

# AGREGAÇÃO E PROTEÇÃO FÍSICA DA MATÉRIA ORGÂNICA EM PLANOSSOLO HÁPLICO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO

## AGGREGATION AND PHYSICAL PROTECTION OF ORGANIC MATTER IN ALBAQUALF UNDER DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS

**Daiane Carvalho dos SANTOS<sup>1</sup>; Cláudia Liane Rodrigues de LIMA<sup>2</sup>; Roberta Jeske KUNDE<sup>3</sup>; Juliana dos Santos CARVALHO<sup>4</sup>; Lenon Morales ABELJON<sup>4</sup>; Clenio Nailto PILLON<sup>5</sup>**

1. Pós-doutoranda, Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil. [santos.daiane@gmail.com](mailto:santos.daiane@gmail.com); 2. Professora, Doutora, Departamento de Solos, Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, Pelotas, RS, Brasil; 3. Mestranda, Departamento de Solos - UFPEL, Pelotas, RS, Brasil; 4. Graduandos em Ciências Biológicas, Universidade Católica de Pelotas – UCPEL, Pelotas, RS, Brasil; 5. Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil.

**RESUMO:** Identificar os mecanismos de estabilização da matéria orgânica (MO) que atuam com maior eficiência em solos hidromórficos é essencial para compreender e avaliar a dinâmica da MO nestes agroecossistemas. O objetivo deste estudo foi avaliar a agregação, o teor de carbono orgânico total (COT) do solo e de carbono nas frações físicas da MO, em Planossolo Háplico Eutrófico solódico, sob diferentes sistemas de manejo; além de caracterizá-la por Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR). O presente estudo foi realizado na Estação Experimental de Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. A área experimental foi implantada em 2003. Em novembro de 2007, foram amostradas duas camadas (0,000 - 0,025 m e de 0,025 - 0,075 m) de solo em áreas sob preparo convencional (PC), plantio direto (PD) e campo nativo (CN). A qualidade estrutural na camada superficial do solo sob PC e PD foi afetada nas classes de agregados de 4,76 a 0,50 mm. O PC e o PD apresentaram reduções nos teores de COT do solo, carbono da fração grosseira, fração leve livre (FLL) e fração leve oclusa (FLO). Em curto período de tempo (quatro anos), os sistemas de manejo não influenciaram a fração pesada (FP). As proporções das frações físicas da MO em relação ao COT aumentaram na ordem FLL<FLO<FP. A FLL apresentou maior proporção de compostos mais lábeis em relação à FLO.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fração leve livre. Fração leve oclusa. Fração pesada. Carbono orgânico total e Espectroscopia.

### INTRODUÇÃO

Estudos têm indicado que determinados compartimentos da matéria orgânica (MO) são capazes de detectar, mais rapidamente, mudanças nos teores de carbono (C) associadas ao manejo do solo. As reduções nestes compartimentos são, de modo geral, maiores que as observadas, quando se considera apenas o teor total de C (PINHEIRO et al., 2004; XAVIER et al. 2006, CONCEIÇÃO, 2006). Alterações em curto prazo podem ser verificadas através do fracionamento físico granulométrico e/ou densimétrico da MO, sendo sensíveis em primeira ordem, o C da fração grosseira (CFG) e/ou C da fração leve livre (FLL) (FREIXO et al., 2002a), sendo o C da fração leve oclusa (FLO) uma medida de sensibilidade intermediária.

Tão importante quanto conhecer a influência do sistema de manejo sobre o teor de MO, é conhecer a influência sobre a sua qualidade, principalmente quanto às frações físicas e às mudanças no uso do solo. A combinação do fracionamento físico da MO, com o emprego de técnicas analíticas, como espectroscopia, permite a obtenção de informações sobre alguns aspectos da

dinâmica da MO, como sua decomposição, estabilização, funcionalidade e estrutura (HELFRICH et al., 2006; KNICKER et al., 2006).

A espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier por Transmitância (FTIR) é uma técnica rápida, econômica e muito utilizada (RUSSELL; FRASER, 1994). Baseia-se que os diversos tipos de ligações químicas e de estruturas moleculares existentes numa molécula absorvem radiação eletromagnética na região do infravermelho, em comprimentos de onda característicos e, como consequência, os átomos envolvidos entram em vibração. Em um espectrofotômetro de FTIR, a porcentagem de radiação transmitida pela amostra num intervalo de comprimento de onda de 2,5 a 25  $\mu\text{m}$  (infravermelho fundamental, número de onda de 4000 a 400  $\text{cm}^{-1}$ ) é registrada, resultando num espectro contínuo de bandas de absorção (CERETTA et al., 2008). Na análise de amostras de solo e/ou MO, esta espectroscopia é utilizada para identificar grupos carboxilas, hidroxilas, aminas, amidas, estruturas alifáticas e aromáticas, dentre outros (STEVENSON, 1994).

O Rio Grande do Sul destaca-se pelo cultivo do arroz irrigado, sendo responsável atualmente por

60% da produção nacional. Os solos de várzeas (hidromórficos) representam 20% da superfície do estado e deste percentual, aproximadamente 35% são representados pelos Planossolos, concentrando-se, principalmente, no Sul do Estado (PINTO et al., 2004). Há relativa facilidade quanto ao cultivo dos solos com arroz irrigado no RS, devido ao relevo plano, à baixa suscetibilidade à erosão e às condições favoráveis à irrigação. Entretanto, em função de suas características peculiares (densidade elevada, relação micro/macroporos muito baixa e deficiência de drenagem), seu manejo torna-se complexo, requerendo conhecimentos para melhor manejá-los (MAGALHÃES JÚNIOR, 2006).

