



## Caracterização dos estoques e das frações da matéria orgânica em solos de várzea da Região Sul do Rio Grande do Sul

T. ZSCHORNACK<sup>(1)</sup>, F.F. FERNANDES<sup>(2)</sup>, C.N. PILLON<sup>(3)</sup>, C.M. ROSA<sup>(4)</sup>, M. TOMAZI<sup>(5)</sup>, P.C. CONCEIÇÃO<sup>(6)</sup> & C. BAYER<sup>(7)</sup>

**RESUMO** – A matéria orgânica do solo (MOS) é composta por vários substratos orgânicos em diferentes estágios de decomposição e através do fracionamento físico ela pode ser agrupada em compartimentos mais homogêneos, facilitando o seu estudo. Com o objetivo de caracterizar os estoques de carbono orgânico total (COT) e o carbono referente às diferentes frações da MOS em solos de várzea, foram coletados três solos de textura distinta em quatro profundidades (0-2,5; 2,5-5; 5-10 e 10-20 cm) sob campo natural. Além da análise do COT, foram realizados o fracionamento físico granulométrico e densimétrico. No fracionamento granulométrico o carbono foi separado em carbono orgânico particulado (COP, > 0,053 mm) e carbono associado aos minerais (CAM, < 0,053 mm), enquanto no fracionamento densimétrico a MOS foi separada em fração leve livre (FLL), leve oclusa (FLO) e Pesada (FP). Os estoques de COT, em média, foram de 14,51 Mg ha<sup>-1</sup> (0-2,5 cm); 9,62 Mg ha<sup>-1</sup> (2,5-5 cm); 16,74 Mg ha<sup>-1</sup> (5-10 cm) e 34,7 Mg ha<sup>-1</sup> (10-20 cm). No fracionamento granulométrico o CAM foi sempre superior ao COP, que na camada 0-2,5 cm representou 35% do COT, decrescendo em profundidade. O estoque de C no fracionamento densimétrico, em média, seguiu a ordem FP>FLO>FLL. Esta ordem é coerente, pois na fração FP atuam três mecanismos de proteção (recalcitrância, oclusão e proteção química), enquanto a FLO é mantida no solo pela recalcitrância e pela oclusão e a FLL, apenas pela sua recalcitrância. Os solos de textura argilosa e arenosa demonstraram similaridade entre a magnitude das frações, onde mais de 60% do COT era mantido na FP. No solo com predomínio de silte, a distribuição do COT entre as frações foi mais equitativa, indicando que as três frações da MOS são igualmente importantes.

### Introdução

A quantidade de matéria orgânica do solo (MOS) varia em função do balanço entre as adições e perdas de carbono (C) no solo [1]. As adições ou entradas ocorrem principalmente através da deposição de resíduos de origem vegetal, como folhas e raízes [1]. Por outro lado, as perdas ou saídas de C decorrem de reações oxidativas mediadas por microrganismos, pela lixiviação de compostos orgânicos solúveis e pela erosão. Portanto, a MOS é constituída de um conjunto heterogêneo de materiais orgânicos em vários estágios de decomposição.

A manutenção ou acúmulo de matéria orgânica no solo é resultante de três mecanismos básicos de proteção: recalcitrância molecular; proteção física e proteção química ou coloidal [2]. O primeiro mecanismo refere-se à resistência intrínseca da molécula orgânica ao ataque microbiano, enquanto o segundo diz respeito à oclusão da MOS em agregados, tornando-a menos acessível aos microrganismos e suas enzimas e na proteção química, a microbiota tem acesso à MOS, porém encontra dificuldades em removê-la pelo fato desta estar fortemente adsorvida à superfície dos minerais.

Para facilitar o estudo da MOS, em virtude da sua heterogeneidade, a mesma é agrupada em compartimentos mais homogêneos. O fracionamento físico, segundo Christensen [3], é utilizado no estudo da dinâmica da matéria orgânica no solo, através da sua separação em reservatórios funcionais e dinâmicos.

