

# SEÇÃO I - FÍSICA DO SOLO

## ESTRUTURA DE UM NITOSSOLO VERMELHO LATOSSÓLICO EUTROFÉRICO SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO, PREPARO CONVENCIONAL E FLORESTA<sup>(1)</sup>

Mausy Marchel Marques Domingos<sup>(2)</sup>, Nelson Vicente Lovatto  
Gasparetto<sup>(3)</sup>, Paulo Nakashima<sup>(3)</sup>, Ricardo Ralisch<sup>(4)</sup> & João  
Tavares Filho<sup>(5)</sup>

### RESUMO

Alterações estruturais causadas no solo pelos sistemas de manejo podem resultar em compactação e interferir no desenvolvimento radicular das culturas. Com o objetivo de avaliar os influxos do tipo de manejo sobre a estrutura do solo, por meio de métodos qualitativo (perfil cultural) e quantitativo (densidade), realizou-se um estudo em solo derivado do basalto, com textura argilosa a muito argilosa, no município de Maringá (PR), Terceiro Planalto Paranaense, coordenadas 23 ° 29 ' S e 51 ° 59 ' W, submetido aos sistemas de manejo convencional com sucessão de milho (*Zea mays* L.) e soja (*Glycine max*); e plantio direto com rotação de trigo (*Triticum* spp.), milho (*Zea mays* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris*), aveia-preta (*Avena strigosa*) e soja durante 20 anos. Próximo desses locais, selecionou-se área de floresta como testemunha. Amostras indeformadas foram coletadas a partir dos volumes homogêneos de solo, verificados na descrição do perfil cultural: duas amostras em solo sob floresta, duas em plantio direto e três amostras em solo com manejo convencional. A análise física associada às análises morfológicas das estruturas do solo para as profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm permite concluir que: (a) o tipo de manejo do solo agrícola determina quantidades distintas de horizontes antrópicos; (b) a condição apresentada pelo volume estrutural infere a forma de exploração do solo pelas raízes; (c) os processos de compactação no solo sob manejo convencional ocorrem tanto em profundidade como em lateralidade;

---

<sup>(1)</sup> Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Bolsista da CAPES. Recebido para publicação em janeiro de 2009 e aprovado em agosto de 2009.

<sup>(2)</sup> Mestranda em Geografia – PGE, Universidade Estadual de Maringá – UEM. Av. Colombo 5790, CEP 87020-900 Maringá (PR). E-mail: mausymmd@gmail.com

<sup>(3)</sup> Professor do Departamento de Geografia, DGE/UEM. E-mails: nvlgasparetto@uem.br; pnakashima@uem.br

<sup>(4)</sup> Professor do Centro de Ciências Agrárias - CCA(UEL). E-mail: ralisch@uel.br

<sup>(5)</sup> Professor do Centro de Ciências Agrárias - CCA(UEL). E-mail: tavares@uel.br

**(d) o sistema plantio direto mostrou-se mais favorável do ponto de vista da qualidade estrutural; (e) o método do perfil cultural é eficiente em avaliações morfológicas do solo.**

**Termos de indexação: manejo do solo, física do solo, perfil cultural.**

**SUMMARY: EVALUATION OF THE STRUCTURE OF A EUTROFERRIC RED NITOSOL UNDER NO-TILLAGE, CONVENTIONAL TILLAGE AND FOREST**

*Structural changes caused by management systems to soil can result in compaction and may change crop root development. With the aim to evaluate the effects of the farming systems on the soil structure by qualitative (cultural profile) and quantitative (soil density) methodologies, a field study was carried out in Maringá, state of Paraná, Brazil (23 ° 29 ' S, 51 ° 59 ' W). A conventional tillage system with crop succession of corn (*Zea mays L.*) and soybean (*Glycine max*) and a no-till system with crop rotation of wheat (*Triticum spp.*), corn (*Zea mays L.*), common bean (*Phaseolus vulgaris*), black oats (*Avena strigosa*), and soybean (*Glycine max*) established for more than 20 years were evaluated. An area under natural forest near the experimental field was evaluated as reference. After the description of the cultural (soil) profile, deformed samples were collected from the homogeneous soil volumes: two samples under forest, two samples in the no-till system and three samples in the conventional system. The physical and morphologic analyses of the soil structures of the layers 0–20 and 20–40 cm showed: (a) the two different tillage system promoted distinct depths of anthropic horizons; (b) the soil structure affected root distribution; (c) soil compaction under conventional system occurred in vertical and horizontal directions (d) soil structure was best under the no-till system; (e) the cultural profile methodology is efficient in soil morphology evaluations.*