Os sistemas convencionais de cultivo conduzem a degradação do solo, quando resultam em redução nos teores de MO. No entanto, os sistemas conservacionistas apresentam vantagens relacionadas ao controle da erosão e melhoria na qualidade do solo e da água. Por manter a maior parte dos resíduos culturais na superfície, o plantio direto (PD) permite menores taxas de decomposição da MO, o que favorece a manutenção e acúmulo da MO ao longo do tempo, dependendo da capacidade de aporte de biomassa vegetal da cultura (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

Nos solos de várzea cultivados com arroz irrigado, além do efeito dos sistemas de preparo, o alagamento desestabiliza a estrutura, promovendo uma organização estrutural do solo transitória entre o período drenado e o alagado. Desta forma, a proteção física da MO torna-se um mecanismo pouco eficiente na sua estabilização e a fração leve oclusa (FLO), pouco contribuiria para o acúmulo de C (NASCIMENTO et al., 2009).

Identificar os mecanismos de estabilização da MO que atuam com maior eficiência em solos hidromórficos é essencial para compreender e avaliar a dinâmica da MO nestes agroecossistemas. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi quantificar a agregação e o teor de carbono orgânico

total, avaliar quantitativa e qualitativamente as frações físicas da matéria orgânica e a contribuição relativa dos mecanismos de proteção em Planossolo Háplico, sob diferentes sistemas de manejo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado na Estação Experimental de Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS, (31°49'13" Sul, 52°27'50" Oeste, altitude de aproximadamente 14m), em um Planossolo Háplico Eutrófico solódico (SANTOS et al., 2006) de textura superficial franco (370g kg<sup>-1</sup> de silte, 460g kg<sup>-1</sup> de areia e 170g kg<sup>-1</sup> de argila). O clima da região, de acordo com a classificação climática de Wilhelm Köppen, é do tipo Cfa (C: clima temperado quente, com temperatura média do mês mais frio entre 3 e 18°C; f: em nenhum mês a precipitação pluvial é inferior a 60mm; a: temperatura do mês mais quente é superior a 22°C).

Anteriormente à instalação do experimento, a área tradicionalmente cultivada com arroz irrigado estava sendo cultivada com sorgo há dois anos sob preparo convencional, com aração e gradagens. Na implantação do experimento, no ano de 2003, o solo foi revolvido com grade aradora (preparo primário) e grade niveladora (preparo secundário). No primeiro ano, a cultura do arroz irrigado foi utilizada para uniformizar o solo da área experimental, seguido de pousio invernal.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições, os sistemas de preparo plantio direto (PD) e preparo convencional (PC) foram dispostos em parcelas de 17 x 34m. Composto por azevém (*Lolium multiflorum* Lam) + cornichão (*Lotus corniculatus*), como culturas de cobertura no inverno e rotação soja (*Glycine Max* L.)/milho (*Zea mays* L.)/sorgo (*Sorghum vulgare*) no verão (Tabela 1).

**Tabela 1.** Seqüência de culturas implantadas na área experimental no período de 2003 a 2007. Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado.

	-----Anos agrícola-----							
	2003/04	2004	2004/05	2005	2005/06	2006	2006/07	2007
Preparo	verão	inverno	verão	inverno	verão	inverno	verão	inverno
PC	A	P	S	Az+Cor	M	Az+Cor	Sr	Az+Cor
PD	A	P	S	Az+Cor	M	Az+Cor	Sr	Az+Cor

A = arroz (*Oryza sativa*), P = pousio, S = soja (*Glycine max* L), Az = azevém (*Lolium multiflorum* Lam), Cor = cornichão (*Lotus corniculatus*), M = milho (*Zea mays* L.), Sr = sorgo (*Sorghum vulgare*), PC = plantio convencional, PD = plantio direto.

Como referência, amostrou-se uma área sob campo nativo (CN), adjacente ao experimento, cujo tipo de solo, relevo e demais características são

consideradas representativas da condição original da área experimental, anterior a seu uso agrícola.

O manejo da adubação foi baseado na recomendação de manutenção para as culturas de verão, utilizando-se como fontes minerais, a uréia, o superfosfato triplo e KCl, sendo a adubação de cobertura com nitrogênio (N) adotada somente para o milho e o sorgo. No sistema PC, o manejo do solo foi realizado com grade aradora seguida de grade niveladora. A semeadura das culturas de verão foi realizada com auxílio de máquina semeadora em linha, e as culturas de cobertura de inverno semeadas a lanço sem incorporação nos dois sistemas de preparo (PD e PC).

Em novembro de 2007, anterior ao manejo do solo e à semeadura das espécies de primavera-verão, foram amostradas duas camadas de solo (0,000 - 0,025 m e de 0,025 - 0,075 m), com estrutura não-preservada e preservada. As amostras não-preservadas foram utilizadas para as análises de granulometria, agregados estáveis em água (AEA, %), dos teores de carbono orgânico total (COT), de nitrogênio total (NT) e do fracionamento físico da MO e as preservadas para avaliação da densidade do solo. A granulometria, os AEA e a densidade do solo foram avaliadas conforme Embrapa (1997).

As amostras deformadas de solo foram espalhadas em bandejas para secagem à sombra até atingirem a umidade correspondente ao ponto de friabilidade. Em seguida foram cuidadosamente destorroadas de forma manual, posteriormente, foram peneiradas em malha de diâmetro de 8,00 mm e, divididas em duas partes. A primeira foi macerada em almofariz de ágata para a determinação de COT e NT, e a outra, destinou-se ao fracionamento físico granulométrico e densimétrico.