O fracionamento físico densimétrico permite a obtenção de compartimentos relacionados com a localização, mecanismos de proteção e funções no solo [4]. Pela diferença de densidade entre as frações orgânica e mineral do solo, a MOS é separada em fração leve livre (FLL), leve oclusa (FLO) e pesada (FP). A primeira é composta por resíduos parcialmente decompostos e não associados aos minerais, sendo a recalcitrância molecular seu único modo de proteção. FLO é constituída de materiais orgânicos mais decompostos em relação a FLL, porém está mais protegida devido à recalcitrância e pela oclusão no interior dos agregados [4]. Na FP há predominância de materiais mais humificados, e por apresentar as três formas de proteção é considerada a fração mais estável.

O fracionamento físico granulométrico, por sua vez, possibilita separar as frações mais humificadas (<0,053 mm) daquelas menos decompostas (>0,053 mm), comumente conhecidas como matéria orgânica particulada ou carbono orgânico particulado (COP).

Os solos de várzea, formados sob condições variadas de deficiência de drenagem, ocupam aproximadamente 20% da área total do estado do Rio Grande do Sul [5]. Nestes solos predomina o sistema de produção baseado no cultivo do arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado e a pecuária extensiva sobre a resteva desse. As pesquisas sobre a MOS estão concentradas em solos bem drenados, enquanto na várzea predominam trabalhos referentes à dinâmica da água, especialmente relacionada com a porosidade e a estabilidade dos agregados e, finalmente, química e fertilidade. Dessa forma, o trabalho teve como objetivos: caracterizar os estoques de carbono orgânico total (COT) e o carbono das frações da MOS e discutir a importância dos possíveis mecanismos de proteção da MOS envolvidos em

três solos de textura distinta sob campo natural.

**Palavras-Chave:** matéria orgânica; fracionamento físico; solos de várzea.

## Material e métodos

### A. Solos

Os solos, sob manejo com campo natural composto principalmente por gramíneas e pastejados, foram coletados no segundo semestre de 2006 nas camadas 0-2,5; 2,5-5; 5-10 e 10-20cm nos municípios de Cristal; Camaquã e Jaguarão, localizados na Região Sul do Estado. O clima, segundo Maluf [6], é classificado como temperado.

Os solos foram classificados de acordo com EMBRAPA [7] em: PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico (SXE); PLANOSSOLO NÁTRICO Carbonático típico (SNk) e GLEISSOLO MELÂNICO Ta Eutrófico organossólico (GMve). As concentrações de silte e argila no perfil 0-20 foram, respectivamente: 177 e 90 g kg<sup>-1</sup> (SXE); 455 e 162 g kg<sup>-1</sup> (SNk) e 164 e 705 g kg<sup>-1</sup>.

Em cada sítio de amostragem, foram realizadas três coletas em pontos distintos nas profundidades acima citadas, visando a formação de amostras compostas. Foram retirados blocos inteiros, sem remover a vegetação, e cada camada foi então extraída e armazenada. Em laboratório, as amostras foram cuidadosamente destorroadas e passadas em peneira 9,52 mm, descartando-se raízes e resíduos grosseiros. Depois de secas ao ar, separou-se também amostras peneiradas a 2 mm (TFSA).

### B. Carbono Orgânico Total

Para a determinação do COT, subamostras de solo (TFSA) foram moídas em gral de ágata até passar pela peneira 0,5 mm. A análise do C foi procedida em analisador de combustão seca (Shimadzu-TOC-V CSH) no laboratório de Biogeoquímica Ambiental da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Os estoques de COT e de C nas diferentes frações foram calculados utilizando-se a espessura e a densidade do solo.

### C. Fracionamento Físico

A MOS foi separada por meio do fracionamento granulométrico e densimétrico, ambos realizados nas dependências do laboratório de Biogeoquímica Ambiental da UFRGS.

O fracionamento granulométrico utilizado foi descrito por Cambardella & Elliott [8]. Para tal foram usados 20 gramas de solo (TFSA) e 60 mL de hexametáfosfato de sódio (5 g L<sup>-1</sup>). O C do material retido na peneira 0,053 mm corresponde ao carbono orgânico particulado, enquanto o carbono associado aos minerais (CAM, <0,053 mm) foi obtido por diferença entre o COT e o COP.

