1,75 \text{ Mg m}^{-3}$, já entre os valores de $1,75$ e $1,85 \text{ Mg m}^{-3}$ observaram algumas deformações nas raízes e acima de $1,85 \text{ Mg m}^{-3}$, as deformações são de engrossamento de raiz, desvios no crescimento vertical, tendo sua concentração nas camadas mais superficiais. Outros limites críticos sobre índice de compactação foram sugeridos onde, no intervalo de $0,70$ a $0,85$ não apresenta problemas em relação ao crescimento de plantas, já valores no intervalo de $0,95$ a $1,00$ apresenta restrições na aeração do solo, tendo então a dificuldade de crescimento das raízes pelo aumento da resistência à penetração (Romero, 2007).

Na cultura do feijoeiro, em um Argissolo Vermelho distrófico arênico, de textura franco-arenosa, observou-se que com o aumento da disponibilidade de água no solo, os prejuízos da compactação não foram significativos, apresentando maior rendimento nos grãos. Já em solos escarificados a utilização de irrigação teve melhorias no crescimento foliar do feijoeiro, aumentando pouco o rendimento de grãos ao compará-lo com o solo compactado. Então em solos compactados observou-se que se houver disponibilidade de água na fase reprodutiva os prejuízos são compensados no rendimento de grãos (Gubiani, Reichert, Reinert, 2014). Em outro estudo na cultura do feijoeiro em um Latossolo Vermelho, constatou-se que de acordo com a variação de umidade do solo e a resistência a penetração, a cultura do feijão teve o seu desenvolvimento de raízes limitado. Sendo que no plantio direto com compactação adicional as raízes mantiveram-se nas camadas mais superficiais, por não conseguirem atingir as camadas mais compactadas e apresentaram deformações. Já no plantio direto as raízes conseguiram atingir maiores profundidades, obtendo melhor distribuição e crescimento. No sistema de plantio direto com compactação adicional, pela restrição de desenvolvimento das raízes, conseqüentemente ocorreu menor desenvolvimento de parte aérea da planta, e conseqüentemente redução na produtividade (Collares et al., 2008).

Na cultura do rabanete utilizando-se solos de textura franco-argilo-arenosa (Nitossolo Vermelho) e textura arenosa (Planossolo sódico), a compactação em que os solos foram submetidos influenciou na produção das raízes na camada mais superficial, inibindo então seu desenvolvimento e distribuição nas camadas mais compactadas (De Moura, 2008).

Em um Latossolo Vermelho Distroférico típico de textura argilosa, ao relacionar compactação com produtividade da cultura do trigo, em quatro estados de compactação em que o solo foi submetido, o tratamento de 5 passadas do rolo compactador causou perdas na produtividade de 23% a menos relacionado a um solo sem compactação e também houve influência direta na taxa de infiltração de água no solo com 97% a menos em relação a um solo não compactado (Bonini et al., 2011).

Em dois tipos de Latossolos (Vermelho distrófico típico argiloso e vermelho distroférico típico argiloso), a cultura do milho foi muito mais sensível aos estados de compactação, reduzindo o seu rendimento de grãos, sendo mais significativa em Latossolos vermelhos distroféricos típico argiloso. Mostrando então que em relação às leguminosas, as gramíneas foram mais expostas aos efeitos da compactação, pois já na cultura da soja não houve decréscimo no rendimento de grãos (Secco et al., 2009).

Em um Argissolo coeso, cultivado com cana-de-açúcar, ao apresentar o valor médio do grau de compactação nas camadas de 20-40 cm, obteve-se o resultado de que a compactação da área pode ser prejudicial no rendimento e no desenvolvimento da cultura. Onde as variáveis, densidade do solo, porosidade total e umidade mostraram elevadas relações com o grau de compactação, limites de consistência e densidade seca máxima do solo. A concentração de carbono orgânico nas camadas superficiais ocasionou um amortecimento das cargas aplicadas no solo, diminuindo também a densidade seca máxima (Tavares, 2012).