O fracionamento físico granulométrico foi realizado conforme Cambardella e Elliott, (1992), sendo o C oriundo do material retido na peneira (0,053 mm) correspondente ao carbono da fração grosseira (CFG), enquanto que, o carbono associado aos minerais (CAM), obtido pela diferença entre o COT e o CFG. No fracionamento físico densimétrico (Conceição et al., 2008), utilizou-se uma solução de politungstato de sódio de 2,0 Mg m<sup>-3</sup>. A energia de dispersão por ultra-som foi de 352 J mL<sup>-1</sup>, determinada previamente através de uma curva obtida por níveis crescentes de energia, com o objetivo de determinar o ponto de dispersão total de agregados em partículas primárias. O C da fração pesada (FP) foi obtido por diferença entre o COT do solo e o C da fração leve livre (FLL) adicionado do C da fração leve oclusa (FLO).

Os teores de COT e de NT no solo, no CFG, na FLL e na FLO foram quantificados por oxidação a seco em analisador elementar sendo os resultados

expressos em teor de C e N (g dm<sup>-3</sup>) considerando a densidade de cada camada do solo.

Para o cálculo do C e do N no solo e frações da MO acumulados na camada de 0,000 a 0,075 m somaram-se os valores obtidos nas duas camadas amostradas.

As amostras provenientes do fracionamento físico densimétrico (FLL e FLO) da camada superficial (0,000 - 0,025 m) foram submetidas ao tratamento com solução aquosa de HF 10%, segundo Dick et al. (2005; 2006). Após este tratamento, foi realizada a análise de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR). Os espectros de FTIR por absorvância foram registrados em espectrofotômetro Perkin Elmer – Spectrum 1000, utilizando-se pastilhas preparadas de KBr (1 mg de amostra: 100 mg de KBr; 32 scans, resolução de 4 cm<sup>-1</sup>).

Foi efetuada a análise de variância sendo os resultados comparados pelo teste t e diferença mínima significativa a 5%, com o auxílio do software SAS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os agregados estáveis em água (AEA) apresentaram diferenças nas camadas avaliadas (Figura 1). Na camada superficial e classes de agregados com diâmetro de 4,76 a 0,50 mm, maiores percentagem de AEA foram obtidas sob campo nativo (CN). No entanto, para agregados com diâmetro inferior a 0,25 mm, as maiores percentagens de agregados estáveis foram indicadas pelo PD e PC.

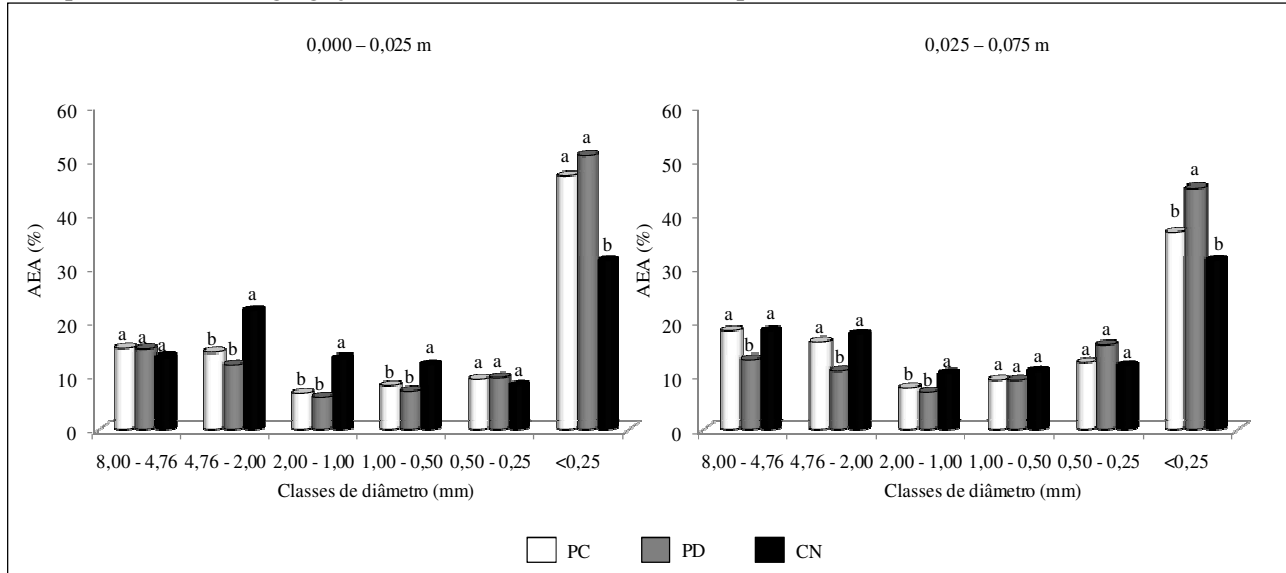
As maiores percentagens de agregados obtidas no solo sob CN nas classes de diâmetro entre 4,76 a 0,50 mm podem ser justificadas pela ausência de atividade antrópica nesta área, favorecendo, a formação de agregados estáveis nas classes de maior diâmetro. Resultados similares foram obtidos por Coutinho et al. (2010) em um Latossolo sob cerrado quando comparado ao PD.

As menores percentagens na classe de agregados com tamanho inferior a 0,25 mm foram encontradas no CN devido à ausência da mobilização do solo neste sistema. Este resultado corrobora com os encontrados por Lima et al. (2008a) ao avaliarem um Planossolo Háptico sob diferentes sistemas de manejo.