*Index terms: soil management, soil physics, soil structure, soil profile.*

## INTRODUÇÃO

O solo, além de constituir-se em um valioso recurso natural, é componente dos ecossistemas terrestres. Desempenha funções tais como sustentar a produção de matéria orgânica, prover *habitat* para a biota, colaborar para a qualidade do ar e dos recursos hidrológicos, apoiar projetos de engenharia, preservar registros arqueológicos e manter valores estéticos da paisagem (Lal, 2004).

O uso do solo consiste em uma das variáveis que integram as mudanças globais e alteram os sistemas ecológicos (Vitousek, 1994). Nesse contexto, formas de cultivo por meio de técnicas convencionais podem ser caracterizadas por insistência em modelos insustentáveis, pela susceptibilidade de certos tipos de solo a processos erosivos e, conseqüentemente, pelas perdas de ativos da natureza (Lal, 2000).

O manejo dos solos tropicais objetivando sua sustentabilidade faz parte de alguns dos desafios das ciências ambientais. O uso intensivo do solo, o tráfego de máquinas e o emprego sistemático de práticas agrícolas impróprias resultam em modificações morfológicas (Manichon, 1982), físicas (Kay, 1990) e biológicas (Brussaard, 1994), além de restringir o crescimento e o desenvolvimento das raízes (Letey,

1985) e influenciar na perda de nutrientes por processos erosivos (Cogo et al., 2003).

Os preparos primário e secundário do solo, realizados durante o cultivo, alteram sua estrutura, implicando, por um lado, a diminuição do volume de terra explorado pelas raízes (Manichon, 1982) e, por outro, a menor taxa de infiltração e maior escoamento superficial das águas pluviais (Hellin, 2006).

Segundo Kay (1990), a porosidade, a resistência mecânica e a estabilidade da superfície do solo constituem as características estruturais mais relevantes do ponto de vista do crescimento das culturas e transporte de nutrientes. Estudos dessa natureza indicam que sistemas de manejo (Phillips & Young Júnior, 1973) associados às condições desfavoráveis de preparo do solo (Dias Júnior & Pierce, 1996) e ao tráfego de máquinas (Hillel, 1998) alteram a estrutura e resultam em maior compactação, interferindo, conseqüentemente, em processos como retenção, infiltração e redistribuição da água, permeabilidade e erosão hídrica.

Além disso, solos compactados com densidades elevadas podem restringir ou mesmo impedir o crescimento aéreo e radicular de plantas (Muller & Rosolem, 2001). Yágodin et al. (1986) registram que o decréscimo da porosidade em conseqüência dos

processos de compactação influencia, sobretudo, a aeração e a absorção dos elementos de nutrição mineral pelas plantas.

Essas limitações poderão ser diagnosticadas a partir de avaliação qualitativa da estrutura do solo pelo método do perfil cultural, que permite verificar, em solos agrícolas, o estado físico de horizontes antropizados em decorrência do tráfego de máquinas e da ação dos órgãos ativos dos implementos agrícolas (Manichon, 1982; Tavares Filho et al., 1999).

Com base nessas considerações, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar a compactação do solo em sistemas de manejo, a partir da utilização de dois métodos distintos: quantitativo e qualitativo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Maringá (PR), coordenadas 23 ° 29 ' S e 51 ° 59 ' W, no Terceiro Planalto Paranaense (Maack, 2002). Os solos com teor de argila variando de 590 a 710 g kg<sup>-1</sup>, entre 0 e 40 cm de profundidade, foram identificados por Skraba & Nakashima (2007) como Nitossolo Vermelho Latossólico eutroférico (Embrapa, 2006) argiloso a muito argiloso. O material de origem do solo é o basalto e o relevo é suave ondulado, com altitude de 450 m (MINEROPAR, 2006). O clima é mesotérmico úmido com verão quente, *Cfa* conforme a classificação de Köppen; com precipitação pluvial média anual entre 1.500 e 1.600 mm e temperaturas médias anuais entre 20 e 21 °C, com médias máximas de 27 a 28 °C e mínimas entre 16 e 17 °C (Silveira, 2003). A vegetação primária é do tipo Floresta Tropical latifoliada perenifolia (Maack, 2002).

