

Efeitos do tempo de adoção do sistema plantio direto em atributos físicos de um Latossolo argiloso

Helton Aparecido Rosa¹, Gustavo Veloso¹, Deonir Secco¹, Guilherme Gabriel Ruffato¹,
Leandro César Marcondes¹ e Reginaldo Ferreira Santos¹

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, PPGEA – Programa de Pós Graduação em Energia na Agricultura – Nível Mestrado, Cascavel /PR.

helton.rosa@hotmail.com, veloso_g@hotmail.com, deonir.secco@unioeste.br, ggrruffato@hotmail.com, leandro_marcondes92@hotmail.com, reginaldo.santos@unioeste.br

Resumo: O sistema plantio direto foi decisivo no controle da erosão do solo, porém tem provocado alterações negativas no estado estrutural do solo, especialmente em Latossolos argilosos. O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto do tempo de adoção do sistema plantio direto na estrutura do solo, através da determinação da densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt) e resistência do solo à penetração (Rs) em diferentes profundidades. O experimento foi realizado em um Latossolo Vermelho Distroférrico típico (Embrapa, 2006), em quatro propriedades no município de Ubitatã, Paraná. A densidade do solo e o volume de macroporos, microporos, bem como a porosidade total foram determinados em amostras de solo indeformadas, conforme metodologia preconizada pela EMBRAPA (1997), nas profundidades de 0,0-0,1; 0,1-0,2 e 0,2-0,3 m. A resistência do solo à penetração foi mensurada na profundidade de 0,0-0,4m, utilizando-se um penetrômetro de impacto tipo cone, (STOLF, 1991). Os tratamentos constaram de quatro propriedades com diferentes tempos de adoção do sistema plantio direto: 2(SPD2), 6(SPD6), 10(SPD10) e 15 anos(SPD15). De maneira geral os valores de Ds e Rs sofreram um aumento a medida que aumentou o tempo de adoção do SPD, já para o espaço poroso (Pt e Macroporosidade) teve efeito inverso.

Palavras-Chave: espaço poroso, densidade, resistência do solo.

Effects of time of adoption of no-tillage on physical attributes of a clayey Oxisol

Abstract: No-tillage has been instrumental in controlling soil erosion, but has caused negative changes in soil structure, especially in clayey Oxisols. The objective of this study was to evaluate the impact of time of adoption of tillage on soil structure, by determining the bulk density (Ds), macroporosity (Ma) and microporosity (Mi), total porosity (Pt) and resistance to penetration (R) at different depths. The experiment was conducted in a Hapludox (Embrapa, 2006), in four properties in the municipality of Ubitatã, Paraná. Soil bulk density and macroporosity, microporosity and total porosity were determined on undisturbed soil samples, according to the methodology recommended by EMBRAPA (1997), at depths of 0.0-0.1, 0.1 to 0, and 0.2-0.3 m². The resistance to penetration was measured at a depth of 0.0 to 0.4 m, by using an impact penetrometer cone (STOLF, 1991). Treatments consisted of four properties at different times of adoption of no-tillage: 2 (SPD2), 6 (SPD6), 10 (SPD10) and 15 (SPD15). In general the values of Ds and Rs have increased as we increased the time of adoption of the SPD, as for the pore space (Pt and macroporosity) had the opposite effect.

Key words: pore space, density, soil resistance.

Introdução

A busca por um sistema de cultivo que melhore a estrutura do solo ao longo do tempo, causando o menor impacto ambiental, é essencial à agricultura moderna. Neste contexto, deve-se adotar um sistema de cultivo que contribua para melhoria da qualidade do solo, aumentando a produtividade das culturas e reduzindo o custo final de produção (Melo *et al.*, 2007).

O método que se difundiu bastante nos últimos anos foi o sistema plantio direto (SPD). Ele está apoiado em três requisitos que são: o não revolvimento do solo, a manutenção da cobertura e a rotação de culturas.

No sistema plantio direto, a ausência ou revolvimento mínimo do solo, favorece a manutenção de teores de água mais elevados em virtude da manutenção dos resíduos culturais e, aliado ao tráfego sistemático de máquinas pode promover compactação excessiva na superfície do solo (Tormena e Roloff, 1996).

A compactação devida ao sucessivo tráfego de máquinas e implementos agrícolas impõe ao solo tensões compactantes que condicionam maior grau de orientação de partículas, culminando no aumento da densidade do solo e na redução do espaço poroso, principalmente os macroporos (Secco, 2003).

