

## **Monitoramento do Conteúdo de Carbono Orgânico em Sistemas de Manejo do Solo na Serra do Sudeste, RS**



# *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 40*

## Monitoramento do Conteúdo de Carbono Orgânico em Sistemas de Manejo do Solo na Serra do Sudeste, RS

*Clenio Nailto Pillon  
Lúcia Elena Coelho da Cruz  
Carla da Silva Moraes  
Mariana da Luz Potes  
Carlos Alberto Flores  
Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado  
Endereço: BR 392 Km 78  
Caixa Postal 403, CEP 96001-970 - Pelotas, RS  
Fone: (53) 3275-8199  
Fax: (53) 3275-8219 - 3275-8221  
Home page: [www.cpact.embrapa.br](http://www.cpact.embrapa.br)  
E-mail: [sac@cpact.embrapa.br](mailto:sac@cpact.embrapa.br)

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Walkyria Bueno Scivittaro  
Secretária-Executiva: Joseane M. Lopes Garcia  
Membros: Cláudio Alberto Souza da Silva, Lígia Margareth Cantarelli Pegoraro, Isabel Helena Verneti Azambuja, Cláudio José da Silva Freire, Luís Antônio Suita de Castro  
Suplentes: Daniela Lopes Leite e Luís Eduardo Corrêa Antunes

Revisores de texto: Sadi Macedo Sapper  
Normalização bibliográfica: Regina das Graças Vasconcelos dos Santos  
Editoração eletrônica e capa: Oscar Castro, Miguel Angelo (estagiário)  
Arte da capa: Miguel Angelo (estagiário)  
Composição e impressão: Embrapa Clima Temperado

1ª edição

1ª impressão (2007): 50 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

---

Monitoramento do conteúdo de carbono orgânico em sistemas de manejo do solo na Serra do Sudeste, RS / Clenio Nailto Pillon ... [et al.] -- Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007.

34 p. -- (Embrapa Clima Temperado Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 40).

ISSN 1678-2518

Solo - Conservação - Matéria orgânica - Sistema de Cultura - Efeito estufa.  
I. Pillon, Clenio Nailto. II. Série.

---

CDD 631. 582

---

# Sumário

Resumo .....	6
Abstract .....	8
Introdução .....	10
Material e Métodos .....	12
Resultados e discussão .....	19
Conclusões .....	31
Referências bibliográficas .....	32



# Monitoramento do Conteúdo de Carbono Orgânico em Sistemas de Manejo do Solo na Serra do Sudeste, RS

---

*Clenio Nailto Pillon<sup>1</sup>*

*Lúcia Elena Coelho da Cruz<sup>2</sup>*

*Carla da Silva Moraes<sup>3</sup>*

*Mariana da Luz Potes<sup>4</sup>*

*Carlos Alberto Flores<sup>5</sup>*

*Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli<sup>6</sup>*

## Resumo

Sistemas conservacionistas de manejo incrementam o conteúdo de carbono orgânico total do solo e propiciam melhoria da qualidade ambiental. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de sistemas de cultura para o acúmulo de carbono no perfil de um CAMBISSOLO HÁPLICO, da Serra do Sudeste - Rio Grande do Sul. O estudo foi desenvolvido a partir de um experimento instalado em 2001, em área pertencente à

---

<sup>1</sup>Eng. Agrôn., pesquisador da Embrapa Clima Temperado, BR 392, km 78, Cx. Postal 403, 96001-970, Pelotas, RS. (pillon@cpact.embrapa.br)

<sup>2</sup>Eng. Agrôn., Mestre em Ciências, Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, BR 392, km 78, Cx. Postal 403, 96001-970, Pelotas, RS. (luciaccruz@aol.com)

<sup>3</sup>Ecóloga, Mestranda Doutoranda do Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Pelotas, BR 392, km 78, Cx. Postal 403, 96001-970, Pelotas, RS. (cmoraes@cpact.embrapa.br)

<sup>4</sup>Acadêmica do Curso de Química Ambiental da Universidade Católica de Pelotas, Bolsista PIBIC/CNPq, BR 392, km 78, Cx. Postal 403, 96001-970, Pelotas, RS.