Os manejos consistiram em sistema convencional de plantio (PC) e semeadura direta (PD), praticados há 20 anos em áreas de 10 e 22 ha, respectivamente. Na semeadura direta, a forma de cultivo é representada pela rotação das culturas de milho (*Zea mays* L.), aveia-preta (*Avena strigosa*), trigo (*Triticum* spp.), feijão (*Phaseolus vulgaris*) e soja (*Glycine max*). No preparo convencional, o solo é revolvido com subsolador a cada três anos, com sucessão de milho e soja. Utilizou-se área próxima, sob floresta, como referencial indicador dos resultados, a qual apresenta relevo com fraca declividade (3 %), semelhante ao apresentado na área investigada.

A análise geral da área deu-se por meio de levantamento de campo; imagens orbitais (Google Earth/2005); imagens suborbitais – fotos aéreas (prefeitura Municipal); carta de declividade e hipsométrica a partir de carta topográfica na escala 1:50.000 do IBGE, tratadas com auxílio do programa computacional *Spring 4.0* – Sistema de Processamento de Informações Geocodificadas.

As trincheiras, localizadas na área de topo das vertentes, foram abertas no sentido transversal à

linha de plantio e a morfologia dos agregados do solo foi verificada até a profundidade de 40 cm, segundo a proposta metodológica do perfil cultural. Consistiu na descrição dos modos de organização e do estado interno dos volumes de solo encontrados ao longo do perfil (Tavares Filho et al., 1999).

Por ser o Perfil Cultural um método que viabiliza diagnosticar, qualitativamente, o estado estrutural do solo no campo, com auxílio de faca, foram delimitados volumes de solo alterados pelo manejo comparando-os àqueles encontrados no solo sob mata nativa. De modo geral, foram analisados porosidade a olho nu, continuidade dos poros, consistência, textura, atividade biológica, umidade, direção e formato das raízes e fissuras.

Para análise quantitativa, a coleta de solo com estrutura indeformada de cada volume homogêneo, identificado durante a descrição do perfil cultural, foi de duas amostras para o solo sob floresta, duas para o plantio direto, e três amostras para o manejo convencional. A profundidade de amostragem foi de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm para o solo sob mata e plantio convencional, respectivamente; e de 5 a 15 cm, 15 a 40 cm para o solo sob plantio direto. As amostras foram retiradas com anéis de aço.

A densidade do solo foi avaliada segundo o método da Embrapa (1997). Coletaram-se amostras com estrutura indeformada por meio de anéis de aço com volume interno conhecido (Va). Transferiu-se a amostra para cápsulas de Al, deixando-as na estufa a 105 °C por 24 h. Após o resfriamento em dessecadores, procedeu-se à pesagem para obtenção do peso seco das amostras (MS). Para o cálculo da densidade, utilizou-se a seguinte fórmula:  $D_s(\text{Mg m}^{-3}) = \text{MS}/V_a$ .

O solo amostrado também foi submetido às análises textural (NBR 7181/84), de densidade de partícula (NBR 6508/84), de teor de óxidos (Mehra & Jackson, 1960) e de espécies de minerais da fração argila (Camargo, 1986).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se na fração argila predomínio de caulinita e, em menor quantidade, vermiculita (Quadro 1). Na mineralogia dos óxidos, foram encontradas hematita, maghemita, goethita e gibbsita, os quais são comuns nos solos tropicais originados do basalto (Costa, 2002).

Os óxidos (hematita, maghemita, goethita, gibbsita) podem apresentar comportamentos diferenciados decorrente do fato de possuírem propriedades distintas resultantes, ora de sua composição química, ora de sua estrutura cristalina. Sobre tal afirmação, Skinner (1985) relata que, quimicamente, óxidos de Fe como hematita e goethita,

por exemplo, são diferentes quanto ao teor de Fe, apresentando 70,0 e 62,9 %, respectivamente. Essas especificidades implicam estruturas do solo diferentes do ponto de vista da estabilidade dos agregados (Murti et al., 1977).