A compactação, além de proporcionar restrição ao crescimento radicular, afeta a infiltração e a condutividade hidráulica, além de promover alterações nos processos químicos e biológicos no solo (Assis *et al.*, 2009).

Dentre as propriedades físicas que compõem a estrutura do solo estão a densidade e a resistência do solo à penetração que são consideradas indicadores de qualidade estrutural, pois estão diretamente ligados ao crescimento radicular e da parte aérea da planta. (Rosa *et al.*, 2012)

A Densidade do solo (D_s) é a relação entre a massa de solo seco e o volume total de solo. Os valores normais para solos arenosos variam de 1,2 à 1,9 g cm⁻³, enquanto solos argilosos representam valores mais baixos, de 0,9 à 1,7 g cm⁻³. Valores de D_s associados ao estado de compactação com alta probabilidade de oferecer riscos de restrição ao crescimento radicular situam-se em torno de 1,65 g cm⁻³ para solos arenosos e 1,45 g cm⁻³ para solos argilosos (Reinert e Reichert, 2006).

De acordo com Reinert *et al.* (2008) a classificação mais usual da porosidade refere-se à sua distribuição de tamanho. A mais usual é a classificação da porosidade em duas classes: micro e macroporosidade. A microporosidade é uma classe de tamanho de poros que, após ser saturada em água, a retém contra a gravidade. Os macroporos, ao contrário, após serem

saturados em água não a retém, ou são esvaziados pela ação da gravidade. A funcionalidade desses poros fica evidente quando se considera que os microporos são os responsáveis pela retenção e armazenamento da água no solo e os macroporos responsáveis pela aeração e pela maior contribuição na infiltração de água no solo.

De acordo com Beutler e Centurion (2004) a resistência do solo à penetração tem sido freqüentemente utilizada como indicador da compactação do solo em sistemas de manejo, por ser um atributo diretamente relacionado ao crescimento das plantas e de fácil e rápida determinação.

O aumento da resistência do solo à penetração pode ser restritivo ao crescimento radicular, quando acima de valores, que variam de 1,5 a 4,0 MPa (Silva *et al.*, 2006). É recomendado que a resistência do solo a penetração seja medida com o teor de água próximo à capacidade de campo, situação em que se consegue boa correlação entre a densidade do solo, a resistência à penetração e o crescimento radicular. No entanto, o período em que o solo permanece na capacidade de campo é pequeno, de modo que a resistência do solo pode rapidamente variar de níveis não impeditivos para impeditivos com a secagem do mesmo (Assis *et al.*, 2009).

Estudos sobre atributos físicos do solo ao longo do tempo são de suma importância para poder monitorar suas características, visando à aplicação de um manejo adequado ao solo.

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o impacto do tempo de adoção do sistema plantio direto nas condições da estrutura do solo através da determinação da densidade do solo (Ds), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), porosidade total (Pt) e resistência do solo à penetração (Rs) em diferentes profundidades.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no ano de 2006 em quatro propriedades rurais, manejadas sob sistema plantio direto, localizadas no terceiro planalto paranaense, no município de Ubatã. Em todas as áreas o solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico (Embrapa, 1999). O clima, segundo a classificação Köppen é Cfa: subtropical superúmido mesotérmico, com estações bem definidas, com a tendência de chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida. A temperatura média nos meses quentes é de 26°C, e nos meses frios de 16°C (IAPAR, 1994).

Os tratamentos se configuraram em quatro propriedades com diferentes tempos de adoção do SPD:

Propriedade 01: dois anos de adoção do SPD (SPD2) - A localização geográfica é 24 ° 33 '95'' de latitude Sul e 53 ° 01 '95'' de longitude oeste. A altitude é de 412 m.

Propriedade 02: seis anos de adoção do SPD (SPD6) - A localização geográfica é 24 ° 35 '02'' de latitude Sul e 53 ° 03 '70'' de longitude oeste. A altitude é de 407 m.

Propriedade 03: dez anos de adoção do SPD (SPD10) - A localização geográfica é 24 ° 31 '09'' de latitude Sul e 53 ° 00 '08'' de longitude oeste. A altitude é de 445 m.

Propriedade 04: quinze anos de adoção do SPD (SPD15)- A localização geográfica é 24 ° 31 '58'' de latitude Sul e 53 ° 06 '28'' de longitude oeste. A altitude é de 476 m.

Nos últimos cinco anos a rotação de cultura existente em todas as propriedades foi o plantio de soja e milho safrinha no verão e de trigo no inverno.