<sup>5</sup>Eng. Agrôn., pesquisador da Embrapa Clima Temperado, BR 392, km 78, Caixa Postal 403, 96001-970, Pelotas, RS. (flores@cpact.embrapa.br)

<sup>6</sup>Eng. Agrôn., Prof.(a) Adj. da Universidade Federal de Pelotas, RS.

região da Encosta da Serra do Sudeste, município de Piratini, RS, constituído por cinco sistemas de cultura compostos por culturas comerciais em rotação no verão (R) e culturas de cobertura no inverno. Quatro sistemas foram submetidos ao plantio direto: Aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) + Ervilhaca (*Vicia villosa* Roth) + Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) (A+E+N/R); Aveia+Ervilhaca (A+E/R); Ervilhaca (E/R) e Aveia (A/R), e um quinto sistema com Azevém no inverno e Milho (Az/M) em sistema convencional no verão. Após dois anos, pode-se concluir que: sistemas de cultura com mínimo revolvimento do solo apresentam maior potencial para incremento do conteúdo de carbono orgânico do solo e, conseqüentemente para o seqüestro temporário de C-CO<sub>2</sub>; o sistema Az/M sob preparo convencional propiciou a redução do conteúdo de COT do solo, atuando como fonte de CO<sub>2</sub> atmosférico.

Termos para indexação: matéria orgânica do solo; sistema de cultura, efeito estufa.

# Monitoring of an organic carbon content under soil management systems in the southeast region of the Rio Grande do Sul state

## Abstract

It is well established that conservation management systems increase soil C pool and environmental quality. The goal of this study was to evaluate the potential of cropping systems for the carbon accumulation in the Inceptisol of the Southeast Mountain - Rio Grande do Sul state. The study was developed on a short term experiment started in 2001 at Encosta da Serra do Sudeste region, Piratini, RS, constituted for five cropping systems composed for commercial crops in rotation on summer (R) and coverage croppings in winter. Four cropping systems were submitted to no-tillage: *Avena strigosa* Schreb+ *Vicia sativa* L.+*Brassica napus* L. (A+E+N/R); *Avena strigosa* Schreb+ *Vicia sativa* L (A+E/R); *Vicia sativa* L (E/R) and *Avena strigosa* Schreb (A/R), and one system with *Lolium multiflorum* Lam in winter and *Zea mays* L. (Az/M) in conventional system in summer. It was concluded after two years that: cropping systems using minimum soil tillage increase soil organic carbon content and contribute for C-CO<sub>2</sub> temporary sequestration in the soil; on the conservation management system, the cropping system composition was less determinate than the residue addition quantity; Az/M system under conventional tillage provided reduction of COT content of the soil, acting as atmospheric CO<sub>2</sub> source.

Index terms: soil organic matter, cropping system, greenhouse effect.





## Introdução

Alterações antrópicas nos fluxos de certos elementos, especialmente do carbono e do nitrogênio, têm implicações diretas sobre as mudanças climáticas globais. O aumento da concentração de alguns gases na atmosfera, como o gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), a partir da segunda metade do século passado, está diretamente relacionado à abertura de novas fronteiras agrícolas e à intensificação do uso de combustíveis fósseis em veículos, indústrias e máquinas agrícolas. Dentre os três gases mais importantes do chamado efeito estufa, o aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  é responsável por metade da retenção da radiação infravermelho emitida pela superfície da Terra, contribuindo para o aquecimento global. Entretanto, embora o grande vilão seja a queima de combustíveis fósseis, as atividades agropecuárias contribuem com 1/3 das emissões anuais deste gás para atmosfera, através da queima de florestas, pastagens e, especialmente, pela mineralização da matéria orgânica (MO) do solo.

Atualmente, existem cerca de dois bilhões de hectares de áreas degradadas no mundo (Lal, 1997). A recuperação destas áreas constitui uma das alternativas para o aumento da produção sustentável de alimentos, fibras e combustíveis. Isto é possível porque a adoção de sistemas conservacionistas propicia a manutenção e o aumento do conteúdo de MO do solo, refletindo-se positivamente sobre a maioria dos seus atributos químicos, físicos e biológicos e na produtividade das culturas (Pillon, 2000).