O fracionamento densimétrico foi realizado segundo Golchin *et al.* [9] para as camadas 0-2,5 e 2,5-5 cm, utilizando solução de politungstato de sódio

(PTS) com densidade 2,0 g cm<sup>-3</sup>. Foram pesados 10 gramas de solo (< 9,52 mm), obtidos proporcionalmente das classes maior e menor que 2 mm. A energia de sonicação usada foi de 250 J mL<sup>-1</sup>, tendo sido determinada previamente como suficiente para a dispersão total do solo. O esquema do fracionamento, adaptado de Conceição [5], pode ser visualizado na Fig. 1. Na ocasião, o C da fração pesada (FP) foi obtido pela diferença entre o COT e a fração leve (FLL + FLO).

## Resultados e discussão

### A. Estoque de carbono orgânico total

Os estoques de COT entre os solos oscilaram de 47,34 a 124,52 Mg ha<sup>-1</sup> na camada 0-20 cm (Tabela 1). O menor conteúdo de COT foi observado no solo SXE, sendo a matriz mineral deste solo dominada pela fração areia. No solo SNk, dominado pela fração silte, o estoque de C foi intermediário (54,85 Mg ha<sup>-1</sup>) enquanto que no GMve de textura argilosa, o COT atingiu 124,52 Mg ha<sup>-1</sup>. O arranjo das partículas primárias em um solo arenoso resulta em uma distribuição de poros de maior tamanho, facilitando o acesso da microbiota à MOS [1]. Amado *et al.* [10] também encontraram maior estoque de COT nos solos argilosos do que nos arenosos, atribuindo esse resultado à maior disponibilidade de nutrientes e à proteção física e química dos solos argilosos. Além das diferenças na composição granulométrica, o regime hídrico, no caso o alagamento, de cada solo pode estar influenciando o estoque de COT, principalmente a decomposição.

Observando o estoque dos três solos por camada (Tabela 1), aproximadamente 19% do COT está localizado na camada 0-2,5 cm. Quando somado ao estoque da camada 2,5-5 cm, este percentual chega a 31% em relação ao COT do perfil 0-20 cm. Esses valores se devem à constante deposição de resíduos vegetais e ao intenso desenvolvimento radicular das plantas nessa região e são equivalentes aos encontrados por Amado *et al.* [10] nas áreas sob campo nativo de solos bem drenados.

### B. Fracionamento físico granulométrico

No perfil 0-20 cm, os estoques de carbono orgânico particulado (COP) variaram entre 7,32 e 22,87 Mg ha<sup>-1</sup> nos solos SXE e GMve, respectivamente (Tabela 2). Efetuando a relação COP/COT, o COP em média representou 17,41% do COT nessa mesma camada.

Em todas as camadas o estoque de COP seguiu a ordem GMve > SNk > SXE. Na camada 0-2,5 cm os estoques oscilaram de 2,26 a 9,76 Mg ha<sup>-1</sup>, na camada 2,5-5 cm de 1,07 a 3,47 Mg ha<sup>-1</sup>, de 5-10 cm entre 1,51 e 3,34 Mg ha<sup>-1</sup>, enquanto na camada 10-20 cm variaram entre 2,48 e 6,3 Mg ha<sup>-1</sup> (Tabela 2).

O carbono associado aos minerais (CAM) foi sempre superior ao COP, mas na camada 0-2,5 cm a diferença entre essas frações foi menos pronunciada, por ser uma região de intensa deposição de materiais orgânicos. O COP na camada superficial significou em média 35% do COT. Entretanto, no solo SXE a proporção COP/COT foi menor (26%), provavelmente pela facilidade de acesso da microbiota a esse substrato, por se tratar de um solo arenoso de amplo espaço poroso, ou ainda possíveis

condições ambientais (como temperatura, umidade e oxigênio) favoráveis à decomposição microbiana.