Não foram observadas diferenças na camada superficial para os valores de diâmetro médio ponderado de agregados estáveis (DMP) entre os sistemas de manejo (Tabela 2). No entanto, para a camada de 0,025 – 0,075 m, os maiores valores de DMP foram verificados no CN e no PC. Coutinho et

al. (2010) independente da camada analisada encontraram maiores valores de DMP para o solo sob cerrado, quando comparado com PD, atribuindo este fato ao maior aporte de material vegetal sob cerrado, propiciando aumento dos teores de MO e, conseqüentemente, na agregação. De forma similar

ao presente estudo, os maiores teores de COT e de C na FLO na camada de 0,025 – 0,075 m (Tabela 3) foram obtidos sob CN seguido do PC. Com relação ao PC, este fato pode ser justificado em decorrência da incorporação de resíduos culturais no PC quando comparado ao PD.



**Figura 1.** Agregados estáveis em água (AEA) em diferentes classes de diâmetro de um Planossolo Háplico sob sistemas de manejo e camadas.

**Tabela 2:** Diâmetro médio ponderado de agregados estáveis (DMP) de um Planossolo Háplico sob sistemas de manejo e camadas.

Sistemas de manejo*	Camadas (m)	
	0,000 – 0,025	0,025 – 0,075
PC	1,68 a	1,98 a
PD	1,59 a	1,48 b
CN	1,96 a	2,07 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste t que considera a diferença mínima significativa a 5%; \*PC= preparo convencional; PD= plantio direto e CN= campo nativo

**Tabela 3:** Teores de carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (NT), carbono da fração grosseira (CFG), carbono associado aos minerais (CAM), carbono da fração leve livre (FLL), carbono da fração leve oclusa (FLO) e carbono da fração pesada (FP) de um Planossolo Háplico sob sistemas de manejo e camadas.

Sistemas*	g dm <sup>-3</sup>						
	COT	NT	CFG	CAM	FLL	FLO	FP
0,000 – 0,025 m							
PC	23,73 b	1,32 a	6,56 b	17,16 a	3,50 c	5,67 b	14,56 a
PD	26,28 ab	1,52 a	8,22 ab	18,06 a	4,24 b	5,55 b	16,49 a
CN	30,87 a	2,15 a	9,89 a	20,31 a	8,22 a	10,47 a	12,19 a
0,025 – 0,075 m							
PC	22,24 ab	1,21 ab	4,25 a	17,99 a	1,79 a	4,84 b	15,62 a
PD	20,51 b	0,96 b	4,63 a	15,88 a	1,81 a	3,29 c	15,41 a
CN	24,46 a	1,66 a	6,53 a	17,93 a	1,41 a	6,47 a	16,58 a
0,000 – 0,075 m**							
PC	45,97 b	2,53 a	10,81 b	35,15 a	5,29 c	10,50 b	30,18 a
PD	46,79 b	2,48 a	12,85 ab	33,94 a	6,05 b	8,84 b	31,90 a
CN	55,33 a	3,81 a	16,42 a	38,24 a	9,62 a	16,94 a	28,77 a

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna em cada camada não diferem entre si pelo teste t que considera a diferença mínima significativa a 5%; \*PC = preparo convencional; PD = plantio direto e CN = campo nativo; \*\*Os valores representam a soma das duas camadas de solo amostradas.

Na camada superficial e para o acumulado de 0,000 a 0,075 m, diferenças entre os sistemas de manejo, foram verificadas para os teores de COT, CFG, FLL e FLO, sendo os maiores teores observados no CN (Tabela 3). Na camada de 0,025 a 0,075 m, diferenças foram verificadas para os teores de COT, NT e FLO, sendo os maiores valores indicados pelo CN. Os maiores teores de COT no CN podem ser explicados pela não utilização agrícola, havendo um maior equilíbrio entre as taxas médias de adição de C no solo e as taxas de decomposição dos resíduos culturais ao longo do tempo (AMADO et al., 2006).

Adicionalmente, Neves et al. (2005) também verificaram reduções nos teores de COT em Latossolo quando o uso do solo sob floresta foi substituído por culturas anuais. Wendling et al. (2005) observaram que o cultivo de um Latossolo sob culturas anuais também reduziu o teor de COT.

Na camada superficial, os teores de COT, CFG e FLL decresceram na ordem CN>PD>PC, para os teores acumulados na camada de 0,000 a 0,075 m mesma tendência para os sistemas de manejo foram verificados para o CFG e para FLL. Carneiro et al. (2009), trabalhando em Latossolo, não encontraram diferenças nos teores de COT, até 0,10 m, entre os sistemas PD e PC, atribuindo ao fato de que no PC não havia mobilização constante, o que contribuiu para uma maior preservação da palhada sobre o solo existente entre uma cultura e outra, favorecendo a manutenção do teor de COT.

No entanto, Rosa (2010) trabalhando em Planossolo sob sistemas de manejo de arroz irrigado, após 21 anos de experimento, encontrou maior teor de COT na sucessão de azevém x arroz sob PD, em comparação ao sistema de cultivo contínuo de arroz sob PC, atribuindo essa diferença à manutenção da cobertura vegetal e ao mínimo revolvimento do solo no sistema PD, comparativamente à maior taxa de decomposição da MO existente no sistema PC.

Houve influencia nos teores de COT, CFG, FLL e FLO perante as alterações do manejo na camada superficial do solo (0,000 – 0,025 m) (Tabela 3). Freixo et al. (2002a); Pinheiro et al. (2004); Conceição et al. (2005); Conceição (2006) e Lima et al. (2008b), relataram que os teores de CFG e FLL constituem indicadores sensíveis à qualidade dos sistemas de manejo, possibilitando verificar este efeito em curto e médio prazos, enquanto que a variação no estoque de COT e NT do solo inteiro permite caracterizar o efeito dos sistemas de uso e manejo do solo à longo prazo.