Encontra-se, no quadro 2, a caracterização (densidade de partícula, densidade do solo, porosidade total, granulometria, óxidos de Fe e Al) dos volumes de solo verificados na descrição do perfil cultural para o solo sob floresta, plantio convencional e plantio direto nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm. Segundo as classes de textura propostas pelo Sistema Americano, de acordo com o Soil Survey Manual (Estados Unidos, 1993), verificou-se em todos os manejos textura argilosa a muito argilosa, com densidades de partícula entre 2,98 e 3,11 Mg m<sup>-3</sup>, as quais refletem mineralogia específica a solos oriundos de rocha que apresenta, em sua composição original, minerais ferromagnesianos (Embrapa, 1984).

Descrições morfológicas realizadas por Skraba & Nakashima (2007) mostram que as vertentes na Gleba Pinguim-ribeirão Floriano são convexas e apresentam, aproximadamente, 500 a 700 m de comprimento. As declividades são fracas, sendo até 3 % (plano), 3 a 8 % (suave ondulado), e 8 a 20 % (ondulado) nos setores de alta, média e baixa vertente, respectivamente. Seu

desnível é de aproximadamente 42 m. Nesses segmentos da vertente, ocorre o Nitossolo Vermelho Latossólico eutroférico. O sistema pedológico dessa gleba é constituído pelos horizontes Ap, B nítico e Bw.

Nas figuras 1, 2 e 3 é apresentado esquema da descrição qualitativa dos agregados do solo sob floresta, plantio convencional e plantio direto, respectivamente.

Alves (2007), estudando o solo sob floresta localizada próxima da área pesquisada, encontrou solo com estrutura não alterada pelo manejo (NAM); drenagem e permeabilidade satisfatórias e a camada de serrapilheira com 15 cm de espessura. Até 20 cm de profundidade, o perfil apresenta estrutura granular média-grande, fraca a moderada; porosidade abundante, com macroporos do tipo tubular; atividade biológica abundante e grande quantidade de raízes pivotantes com até 1,5 cm de diâmetro. A partir de 30 cm, a estrutura apresenta tendência a ter microagregado; porosidade tubular e estrutural; atividade biológica comum e poucas raízes.

Na avaliação do modo de organização dos volumes de solo encontrados na descrição do perfil cultural sob manejo convencional, verificou-se, na profundidade entre 0 e 20 cm, estruturas fragmentadas por fissuras (FΔmt/gt) com torrões compactados em seu estado

**Quadro 1. Constituintes minerais do horizonte B nítico do Nitossolo Vermelho Latossólico eutroférico da Gleba Pinguim-ribeirão Floriano**

Óxidos livres			Argilominerais		
Hematita	Maghemita	Goethita	Gibbsita	Caulinita	Vermiculita
g kg <sup>-1</sup>					
660	210	130	60	790	150

**Quadro 2. Caracterização do solo (densidade de partícula-Dp, densidade do solo-Ds, porosidade total-Pt, argila, silte, areia e óxidos livres) sob floresta, plantio convencional e plantio direto na Gleba Pinguim-ribeirão Floriano**

Profundidade	Dp	Ds	Pt	Argila	Silte	Areia	Óxidos livres		
							Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
cm	— Mg m <sup>-3</sup> —		%	g kg <sup>-1</sup>					
Floresta									
0-20	2,98	1,05	64,76	650	305	45	112,96	5,3	
20-40	3,02	1,15	61,92	640	315	45	127,62	5,83	
Plantio convencional									
0-20	3,1	1,32	57,42	590	310	10	139,19	7,95	
20-40	3,02	1,6	47,02	710	235	55	122,06	5,3	
Plantio direto									
0-20	3,11	1,6	48,55	590	310	10	128,59	7,93	
20-40	3,04	1,16	61,84	680	240	8	118,14	7,43	

interno e passíveis de individualização a olho nu. Para as profundidades entre 20 e 40 cm, o volume de solo apresenta-se contínuo e o estado interno dos torrões em processo de compactação ( $C\Delta\mu$ ). Nessas profundidades, os torrões não são individualizados a olho nu.