Em cada propriedade-tratamento, abriram-se cinco trincheiras de 0-0,3m, que se configuraram como repetições, onde coletou-se amostras indeformadas de solo para a determinação da Ds e espaço poroso do solo nas profundidades de 0-01; 0,1-02 e 0,2-0,3m.

A densidade do solo, porosidade total e o volume de macroporos e microporos foram determinados conforme metodologia preconizada pela EMBRAPA (1997).

A resistência do solo à penetração foi mensurada nas profundidades de 0,0-0,4 m, utilizando-se um penetrômetro de impacto tipo cone, (Stolf, 1991), sendo posteriormente calculado o Ic para cada camada de 2,5cm de profundidade.

Por não configurar um delineamento experimental pela falta de casualização destes tratamentos e para dar caráter científico a este trabalho, as médias de tratamentos foram comparadas pelo teste t de Student a 5% de significância.

Resultados e Discussão

As quatro propriedades rurais apresentam tempos distintos de adoção do SPD. A análise granulométrica das quatro propriedades estão mostradas na Tabela 1.

Em relação à profundidade de 0-0,10m o tratamento SPD2 apresentou valores inferiores que diferiam estatisticamente dos demais tratamentos, ou seja, o plantio direto com menos tempo de implantação apresentou uma menor densidade do solo para essa camada. Fato também verificado para a profundidade de 0,10-0,20m onde o comportamento foi semelhante. Resultados que corroboram com Costa *et al.* (2006) que analisando um SPD depois dez anos de sua implantação, observaram valores mais altos de densidade nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,30m, em função provavelmente, do menor conteúdo de matéria orgânica e do acúmulo das pressões exercidas pelo tráfego nestas camadas.

Tabela 1 - Análise granulométrica

Propriedade	Granulometria (%)		
	Areia	Silte	Argila
SPD -2	6,42	56,86	36,72
SPD -6	6,55	48,93	44,52
SPD -10	7,91	44,71	47,38
SPD -15	7,25	47,43	45,32

A Tabela 2 apresenta os valores médios de densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade para os diferentes tempos de adoção do SPD em três profundidades.

Tabela 2 – Valores médios de Ds, Pt, macroporosidade e microporosidade para os quatro tempos de adoção do SPD.

Profundidade	SPD2	SPD6	SDP10	SPD15
Densidade do solo (g.cm ⁻³)				
0 - 0,1m	1,14 A	1,26 B	1,37 B	1,29 B
0,1 - 0,2m	1,19 A	1,32 B	1,30 B	1,26 B
0,2 - 0,3m	1,18 A	1,25 A	1,24 A	1,26 A
Porosidade total (%)				
0 - 0,1m	57,86 A	53,19 B	53,17 B	52,19 B
0,1 - 0,2m	55,20 A	52,00 B	52,01 B	55,64 A
0,2 - 0,3m	57,16 A	54,59 A	52,86 A	55,64 A
Macroporosidade (%)				
0 - 0,1m	14,76 A	18,14 B	12,36 A	15,19 A
0,1 - 0,2m	14,27 A	15,09 A	14,03 AB	16,84 A
0,2 - 0,3m	13,50 A	13,97 A	12,3 A	16,84 B
Microporosidade (%)				
0 - 0,1m	42,42 A	38,44 AB	39,99 A	36,42 B
0,1 - 0,2m	40,92 A	36,92 AB	37,98 B	37,81 AB
0,2 - 0,3m	43,65 A	40,63 B	39,83 BC	37,81 C

Médias de tratamentos seguidas da mesma letra na linha, não diferem significativamente entre si pelo Teste-t de Student ao nível de 5% de significância.

Já a camada mais profunda, compreendida entre 0,20-0,30m, os diferentes tratamentos se mostraram estatisticamente semelhantes, o que indica que o tempo de adoção do SPD não influenciou em um aumento considerável da densidade do solo nessa camada.

O sistema SPD2 mostrou-se diferente dos demais em se tratar da Pt na camada 0-0,10m, apresentando o maior valor, provavelmente devido ao curto período de implantação do sistema plantio direto. Na segunda camada compreendida entre 0,10-0,20m os sistemas SPD6 e SPD10 apresentaram valores inferiores de porosidade total e diferiram do SPD2 e SP15. Na

camada de 0-20-0,30m os sistemas não apresentaram diferenças estatísticas. Em estudo de Costa *et al.* (2006) a Pt diminuiu com a profundidade, e foi estatisticamente menor a partir da profundidade de 0,1m, possivelmente em função do maior teor de matéria orgânica na camada superficial e do acúmulo das pressões abaixo de 0,1m de profundidade, resultante do tráfego.