O efeito positivo do PD sobre os teores de COT, CFG e FLL, em relação ao PC, na camada

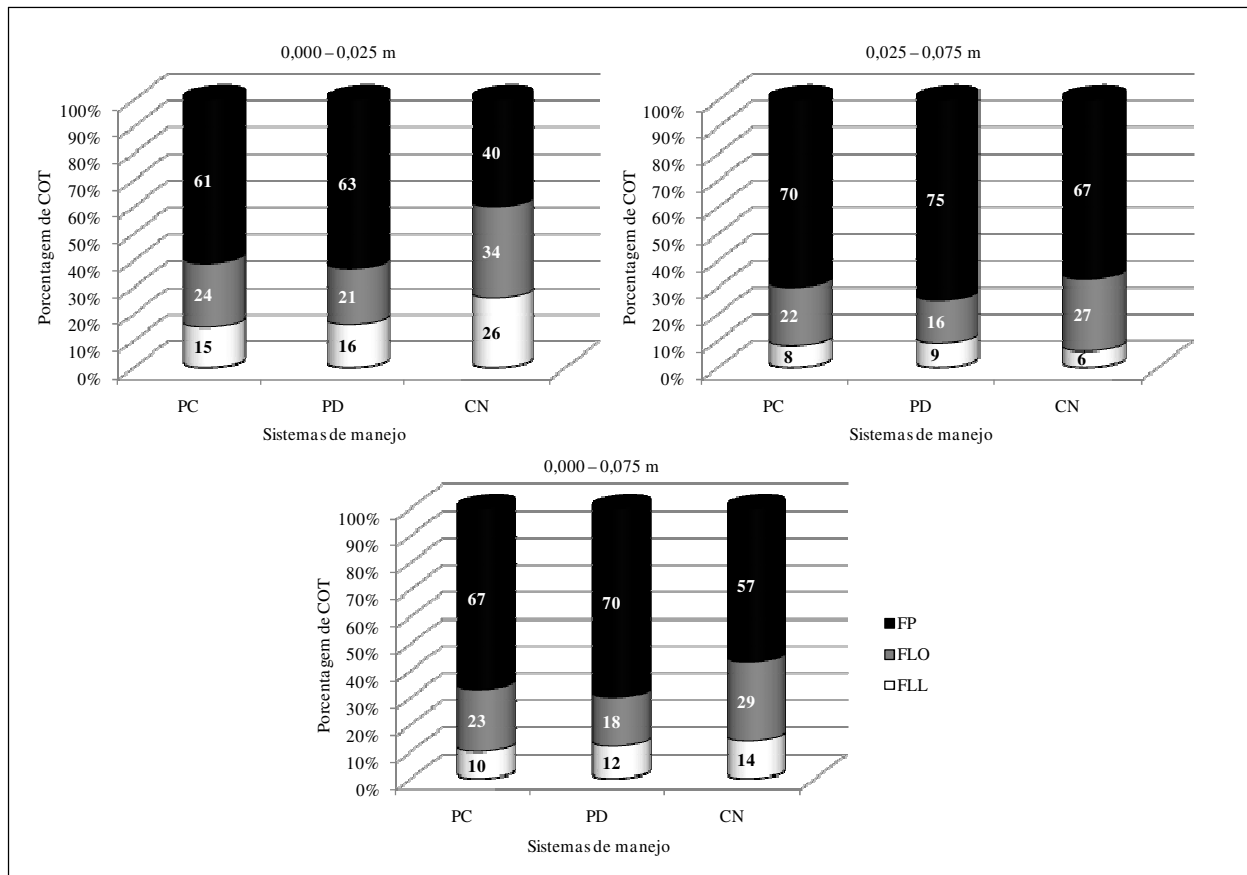
superficial, pode estar relacionado à maior adição e manutenção dos resíduos culturais na superfície, em adição à diminuição da atividade microbiana pela redução da temperatura e menor aeração do solo. No sistema PC, especialmente na camada superficial, a ausência de cobertura e as variações de umidade e temperatura, associadas ao aumento do fracionamento e do contato dos resíduos culturais com o solo favorecem a atividade microbiana e, conseqüentemente, contribuem para o aumento da taxa de decomposição da MO (CONCEIÇÃO, 2006).

Na camada de 0,025 – 0,075 m, maiores teores de COT, NT e FLO foram obtidos sobre PC, possivelmente em decorrência da incorporação dos resíduos culturais pelo preparo do solo.

Entre os sistemas de manejo e camadas estudadas, não foram verificadas diferenças nos teores de CAM e FP (Tabela 3). Conforme constatado em outros trabalhos (FREIXO et al. 2002a; BAYER et al. 2004; POTES, 2009), o CAM e a FP, são menos afetados pelo manejo e uso do solo em curto período de tempo. Isto por apresentarem material altamente decomposto e estabilizado principalmente por interações com partículas minerais (BALDOCK; SKEJMSTAD, 2000) e, conseqüentemente, uma taxa de ciclagem mais lenta comparativamente às frações mais lábeis (CHRISTENSEN, 2001; BAYER et al. 2001).