Nos volumes  $F\Delta mt/gt$  do solo sob manejo convencional, as estruturas são angulosas prismáticas com faces de ruptura plana e coesão a seco elevada. A ausência de terra solta e o estado de compactação dos torrões limitam o desenvolvimento das raízes, as quais apresentam poucas ramificações e crescem em meio às fissuras. Os poros não são visíveis a olho nu. Nessas estruturas, a porosidade pode estar comprometida, pois teoricamente formas piramidais apresentam menor porcentagem de poros em relação às cúbicas (Hillel, 1998). Nas profundidades seguintes (20 a 40 cm), os torrões mostram-se ora poliédricos bem compactos, ora não compactos com porosidade pouco desenvolvida.

No solo sob manejo plantio direto, o primeiro volume (L) apresenta estruturas do tipo esferoidais grumosas, com faces de ruptura rugosa, constituídas por terra fina em meio aos restos de plantas de cobertura. Na sequência as estruturas são laminares com fissuras (FZ), que, por sua vez, demonstram

refletir, por um lado, o não revolvimento total que caracteriza esse tipo de manejo e por outro lado, a ação das raízes superficiais das plantas de rotação que exercem influência positiva do ponto de vista da estrutura do solo (Primavesi, 1985).

Além da visibilidade dos poros a olho nu, nesse manejo, no horizonte antropizado  $F\Delta\mu mt$ , entre 5 e 15 cm, as radicelas e as raízes cruzam os agregados do volume de solo. A partir dessa profundidade, não se verificam sinais de alteração pelo manejo (NAM), refletindo condições naturais do solo, tal qual se verificam em solos sob mata, onde as estruturas, ao longo do perfil, não apresentam alteração pelo uso agrícola (Tavares Filho et al., 1999).

Sobre as densidades do solo analisadas para cada volume estrutural encontrado na descrição do perfil, verifica-se que as unidades homogêneas  $F\Delta\mu gt$  e  $F\Delta\mu mt$  do solo sob manejo convencional, observadas na profundidade entre 0 e 20 cm, apresentam densidades de  $1,32$  e  $1,23 \text{ Mg m}^{-3}$ , respectivamente; porém, na profundidade entre 20 e 40 cm, encontrou-se  $1,60 \text{ Mg m}^{-3}$  de densidade, maior em relação ao solo sob manejo plantio direto para essa mesma profundidade.

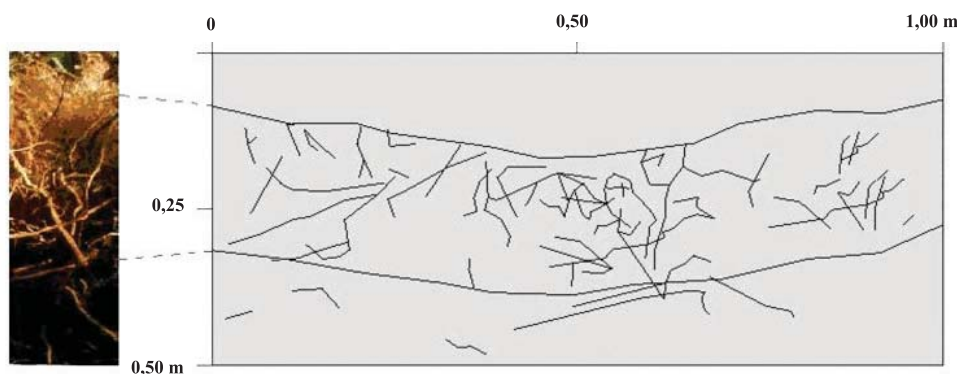


Figura 1. Perfil pedológico do solo sob floresta da Gleba Pinguim-ribeirão Floriano. Adaptado de Alves (2007).