Por se tratar de um compartimento lábil [10], o COP é rapidamente decomposto quando há conversão de áreas sob vegetação natural em lavoura [8]. Como os solos de várzea normalmente apresentam um período saturado por água (alagado), a decomposição desse compartimento pode ser mais lenta nesses solos em virtude dos poros estarem preenchidos com água, interferindo na ação da biomassa decompositora, na sua maioria aeróbia, sobre o substrato orgânico disponível, o que não foi observado neste trabalho já que todos solos estavam sob manejo natural.

### C. Fracionamento físico densimétrico

O fracionamento densimétrico foi efetuado apenas nas duas primeiras camadas (0-2,5 e 2,5-5 cm). Os estoques de C na fração leve livre (FLL) e leve oclusa (FLO) nos três solos (Tabela 3) seguiram a mesma ordem observada no fracionamento granulométrico: GMve > SNk > SXe.

Os estoques de C na FLL e na FLO foram superiores na camada 0-2,5 cm em comparação à camada subjacente, e na fração pesada (FP) o estoque de C foi maior na camada 0-2,5 cm em relação a camada 2,5-5 cm somente no solo GMve. No SXe o estoque se manteve igual, enquanto no SNk houve acréscimo de C em profundidade.

A FP apresentou a maior proporção de COT (Tabela 3), seguido da FLO e da FLL em todos os solos e nas duas camadas (exceto na camada 0-2,5 cm do solo SNk). Esse predomínio na FP é coerente pelo fato dos três mecanismos de proteção estarem atuando nessa fração, e está de acordo com os resultados da literatura que indicam ser essa a fração responsável pela manutenção da maior parte do estoque de COT [3,4]. Esta fração teve grande destaque na camada de 2,5-5 cm onde representou 71% do COT, entretanto, na camada 0-2,5 cm, o estoque de COT se mostrou equilibrado entre as frações, indicando maior balanço entre os mecanismos de proteção.

O estoque de C na FLO foi superior ao da FLL em virtude dos mecanismos de recalitrância e oclusão estarem atuando sobre aquela fração. A FLL é estabilizada no solo unicamente pela sua própria recalitrância e por isso o seu estoque depende das adições de resíduos e da velocidade de decomposição.

Nas camadas 0-2,5 e 2,5-5 cm, o C da FLO representou em média 31% e 22% do COT, respectivamente. Na camada superficial do solo SNk, o

estoque de C FLO foi superior ao das outras frações, demonstrando assim a grande importância da recalitrância e da oclusão na proteção do COT.

Mesmo tão distintos, os solos GMve (argiloso) e SXe (arenoso) demonstraram um comportamento muito semelhante, com a maior parte do C na camada 0-5 cm estocada na FP (> 60%). Por outro lado, no SNk a distribuição do C foi mais eqüitativa entre as frações, indicando que as três frações são igualmente importantes. Dessa forma, as perdas de C podem ser mais pronunciadas no SNk se houver a transformação do campo natural em lavoura, pois a FP é menos influenciada pelas mudanças de manejo do solo em comparação às frações leves e grosseiras [1,3].

### Agradecimentos

CNPq e Laboratório de Biogeoquímica Ambiental (UFRGS).

### Referências

- [1] PILLON, C.N. 2000. *Alterações no conteúdo e qualidade da matéria orgânica do solo induzido por sistemas de culturas em plantio direto*. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFRGS, Porto Alegre.
- [2] SOLLINS, P.; HOMANN, P. & CALDWELL, B. A. 1996. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. *Geoderma*, 74: 65-105.
- [3] CHRISTENSEN, B.T. 2001. Physical fractionation of soil and structural and functional complexity in organic matter turnover. *European Journal of Soil Science*, 52: 345-353.
- [4] CONCEIÇÃO, P.C. 2006. *Agregação e proteção física da matéria orgânica em dois solos do sul do Brasil*. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFRGS, Porto Alegre.
- [5] PINTO, L.F.S.; NETO, J.A.L. & PAULETTO, E.A. 2004. Solos de várzea do sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. In: GOMES, A.S. & MAGALHÃES JÚNIOR, A.M. (Eds.). *Arroz irrigado no sul do Brasil* Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p.75-95.
- [6] MALUF, J.R.T. 2000. Nova classificação climática do estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 8: 141-150.
- [7] EMBRAPA. 2006. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa Produção de Informação. p.306.
- [8] CAMBARDELLA, C.A. & ELLIOTT, E.T. 1992. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal*, 56: 777-783.
- [9] GOLCHIN, A.; OADES, J.M.; SKJEMSTAD, J.O. & CLARKE, P. 1994. Study of free and occluded particulate organic matter in soils by solid state <sup>13</sup>C CP/MAS NMR -spectroscopy and scanning electron microscopy. *Australian Journal of Soil Research*, 32: 285-309.
- [10] AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P.C.; SPAGNOLLO, E.; CAMPOS, B.C. & VEIGA, M. 2006. Potential of carbon accumulation in no-till soils with intensive use and cover crops in southern Brazil. *Journal Environmental Quality*, 35: 1599-1607.