Independente do sistema de preparo e da posição no perfil, as proporções das frações físicas da MO em relação ao COT aumentaram na ordem FLL<FLO<FP (Figura 2). Esta seqüência se deve aos diferentes mecanismos de proteção da MO. Na FLL apenas a recalcitrância química é responsável pela estabilidade da MO, enquanto que, na FLO, além recalcitrância química, há proteção física ou oclusão da MO no interior de agregados. Na FP, de maior estabilidade, além da recalcitrância e da proteção física por oclusão, há em adição o processo de interação organomineral, o que é determinante para que a FP seja a mais abundante das frações em agroecossistemas e em ecossistemas naturais (FREIXO et al. 2002a; RANGEL; SILVA, 2007).

Conceição et al. (2008) verificaram que a FLL representou 8% do estoque de COT de um Argissolo e de um Latossolo sob sistemas de manejo. Os mesmos autores indicaram que o mecanismo de recalcitrância molecular da MO tem importância limitada diante da estabilidade decorrente da proteção física da MO em agregados (16% a 23%) e da sua interação com os minerais do solo (76% a 69%), corroborando informações de Rosa (2010) em um Planossolo.



**Figura 2:** Proporção de carbono da fração leve livre (FLL), fração leve oclusa (FLO) e fração pesada (FP) em relação ao carbono orgânico total (COT) de um Planossolo Háplico, sob sistemas de manejo e camadas. PC = preparo convencional; PD = plantio direto e CN = campo nativo.

As menores proporções da FP nas camadas avaliadas foram verificadas sob o CN (Figura 2), explicado pelo maior acúmulo de MO nas frações mais lábeis (FLL e FLO) em sistemas não antropizados.

De modo geral, os espectros de FTIR da FLL e da FLO apresentaram bandas de absorção bem definidas e comuns a todos os sistemas de manejo, exceção para a banda de  $3770\text{ cm}^{-1}$  que é verificada na FLL e na FLO no CN (Figura 3), esta banda é característica de vibrações de O-H ou N-H livres (FREIXO et al., 2002b).

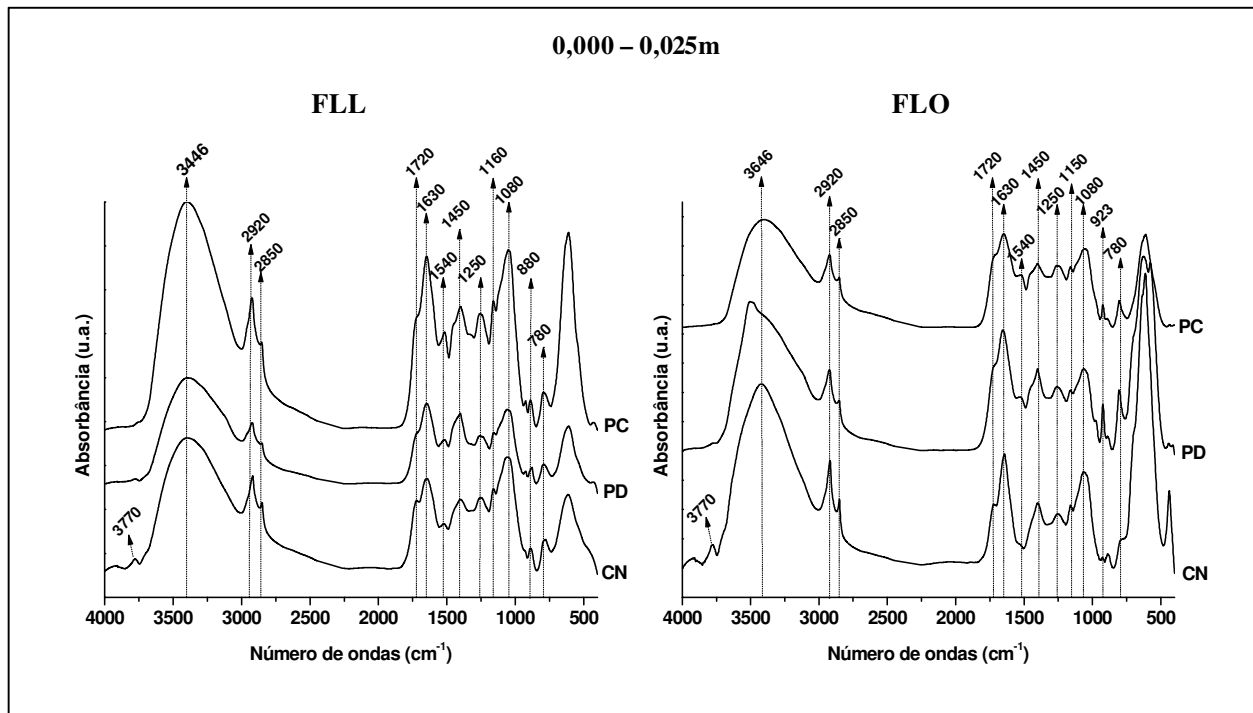
Observam-se bandas de absorção intensa em  $3446\text{ cm}^{-1}$ , bandas entre  $3600$  e  $3400\text{ cm}^{-1}$ , são atribuídas a vibração O-Al-OH da gibssita, indicando que este mineral, juntamente com a caulinita, está associado às frações leves da MO (POTES, 2009).

Verificam-se duas bandas em  $2920\text{ cm}^{-1}$  e  $2850\text{ cm}^{-1}$  devido ao estiramento de ligações C-H alifático, principalmente de grupos metil ( $\text{CH}_3$ ). Em  $1720\text{ cm}^{-1}$  é atribuído à presença de carbonilas (C=O) em cetonas e aldeídos. Bandas em  $1630\text{ cm}^{-1}$

são referentes ao estiramento C=O de amida, quinona e/ou C=O de grupos  $\text{COO}^-$ , em  $1540\text{ cm}^{-1}$  característico de estiramentos C-C de anéis aromáticos (indicador da presença de ligninas) (Figura 3) (DOBBSS et al. 2009).