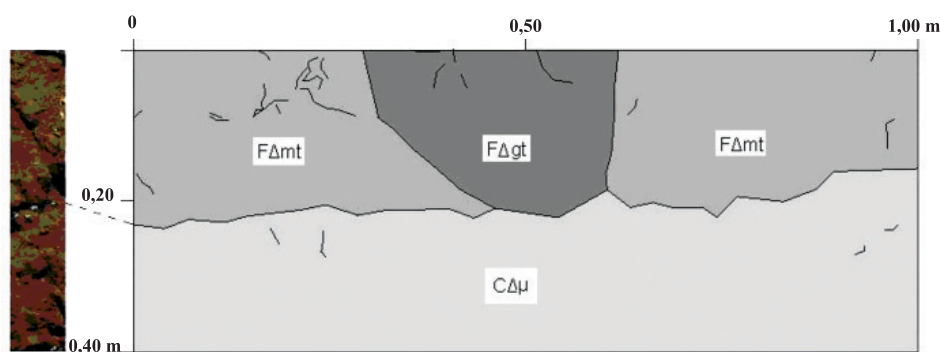


Figura 2. Perfil cultural do solo sob plantio convencional.  $F\Delta mt$ : em processo de compactação, com fissuras – médios torrões;  $F\Delta gt$ : em processo de compactação, com fissuras – grandes torrões;  $C\Delta\mu$  (em processo de compactação, contínuo).

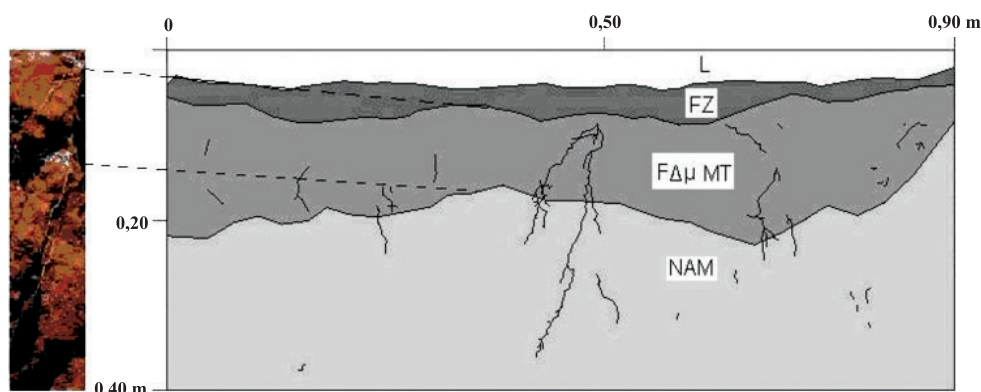


Figura 3. Perfil cultural do solo sob manejo plantio direto. L: livre; FZ: estrutura laminar, com fissuras; F $\Delta\mu$  mt: em processo de compactação, com fissuras – médios torrões; NAM: não alterado pelo manejo.

O aumento da densidade do solo em profundidade sugere efeito negativo da mecanização agrícola. No geral, o aparecimento de camadas mais compactadas, pé-de-grade ou camada de aradura são resultados do constante trabalho do solo, tráfego de maquinário e tratos culturais (Tormena & Roloff, 1996).

Verifica-se (Figura 4) que as estruturas compactadas ( $\Delta$ ), além de diferirem em profundidade, também apresentam-se distintas em sua lateralidade. Constata-se, no volume estrutural homogêneo, F $\Delta$ gt densidade do solo maior ( $1,32 \text{ Mg m}^{-3}$ ) em relação à unidade F $\Delta$ mt, a qual apresenta  $1,23 \text{ Mg m}^{-3}$  de densidade.

As diferentes densidades verificadas para o solo sob plantio convencional, do ponto de vista da espacialidade dos volumes de solo, parecem indicar dois importantes aspectos, a saber: as alterações nas propriedades do solo ocorrem lateral e verticalmente, e a ação de

implementos como escarificadores, subsoladores, arados e grades niveladoras se manifestam, em geral, tanto na densidade do solo como no volume e distribuição de tamanho dos poros (Tavares Filho et al., 1999).

Para o solo sob manejo plantio direto, verificou-se  $1,6 \text{ Mg m}^{-3}$  de densidade nas primeiras profundidades (5–15 cm), que pode estar relacionado à ausência de mobilização do solo que caracteriza esse tipo de manejo. Esse valor é similar aos verificados por Marcolin (2006), em avaliação realizada em Sarandi (RS), em Latossolo com semelhante teor de argila ( $573 \text{ g kg}^{-1}$ ) que relata densidade entre  $1,50$  e  $1,60 \text{ Mg m}^{-3}$  para essa profundidade do perfil.