Para a macroporosidade, o tratamento SPD6 na camada de 0-0,10m apresentou valor superior e diferiu dos demais tempos de implantação. Aratani *et al.* (2009) comparando SPD de 5 e 12 anos, verificou que a macroporosidade no de cinco anos apresentou diferenças estatísticas na camada de 0-0,10 m, onde apresentou maiores valores em relação ao SPD de 12 anos.

Em relação à camada de 0,10-0,20m o SPD-10 se mostrou estatisticamente semelhante ao SPD-2 e diferiu dos demais tratamentos, que foram considerados semelhantes. Na camada de 0,2-0,3m o SPD15 apresentou valor superior de macroporosidade, diferindo dos demais tratamentos.

A microporosidade no tratamento SPD15 na camada de 0-0,10m apresentou valor inferior, diferindo dos demais tratamentos, exceto ao SPD6, que foi considerado estatisticamente igual a SPD2 e SPD10.

Enquanto na camada de 0,10-0,20m o SPD10 foi estatisticamente igual a SPD6 e SPD15 e diferiu de SPD2. Em geral os maiores valores de microporosidade foram encontrados na profundidade de 0,20-0,30m. O que corrobora com resultados encontrados por Argenton *et al.* (2005), onde constataram que nos sistemas plantio direto e cultivo mínimo, a microporosidade tende a aumentar ao longo do perfil do solo, devido a baixa mobilização proporcionada por esses sistemas de cultivo.

Para a profundidade de 0,20-0,30m, o SPD15 apresentou o menor valor entre os sistemas e foi significativamente igual ao SPD6 e SPD10, com exceção de SPD2 que apresentou maior valor de microporosidade diferindo de todos os demais.

No geral os maiores valores de microporosidade foram encontrados no SPD com menor tempo de implantação e estão de acordo com Melo *et al.* (2007) que comparando os períodos de 4 e 8 anos de implantação do SPD, verificaram que os maiores valores de microporosidade foram obtidos na área trabalhada a 4 anos, devido ao menor tempo de implantação do sistema plantio direto.

A Figura-1, mostra o comportamento da resistência do solo a penetração (Rs) nas profundidades de 0-0,40m nos quatro diferentes tempos de adoção do SPD.

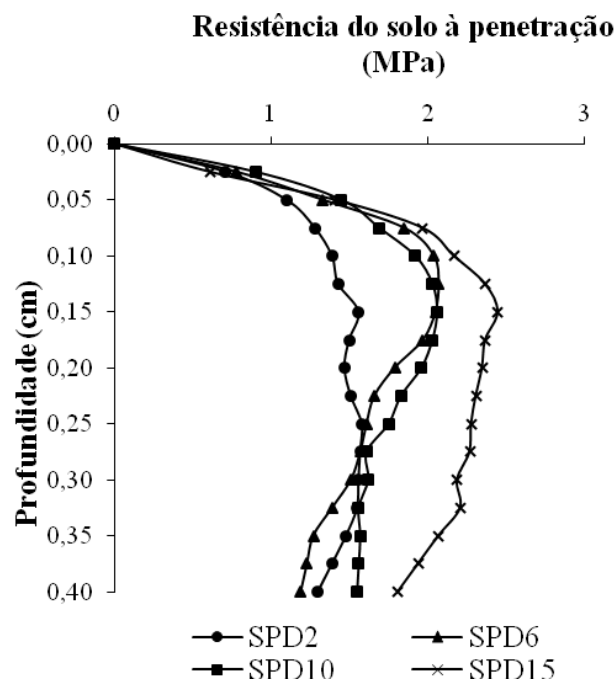


Figura 1 - Resistência do solo à penetração, referente a diferentes tempos de adoção do SPD.

Segundo Tormena *et al.*(2004); Beutler *et al.* (2001) valores de R_s maiores que 2 MPa têm sido considerados restritivos ao crescimento das raízes e das plantas. Embora os valores críticos de R_s dependam das espécies de plantas, estes podem ser distintos entre os sistemas de manejo do solo. No caso do SPD, os bioporos no solo podem atuar como rotas alternativas para o crescimento das raízes numa matriz mais compactada.

Observa-se que o comportamento da R_s em relação aos diferentes tempos de adoção, estão de acordo e seguem a mesma tendência dos valores de D_s . Mostrando assim, que de maneira geral quanto maior foi o tempo de adoção do SPD, maiores foram os valores de D_s e R_s .