Observaram-se bandas de absorção em  $1450\text{ cm}^{-1}$  atribuídas à deformação de ligações C-H de grupos metil e metilenos; bandas de absorção em  $1250\text{ cm}^{-1}$  são atribuídas à presença de deformação de O-H em grupos carboxílicos e ligações éster (C-O) e ainda a presença de fenóis; uma banda de absorção em  $1150\text{ cm}^{-1}$  e  $1080\text{ cm}^{-1}$  é referente a estiramentos C-O de polissacarídeos. As bandas de absorção de polissacarídeos nas FLO apresentam menor intensidade em relação as bandas da FLL, revelando maior alteração destas frações, com perda de polissacarídeos, que pode ser atribuída a maior grau de humificação da FLO (Figura 3) (FREIXO et al., 2002b).

As bandas de absorção entre  $900$  e  $800\text{ cm}^{-1}$  são atribuídas a vibrações de ligações C-H de grupos aromáticos e de impurezas inorgânicas e organometálicas (Figura 3) (DOBBSS et al. 2009).



**Figura 3:** Espectros de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) da fração leve livre (FLL) e fração leve oclusa (FLO) de um Planossolo Háplico sob sistemas de manejo. PC = preparo convencional; PD = plantio direto e CN = campo nativo.

## CONCLUSÕES

Na camada superficial (0,000 - 0,025 m), o solo sob plantio direto e preparo convencional influenciou os agregados das classes de tamanho de 4,76 a 0,50 mm.

O manejo do solo sob plantio direto e preparo convencional reduziu os teores de carbono orgânico total no solo, carbono da fração grosseira, carbono da fração leve livre e carbono da fração leve oclusa da matéria orgânica quando comparado com o campo nativo.

No curto período de tempo avaliado (quatro anos), os sistemas de manejo não afetaram os teores de carbono associado aos minerais e de carbono da fração pesada.

O mecanismo mais importante de proteção e estabilização da matéria orgânica foi a interação organomineral, seguida da oclusão e a recalcitrância química.

As análises de Infravermelho com Transformada de Fourier da fração leve livre sugerem maiores proporções de compostos mais lábeis em relação à fração leve oclusa.

A espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier foi eficaz na avaliação da matéria orgânica e de suas frações permitindo a observação de mudanças ambientais resultantes do sistema de manejo do solo através da identificação de grupamentos carboxilas, hidroxilas, carbonilas, aminas, amidas possibilitando inferir sobre a decomposição e estrutura da matéria orgânica do solo.

**ABSTRACT:** To identify the mechanisms of stabilization of organic matter (OM) that act more efficiently in hydromorphic soils is essential to understand and to assess OM dynamics in these ecosystems. The aim of this study was to evaluate the aggregation, the total organic carbon (TOC) in the soil and in the physical fractions of OM, to characterize them by Fourier Transform Infrared (FTIR), and to identify the mechanisms of protection in an Albaqualf soil under different management systems. This study was conducted at the Lowlands Experimental Station of Embrapa Temperate Climate, in Capão of Leão municipality, Rio Grande do Sul State. The experimental area was established in 2003. In November 2007, soil was sampled in two layers (0.000 - 0.025 m and 0.025 - 0.075 m depth) under conventional tillage (CT), no tillage (NT) and native pasture (CN) areas. The structural soil quality under CT and NT, in the surface layer, was affected in the aggregate of diameter classes from 4.76 to 0.50 mm. The CT and the NT showed reductions in levels of soil TOC, C from the coarse fraction, free light fraction (FLF) and occluded light fraction (OLF). In a short period of time (four years), the management systems did not affect the heavy fraction (HF). The proportions of physical fractions of OM

in relation to the COT increased in the order FLL<FLO<FP. The FLL had a higher proportion of more labile compounds in relation to the FLO.

**KEYWORDS:** Free light fraction. Occluded light fraction. Heavy fraction. Total organic carbon and Spectroscopy.

## REFERÊNCIAS

- AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P. C.; SPAGNOLLO, E.; CAMPOS, B. C.; VEIGA, M. Potential of carbon accumulation in no-till soils with intensive use and cover crops in southern Brazil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 35, n. 4, p. 1599-1607, 2006.
- BALDOCK, J. A.; SKJEMSTAD, J. O. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. **Organic Geochemistry**, Oxford, v. 31, p. 697-710, 2000.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 677-683, 2004.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PILLON, C. N.; SANGOI L. Changes in soil organic matter fractions under subtropical no-till cropping systems. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 65, p. 1473-1478, 2001.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª Ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.1-5.
- CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, n. 2, p. 777-783, 1992.
- CARNEIRO, C. E. A.; JÚNIOR, N. J. M.; AZEVEDO, M. C. B.; ANDRADE, E. A.; KOGUISHI, M. S.; DIEHL, R. C.; RICCE, W. S.; PASSARIN, A. L.; VAZ, R. H. M.; STELMASCHUK, T. L. L.; GUIMARÃES, M. F.; RALISCH, R. Efeitos dos sistemas de manejo sobre o carbono orgânico total e carbono residual de um Latossolo Vermelho eutroférico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 5-10, 2009.
- CERETTA, C. A.; BAYER, C. DICK, D. P.; MARTIN-NETO, L.; COLNAGO, L. A. Métodos espectroscópico. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª Ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 201-227.
- CHRISTENSEN, B.T. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 52, n. 3, p. 345-353, 2001.
- CONCEIÇÃO, P. C. **Agregação e proteção física da matéria orgânica em dois solos do sul do Brasil**. 2006. 113f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 777-788, 2005.