**Tabela 1.** Estoques de carbono orgânico total (COT) nas diferentes camadas dos três solos estudados.

Solo <sup>1)</sup>	Camada (cm)				
	0-2,5	2,5-5	5-10	10-20	0-20
	Mg ha <sup>-1</sup>				
SXe	8,38	6,17	11,76	21,03	47,34
SNk	9,84	6,84	12,08	26,09	54,85
GMve	25,32	15,85	26,38	56,97	124,52
<b>Média</b>	<b>14,51</b>	<b>9,62</b>	<b>16,74</b>	<b>34,70</b>	<b>75,57</b>

<sup>††</sup> SXe - PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico; SNk - PLANOSSOLO NÁTRICO Carbonático típico e GMve - GLEISSOLO MELÂNICO Ta Eutrófico organossólico.

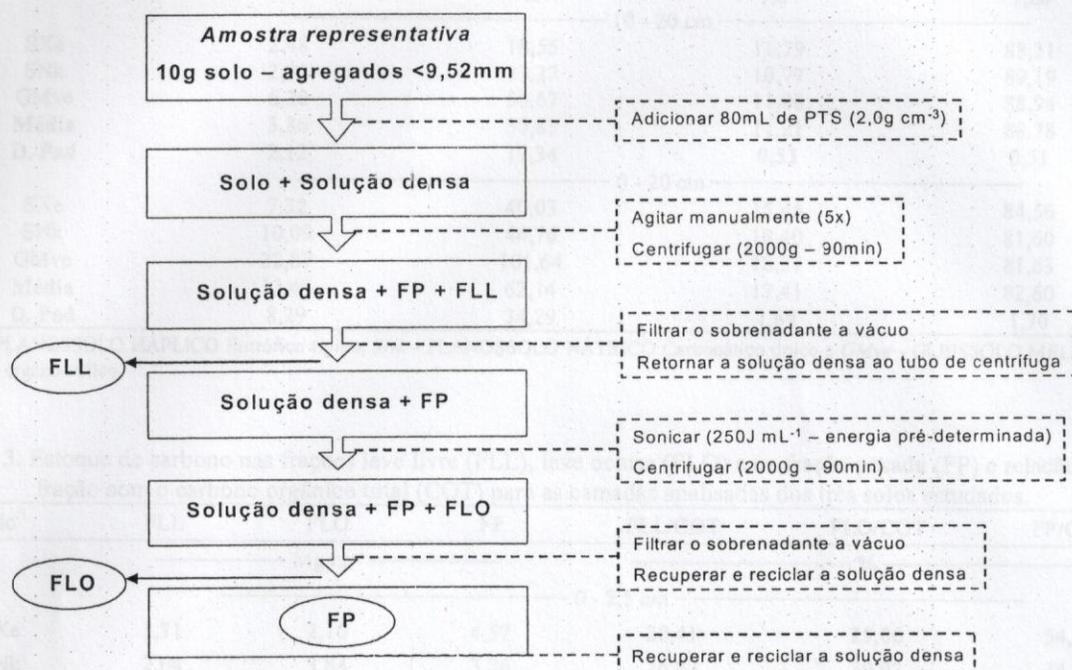


Figura 1. Esquema simplificado do fracionamento físico densimétrico. Adaptado de Conceição [4].