Na camada de solo mais profunda do manejo plantio direto, entre 15 e 40 cm, a densidade de  $1,16 \text{ Mg m}^{-3}$  sugere ser benéfica do ponto de vista das necessidades edáficas por corresponder à encontrada no solo sob mata para a mesma profundidade. Sobre a menor densidade verificada a partir dos 15 cm de profundidade, outros estudos mostram que o sistema semeadura direta ora mantém, ora melhora as propriedades físicas do solo, perturbando o mínimo sua estrutura (Sidiras et al., 1984).

O aumento da densidade em profundidade observado no solo sob floresta pode apresentar relação com as pressões exercidas pelas camadas superiores, podendo promover compactação pela redução da porosidade. Além disso, a movimentação de material fino dos horizontes superiores também pode contribuir nesse processo (Hillel, 1998).

O método quantitativo acrescido do método do perfil cultural, utilizadas neste estudo, contribuiu para uma visão mais global dos problemas verificados no campo e facilitou o entendimento das influências do manejo do solo sobre suas estruturas, em especial nos processos de infiltração da água, erosão e, principalmente, no comportamento das raízes.

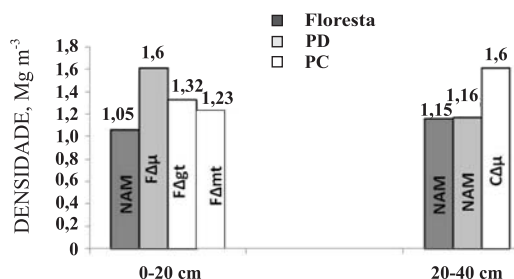


Figura 4. Densidade nos volumes estruturais homogêneos do solo sob floresta, plantio convencional e plantio direto - F $\Delta$ gt/mt/ $\Delta\mu$  (com fissuras, compactado-grandes torrões/médios torrões), C $\Delta\mu$  (contínuo, em processo de compactação) e NAM (não alterado pelo manejo).

## CONCLUSÕES

1. O tipo de manejo do solo agrícola determina quantidades distintas de horizontes antrópicos.
2. A condição apresentada pelo volume estrutural infere a forma de exploração do solo pelas raízes.
3. Os processos de compactação no solo sob manejo convencional ocorrem tanto em profundidade como em lateralidade.
4. O sistema plantio direto mostrou-se mais favorável do ponto de vista da qualidade estrutural.
5. O método do perfil cultural é eficiente em avaliações morfológicas do solo.

## AGRADECIMENTOS

Aos professores do Centro de Ciências Agrárias – CCA da Universidade Estadual de Londrina, em especial João Tavares Filho e Ricardo Ralisch, pelos ensinamentos e pelas sugestões, sobretudo, pelo reconhecimento da importância de práticas interdisciplinares em estudos ambientais.