CONCEIÇÃO, P. C.; BOENI, M.; DIECKOW, J.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Fracionamento densimétrico com politungstato de sódio no estudo da proteção física da matéria orgânica em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 541-549, 2008.

COUTINHO, F. S.; LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; RODRIGUES JÚNIOR, D. J.; TORRES, J. L. R. Estabilidade de agregados e distribuição do carbono em Latossolo sob sistema plantio direto em Uberaba, Minas Gerais. **Communicata Scientiae**, Piauí, v. 1, n. 2, p. 100-105, 2010.

DICK, D. P., GONÇALVES, C. N., DALMOLIN, R. S. D., KNICKER, H., KLAMT, E., KÖGEL-KNABER, I., SIMÕES, M. L., MARTIN-NETO, L., Characteristics of soil organic matter of different Brazilian Ferralsols under native vegetation as a function of soil depth. **Geoderma**, Amsterdam, v. 124, n. 3-4, p. 319 – 333. 2005.

DICK, D. P., KNICKER, H., ÁVILA, L. G., INDA Jr., A. V., GIASSON, E., BISSANI, C. A. Organic matter in constructed soils from a coal mining area in southern Brazil. **Organic Geochemistry**, Oxford, v. 37, n. 11, p. 1537 – 1545. 2006.

DOBBS, L. B.; RUMJANECK, V. M.; BALDOTTO, M. A.; VELLOSO, A. C. X.; CANELLAS, L. P. Caracterização química e espectroscópica de ácidos húmicos e fúlvicos isolados da camada superficial de Latossolos brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 51-63, 2009.

EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de solos, **Manual de Métodos de Análises de Solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, CNPS, 1997. 80p.

FREIXO, A. A.; CANELLAS, L. P.; MACHADO, P. L. O. A. Propriedades espectrais da matéria orgânica leve-livre e leve intra-agregados de dois Latossolos sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p. 445-453, 2002b.

FREIXO, A. A.; MACHADO, P. L. O. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVA, C. A.; FADIGAS, F. S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 425-434, 2002a.

HELFRICH, M.; LUDWIG, B.; BUURMAN, P.; FLESSA, H. Effect of land use on the composition of soil organic matter in density and aggregate fractions as revealed by solid-state <sup>13</sup>C NMR spectroscopy. **Geoderma**, Amsterdam, n. 136, p. 331-341, 2006.

KNICKER, H.; ALMENDROS, G.; GONZALEZ-VILA, F. J.; GONZALEZ-PEREZ, J. A; POLVILLO, O. Characteristic alterations of quantity and quality of soil organic matter caused by forest fires in continental Mediterranean ecosystems: a solid-state <sup>13</sup>C NMR study. **European Journal Soil Science**, Oxford, v. 57, n. 4, p. 558-569, 2006.

LIMA, C. L. R.; PILLON, C. N.; SUZUKI, L. E. A. S.; CRUZ, L. E. C. Atributos físicos de um Planossolo Háplico sob sistemas de manejo comparados aos do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1849-1855, 2008a.

LIMA, A. M. N.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; MENDONÇA, E. S.; DEMOLINARI, M. S. M.; LEITE, F. P. Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce, MGS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1053-1063, 2008b.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. da; GOMES, A. de S.; SANTOS, A. B. dos; (Ed.). **Sistema de cultivo de arroz Irrigado no Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 270 p.

NASCIMENTO, P. C.do; BAYER, C.; NETTO, L. F. da S.; VIAN, A. C.; VIEIRO, F.; MACEDO, V. C. M.; MARCOLIN, E. Sistemas de manejo e a matéria orgânica de solo de várzea com cultivo de arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 1821-1827, 2009.

- NEVES, C. M. N.; FELLER, C.; LARRÉ-LARROUY, M. C. Matéria orgânica nas frações granulométricas de um Latossolo Vermelho distroférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 26, p. 17-26, 2005.
- PINHEIRO, E. F. M.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; MACHADO, P. L. O. A. Fracionamento densimétrico da matéria orgânica do solo sob diferentes sistemas de manejo e cobertura vegetal em Paty do Alferes (RJ), **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 731-737, 2004.
- PINTO, L. F. S.; NETO, J. A. L.; PAULETTO, E. A. Solos de várzea do Sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: GOMES, A. DA S.; MAGALHÃES JUNIOR, A. M. **Arroz irrigado no Sul do Brasil**, Pelotas - RS: Embrapa Clima Temperado, 2004. p. 75-95.
- POTES, M. L. **Matéria orgânica e sua distribuição em compartimentos físicos em Neossolo Litólico sob pastagem e mata nativa nos campos de Cima da Serra Rio Grande do Sul**. 2009. 90f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1609-1623, 2007.
- ROSA, C. M. **Matéria orgânica em Planossolo Háptico sob sistemas de manejo no cultivo do arroz irrigado no Sul do Brasil**. 2010. 92p. TESE (Doutorado em Agronomia) Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- RUSSELL, J. D.; FRASER, A. R. Infrared Methods. In: Wilson, M. J. **Clay Mineralogy: Spectroscopy and Chemical Determinative Methods**. 1994, p.18-61.
- SANTOS, H. G ; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006, 306 p.
- STEVENSON, J. F. **Humus chemistry, gênesis, composition, reactions**. 2ed. New York:Wiley-Interscience publication, 1994. 495p.
- WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 487-494, 2005.
- XAVIER, F. A. S.; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S.; MENDONÇA, E. S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba – CE, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 427 – 258, 2006.