Tabela 2. Estoques de carbono orgânico particulado (COP) e carbono associado aos minerais (CAM) e relação das frações com o carbono orgânico total (COT) nas camadas dos três solos estudados.

Solo <sup>††</sup>	COP	CAM	COP/COT		CAM/COT	
			Mg ha <sup>-1</sup>		%	
			0 - 2,5 cm			
SXe	2,26	6,12		26,97		73,03
SNk	3,98	5,86		40,45		59,55
GMve	9,76	15,56		38,55		61,45
Média	5,33	9,18		35,32		64,68
D. Pad	3,93	5,53		7,30		7,30
			2,5 - 5 cm			

SXe	1,07	5,11	17,34	82,82
SNk	1,50	5,34	21,93	78,07
GMve	3,47	12,37	21,89	78,04
<b>Média</b>	2,01	7,61	20,39	79,64
<b>D. Pad</b>	1,28	4,13	2,64	2,75
----- 5 - 10 cm -----				
SXe	1,51	10,25	12,84	87,16
SNk	1,80	10,29	14,90	85,18
GMve	3,34	23,04	12,66	87,34
<b>Média</b>	2,22	14,53	13,47	86,56
<b>D. Pad</b>	0,98	7,37	1,24	1,20
----- 10 - 20 cm -----				
SXe	2,48	18,55	11,79	88,21
SNk	2,81	23,27	10,77	89,19
GMve	6,30	50,67	11,06	88,94
<b>Média</b>	3,86	30,83	11,21	88,78
<b>D. Pad</b>	2,12	17,34	0,53	0,51
----- 0 - 20 cm -----				
SXe	7,32	40,03	15,46	84,56
SNk	10,09	44,76	18,40	81,60
GMve	22,87	101,64	18,37	81,63
<b>Média</b>	13,43	62,14	17,41	82,60
<b>D. Pad</b>	8,29	34,29	1,69	1,70

<sup>††</sup> SXe - PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico; SNk - PLANOSSOLO NÁTRICO Carbonático típico e GMve - GLEISSOLO MELÂNICO Ta Eutrófico organossólico.

**Tabela 3.** Estoque de carbono nas frações leve livre (FLL), leve oclusa (FLO) e na fração pesada (FP) e relação de cada fração com o carbono orgânico total (COT) para as camadas analisadas dos três solos estudados.

Solo <sup>††</sup>	Mg ha <sup>-1</sup>			%		
	FLL	FLO	FP	FLL/COT	FLO/COT	FP/COT
----- 0 - 2,5 cm -----						
SXe	1,71	2,10	4,57	20,41	25,06	54,53
SNk	2,64	3,84	3,36	26,83	39,02	34,15
GMve	4,44	7,46	13,42	17,54	29,46	53,00
<b>Média</b>	2,93	4,47	7,12	21,59	31,18	47,23
<b>D. Pad</b>	1,39	2,73	5,49	4,76	7,14	11,35
----- 2,5 - 5 cm -----						
SXe	0,54	1,06	4,58	8,75	17,18	74,23
SNk	0,60	1,99	4,25	8,77	29,09	62,13
GMve	0,78	3,11	11,96	4,92	19,62	75,46
<b>Média</b>	0,64	2,05	6,93	7,48	21,96	70,61
<b>D. Pad</b>	0,12	1,03	4,36	2,22	6,29	7,36
----- 0 - 5 cm -----						
SXe	2,25	3,16	9,15	15,46	21,72	62,89
SNk	3,24	5,83	7,61	19,42	34,95	45,62
GMve	5,22	10,57	25,38	12,68	25,67	61,65
<b>Média</b>	3,57	6,52	14,05	15,86	27,45	56,72
<b>D. Pad</b>	1,51	3,75	9,85	3,39	6,79	9,63

<sup>††</sup> SXe - PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico típico; SNk - PLANOSSOLO NÁTRICO Carbonático típico e GMve - GLEISSOLO MELÂNICO Ta Eutrófico organossólico.