## LITERATURA CITADA

- ALVES, G.B.; GONÇALVES JÚNIOR, F.A. & NAKASHIMA, P. Alterações das propriedades físicas dos solos, em decorrência do uso e manejo, no alto curso da bacia do ribeirão Floriano, Maringá - PR. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – EAIC (PIBIC/CNPq). 16., 2007, Ponta Grossa. Anais. Ponta Grossa, 2007. CD ROOM
- BRUSSAARD, H.G. Effects of compaction on soil biota and soil biological processes. In: SOANE, B.D. & van OUWERKERK, C., eds. Soil compaction in crop production. Amsterdam, Elsevier, 1994. p.215-231.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A. & VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 1986. 94p. (Boletim Técnico, 106).
- COGO, N.P.; LEVIEN, R. & SCHWARZ, R.A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. R. Bras. Ci. Solo, 27:743-753, 2003.
- COSTA, C.S. Determinação de cobre, Al e Fe em solos derivados do basalto através de extrações sequenciais. Química Nova, 25:548-552, 2002.
- DIAS JR., M.S. & PIERCE, F.J. O processo de compactação do solo e sua modelagem. R. Bras. Ci. Solo, 20:175-182, 1996.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Paraná. Curitiba, Embrapa/SNLCS/IAPAR, 1984. 791p. (Boletim Técnico, 57)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, Embrapa-SPI; Rio de Janeiro, Embrapa-Solos, 2006. 306p.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Division. Soil Conservation Service. Soil survey staff. Soil survey manual. Washington, 1993. 437p. (USDA. Agriculture Handbook, 18)
- HELLIN, J. Better land husbandry. Enfield, Martin J Haigh Science Publishers, 2006. 315p.
- HILLEL, D. Environmental soil physics. New York, Academic Press, 1998. 771p.
- KAY. B.D. Rates of change of soil structure under different cropping systems. Adv. Soil Sci., 12:1-41, 1990.
- LAL, R. Physical Management of soils of the tropics: Priorities for the 21st century. Soil Sci., 165:191-203, 2000.
- LAL, R. & SHUKLA, M.K. Principles of soil physics. New York, Marcel Dekker, 2004. 716p.
- LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. Adv. Soil. Sci., 1: 277-293, 1985.
- MANICHON, H. Influence des systèmes de culture sur de profil cultural: Élaboration d'une méthode de diagnostic basé sur l'observation morphologique. Paris, Institut National Agronomique Paris-Grignon, 1982. 241p. (Tese de Doutorado)
- MARCOLIN, C.D. Propriedades físicas de Nitossolo e Latossolo Argilosos sob plantio direto. Passo Fundo, Universidade de Passo Fundo Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2006. 98p. (Tese de Mestrado)
- MEHRA, O.P. & JACKSON, M.L. Iron oxide removal from soils and clay by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. Clays Clay Miner., 7:317-327, 1960.
- MINEROPAR. Minerais do Paraná. Minas do Paraná. Curitiba, 2006. 105p.
- MAACK, R. Geografia física do Estado do Paraná. 3.ed. Curitiba, Imprensa Oficial, 2002. 440p.
- MURTI, K.G.S.R.; SINGH, G. & RENGASAMY, P. The nature of soil clays and the stability of microaggregates. Aust. J. Soil Res., 15:115-119, 1977.
- MULLER, M.M. & ROSOLEM, C.A. Influência da compactação do solo em subsuperfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. R. Bras. Ci. Solo, 25:531-538, 2001.
- PHILLIPS, S.H. & YOUNG, H.M. No-Tillage farming. Milwaukee, Reiman Associates, 1973. 224p.
- PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: Agricultura em regiões tropicais. São Paulo, Nobel, 1985. 549p.

- SIDIRAS, N.; VIEIRA, S.R. & ROTH, C.H. Determinação de algumas características físicas de um Latossolo Roxo distrófico sob plantio direto e convencional. R. Bras. Ci. Solo, 8:265-268, 1984.
- SILVEIRA, L.M. Análise rítmica dos tipos de tempo no Norte do Paraná, aplicada ao clima local de Maringá-PR. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2003. 504p. (Tese de Doutorado)
- SKINNER, B.J. Recursos minerais da terra. São Paulo, Blucher, 1985. 139p.
- SKRABA, M.M. & NAKASHIMA, P. Estudo dos sistemas pedológicos da Bacia do Ribeirão Pinguim – Maringá. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – EAIC (PIBIC/CNPq). 16., Ponta Grossa, 2007. Anais... Ponta Grossa, 2007. CD ROOM
- TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M.F.; MEDINA, C.C.; BALBINO, L.C & NEVES, C.S.V.J. Método do perfil cultural para avaliação do estado físico de solos em condições tropicais. R. Bras. Ci. Solo, 23:393-399, 1999.
- TORMENA, C. A. & ROLLOF, G. Dinâmica da resistência e penetração de um solo sob plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 20:333-339, 1996.
- VITOUSEK, P.M. Beyond global warming: Ecology and global change. Ecology, 75:1891-1897, 1994.
- YÁGODIN, B.; SMIRNOV, P. & PETERBURGSKI, A. Agroquímica. Traduzido por: Ramiro R. Zabaco. Moscou, Mir Publishes, 1986. 416p.