Em um Vertissolo sobre manejo de pastejo bovino, ao relacionar pastoreio com alta carga com tratamento sem pastoreio, o maior volume de material orgânico na superfície do solo fez com que houvesse alta capacidade de suporte de carga, elasticidade ao solo e baixa susceptibilidade à compactação. Não tendo então aumento da densidade, nem alterações significativas no índice de compressão do solo e na pressão de pré-consolidação (Capurro, 2014).

Em sistemas de pastejo bovino, com Latossolo Vermelho distrófico típico com textura argilosa, o pisoteio animal pode ser considerado o maior fator responsável pela degradação da estrutura do solo, podendo ser identificados com o aumento da densidade, da microporosidade e a redução da macroporosidade principalmente nas camadas mais superficiais, tendo também elevados valores de resistência à penetração mostrando que houve aumento da compactação, sendo uma consequência do aumento da densidade com valores maiores que $1,4 \text{ Mg m}^{-3}$ e redução da porosidade com valores de macroporos abaixo de 10%. Essas condições de solo, em períodos de seca, podem atrapalhar o desenvolvimento das plantas, por dificultarem o

desenvolvimento radicular, fazendo com que o acesso à água armazenada nas camadas mais profundas seja limitado (Collares et al., 2011).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compactação é consequência de forças externas aplicadas tanto por maquinários agrícolas, como pelo pisoteio de animais, e suas consequências diferem em relação aos diferentes tipos de solo de acordo com sua classe textural.

A classe textural de cada solo determina basicamente quais efeitos da compactação cada solo terá, devido à resposta dos argilominerais predominantes em cada tipo de solo, podendo ser mais suscetíveis ou menos suscetíveis à compactação.

Constatou-se que solos de textura mais argilosa são mais suscetíveis à compactação, devido sua maior coesividade (devido ao tamanho e forma dos seus constituintes mineralógicos) e pela maior retenção de água comparado a solos de textura mais arenosa.

Assim, solos argilosos devem ser manejados de forma a evitar compactação excessiva, visando sempre o aumento do teor de matéria orgânica no mesmo para aumentar sua resistência à deformação.

REFERÊNCIAS

BAVOSO, M.A.; Silva, A.P.D.; FIGUEIREDO, G.C.; TORMENA, C.A.; GIAROLA, N.F.B. Resiliência física de dois latossolos vermelhos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36(6), p.1892-1904, 2012.

BETIOLI JUNIOR, E.; MOREIRA, W.H.; TORMENA, C.A.; BERNABE FERREIRA, C.J.; SILVA, A.P.D.; BALAREZO GIAROLA, N.F. Intervalo hídrico ótimo e grau de compactação de um Latossolo Vermelho após 30 anos sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36(3), p.971-982, 2012.

BONINI, A.K.; SECCO, D.; SANTOS, R.F.D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J. M. Atributos físico-hídricos e produtividade de trigo em um Latossolo sob estados de compactação. **Ciência Rural** (UFSM. Impresso), v. 41, p.1543-1548, 2011.

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

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M.D.; REINERT, D.J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio Proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30(4), p.605-614, 2006.

CAVALIERI, K.M.V.; SILVA, Á.P.D.; ARVIDSSON, J.; TORMENA, C.A. Influence of mechanical load levels on physical properties of a eutric cambisol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33(3), p.477-485, 2009.

CAPURRO, E. P. G.; SECCO, D.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Compressibility and elasticity of a Vertissol affected by the intensity of grazing cattle, **Ciência Rural**, v. 44, p.283-288, 2014.

COLLARES, G.L., REINERT, D.J., REICHERT, J.M., KAISER, D.R. Compactação superficial de Latossolos sob integração lavoura-pecuária de leite no noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, 41(2), 2011.

COLLARES, G.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; KAISER, D.R. Compactação de um latossolo induzida pelo tráfego de máquinas e sua relação com o crescimento e produtividade de feijão e trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso), v. 32, p. 933-942, 2008.