Os maiores valores encontrados de R_s por Costa *et al.*(2006) para sistemas plantio direto de 8 e 10 anos, foram de 1,91 e 1,96 MPa respectivamente e foram próximos aos encontrados nesse estudo, exceto ao SPD15 que apresentou valores superiores a 2MPa.

De acordo com Secco *et al.*(2000), fica difícil determinar se o estado de compactação do solo é crítico ou não, daí a necessidade de buscar maiores informações e correlacioná-las com o desenvolvimento das culturas.

Comparando a R_s , nota-se que na camada de 0,10-0,20 ocorreram os maiores valores de R_p entre todos os períodos de implantação do SPD, o que corrobora com Silva *et al.*(2000) em um plantio direto observaram maiores valores de R_s na camada de 0,07-0,17cm.

Altos valores de Rs podem restringir a percolação da água e prejudicar o crescimento das raízes, com reflexos na produtividade das culturas. Tendo-se em vista a variabilidade intrínseca deste atributo, não existe consenso sobre o valor acima do qual ocorrem restrições (Costa *et al.*, 2006).

Conclusão

De maneira geral os valores de Ds e Rs sofreram um aumento a medida que aumentou o tempo de adoção do SPD, já para o espaço poroso (Pt e Macroporosidade) teve efeito inverso.

Referências

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

ARGENTON J.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; WILDNER, L.P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29: 425-435, 2005.

ASSIS, R.L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; LANÇAS, K.P.; LAZARINI, G.D. Avaliação da resistência do solo à penetração em diferentes solos com a variação do teor de água. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, 2009

BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na Região dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.167-177, 2001.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.6, p.581-8, 2004.

COLLARES, G.L.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. & KAISER, D.R. Qualidade física do solo na produtividade da cultura do feijoeiro num Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41:1663-1674, 2006

COSTA, E.A.; GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 7, July 2006 .

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de solos. Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 4212 p.

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 de Ciência do Solo**, Viçosa , v. 28, n. 3, June 2004 .

IAPAR - **Instituto Agrônômico do Paraná. Cartas Climáticas do Estado do Paraná**. Londrina, 1994.

MELO, D. DE; PEREIRA, J. O.; NÓBREGA, L. H. P.; OLIVEIRA, M. C. DE; MARCHETTI, I.; KEMPSKI, L. A. Características físicas e estruturais de um latossolo vermelho sob sistemas de plantio direto e cultivo mínimo após quatro e oito anos de plantio direto. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.15, n.3, 228-237, Jul./Set., 2007

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. **Propriedades físicas do solo**. Santa Maria, 2006.

REINERT, D.J.; ALBUQUERQUE, J.A.; REICHERT, J.M.; AITA, C.; ANDRADA, M.M.C. Limites críticos de densidade do solo para o crescimento de raízes de plantas de cobertura em argissolo vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa , v. 32, n. 5, Oct. 2008.

ROSA, H.A.; SECCO, D. ; VELOSO, G. ; SANTOS, R. F. ; SOUZA, S. N. M. ; MARINS, A. C. ; BORSOI, A. 2012. Effects of the use of cover crops in the structure of an oxisol managed by a no-till farming system in the west of Paraná, Brazil. **International Journal of Food, Agriculture and Environment**, v. 10, p. 1278-1280, 2012.

SECCO, D.; SILVA, V.R.; RUBIN, R.B.; JUNIOR, S.A.G.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Efeitos da compactação nos atributos físicos do solo e na produtividade da cultura do trigo, em Latossolo Vermelho-Escuro no sistema plantio direto. **Anais: Reunião brasileira de manejo e conservação do solo e da água**, 13., 2000, Viçosa – MG.

SECCO, D. **Estados de Compactação de dois Latossolos sob Plantio Direto e suas Implicações no Comportamento Mecânico e na Produtividade de Culturas**. Santa Maria – RS, 2003. (Doutorado em Agronomia)

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. 2000. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, 30

SILVA, S.R.; BARROS, N.F.; COSTA, L.M. Atributos físicos de dois Latossolos afetados pela compactação do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, Dec. 2006 .

STOLF, R. Impact penetrometer Stolf model: datamanipulation program version 2.1. us Araras, Universidade Federal de São Carlos, 1991. (Software em disquete com 68 K).

SILVA, A.J.N.; CABEDA, M.S. V. Compactação e compressibilidade do solo sob sistemas de manejo e níveis de umidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2006, vol.30, n.6, p. 921-930

TORMENA, C.A. & ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 20:333-339, 1996.

TORMENA, C. A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J.C.; COSTA, A. C. S.; FIDALSKI, J.. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Vol. 28 nº.6 Viçosa, Nov/Dez. 2004.