CRISPIM, F.A. "Influência de variáveis de compactação na estrutura dos solos: caracterizações geotécnica, química, mineralógica e microestrutural." **Tese Doutorado** (UFV), Viçosa-MG, 2010.125 p.

DE MOURA, P.M.; BEZERRA, S.A.; RODRIGUES, J.J.V.; BARRETO, A.C. Efeito da compactação em dois solos de classes texturais diferentes na cultura do rabanete. **Revista Caatinga**, 21(5), 2008.

DO AMARAL FIGUEIREDO, M.; DE ASSIS BRITO, Í.; DE SANTANA, W.A.; ROCHA, C.T.V. COMPACTAÇÃO DO SOLO EM TRILHAS DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO (soil compaction in trails of conservation units). **Revista Mercator**, 9(19), 2010.

GENRO JUNIOR, S.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J. M.; ALBUQUERQUE, J.A. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. **Ciência Rural** (Impresso), v. 39, p.65-73, 2009.

GUBIANI, P.I.; REICHERT, J.M.; REINERT, D. J. Interação entre disponibilidade de água e compactação do solo no crescimento e na produção de feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (impresso), v. 38, p.765-773, 2014.

KAISER, D.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; COLLARES, G.L.; KUNZ, M. Intervalo hídrico ótimo no perfil explorado pelas raízes de feijoeiro em um Latossolo sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso), v. 33, p.845-855, 2009.

LUCIANO, R.V.; Albuquerque, J.A.; COSTA, A.; BATISTELLA, B.; WARMLING, M.T. Atributos físicos relacionados à compactação de solos sob vegetação nativa em região de altitude no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.1733-1744, 2012.

MENTGES, M.I.; REICHERT, J.M.; ROSA, D.P.; VIEIRA, D.A.; ROSA, V.T.; REINERT, D.J. Propriedades físico-hídricas do solo e demanda energética de haste escarificadora em Argissolo compactado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, p.315-321, 2010.

PIFFER, C.R.; BENEZ, S.H. Desenvolvimento do sistema radicular de amaranto, milho e pé-de-galinha em diferentes níveis de compactação. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.20, n. 1, p.50-52, 2005.

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. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 5, p.49-134, 2007.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Propriedades físicas do solo. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria/Centro de Ciências Rurais, 2006. Disponível em: https://www.agro.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_n_o_saturada_do_solo_texto.pdf

REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, J.M.; AITA, C.; CUBILLA, M.M. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso), v. 32, p.1806-1816, 2008.

ROMERO, E.M. Condutividade hidráulica, porosidade e resistência à penetração em Latossolos artificialmente compactados. 2007. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/5510>.

SANTOS, F.S.; ZANAO JUNIOR, L.A.; SECCO, D.; DIAS, P.P.; TOMASSONI, F.; PEREIRA, N. A utilização de plantas de cobertura na recuperação de solos compactados. **Revista Acta Iguazu**, v. 3, p. 82-91, 2014.

SECCO, D.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; SILVA, V.R.. Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois latossolos compactados e escarificados. **Ciência Rural** (Impresso), v. 39, p.58-64, 2009.

SEVERIANO, E. D. C. Alterações estruturais de Latossolos representativos da região do cerrado e potencial de uso de solos cultivados com cana-de-açúcar. 2014. **Tese de doutorado** (UFL) Lavras-MG.

SILVA, S.G.C. Variação temporal da densidade do solo e do grau de compactação de um Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado. 2011. PhD **Thesis**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.

SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; LIMA, C.L.R. de. Estimativa da susceptibilidade à compactação e do suporte de carga do solo com base em propriedades físicas de solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Impresso), v. 32, p.963-973, 2008.

SUZUKI, L.E.A.S.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; LIMA, C.L.R. de. Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p.1159-1167, 2007.

TAVARES, U.E.; ROLIM, M.M.; PEDROSA, E.M.; MONTENEGRO, A.A.; MAGALHÃES, A.G.; BARRETO, M.T. Variabilidade espacial de atributos físicos e mecânicos de um Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.11, p.1206-1214, 2012.