A capacidade de armazenamento de C pelo solo depende do clima, do tipo de solo (mineralogia, textura), da vegetação e do manejo do solo. Sistemas que possuem capacidade de alocar

C a maiores profundidades no perfil, via sistema radicular, representam uma importante contribuição para armazenamento de C no solo (Balesdent & Balabane, 1996). Por outro lado, quando sistemas naturais são alterados pelo revolvimento do solo, perdas importantes de C podem ocorrer em poucos anos de cultivo.

O “seqüestro de carbono” na MO do solo, como ocorre em sistemas conservacionistas de manejo, poderá constituir-se um serviço ambiental de significativa relevância, constituindo-se um sumidouro de gás carbônico, além de agregar qualidade ao solo. Na região tropical, com elevada luminosidade durante todo ano, o Brasil apresenta grande potencial para retirar CO<sub>2</sub> da atmosfera e para armazenar pelo maior tempo possível o carbono orgânico no solo.

Alterações no conteúdo de MO do solo têm sido utilizadas como indicador da qualidade de sistemas de manejo do solo e do ambiente (Doran & Parkin, 1994). A MO desempenha um papel importante em todas as funções do solo, especialmente na manutenção e/ou aumento da fertilidade, qualidade ambiental, controle da erosão, armazenamento de água e na definição do potencial de produtividade biológica do solo e dos sistemas de cultura.

A MO do solo é resultado do balanço entre a taxa de adição de resíduos vegetais ao solo e a taxa de perda de MO. Estratégias de manejo dos sistemas de cultura que propiciem maior aporte de fitomassa ao sistema, como a intensificação da cobertura do solo ao longo do ano pela sucessão de culturas de inverno e verão e/ou uso de consorciação, aliado a melhoria da fertilidade do solo, especialmente pelo aporte de N ao sistema, dentre outras aumentam a taxa de adição de MO. Opções de sistemas de preparo do solo e/ou semeadura que propiciem o mínimo revolvimento também constituem-se em estratégias importantes de manejo para o acúmulo de MO no solo, pois contribuem para a redução da taxa de perda de MO, pela redução da taxa de decomposição (Bayer, 1996).

Áreas em processos de degradação possuem elevado potencial para funcionarem como drenos de C-CO<sub>2</sub> atmosférico, já que grande parte do estoque de MO existente foi perdido ao longo do tempo. Segundo Hassink & Whitmore (1997), a capacidade de proteção que a matriz mineral do solo pode oferecer ao carbono adicionado ao sistema é em parte definida pela presença de sítios de ligação disponíveis. Entretanto, escassas são as informações existentes sobre a dinâmica de recomposição da MO do solo em ambiente subtropical, principalmente àquelas oriundas do Bioma Pampa, especialmente em áreas da região da Encosta da Serra do Sudeste do RS.

Mesmo sob plantio direto, a recuperação do conteúdo de MO de um solo tem sido limitada pela baixa disponibilidade de N, cuja principal fonte é a própria MO. Ofertas reduzidas de N a qualquer sistema de cultura diminui a produção de biomassa vegetal, reduzindo as adições de C ao solo. A utilização de sistemas de cultura que incluem plantas leguminosas pode representar uma estratégia para aumento da fertilidade do solo (Testa et al., 1992), para o aumento da disponibilidade de N e produtividade do milho e para o acúmulo de carbono no solo (Bayer, 1996; Pillon, 2000; Bayer et al., 2000a;b).

Diante deste contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de sistemas de cultura para o acúmulo de C no perfil de um Cambissolo Háplico, na Serra do Sudeste - RS e Inferir sobre o potencial dos sistemas de cultura para o seqüestro de CO<sub>2</sub> atmosférico na MO do solo, por meio do monitoramento do conteúdo de carbono orgânico total do solo.

## Material e métodos

### Localização e caracterização edafoclimática do experimento

A área experimental está localizada no Município de Piratini, RS, na região da Encosta da Serra do Sudeste. O solo é um Cambissolo Háplico (Embrapa, 1999), com média geral de 237

g.kg<sup>-1</sup> de argila na camada de 0-27,5cm. Outras informações referentes à caracterização geral da área experimental estão descritas em Cruz (2005).

## Condução do experimento

O experimento foi instalado em 2001, com previsão inicial para cinco anos. Diferentes sistemas de produção são conduzidos em duas Unidades de Validação Participativa (UVP), denominadas áreas A e B. Para este trabalho, somente a área A foi utilizada, que possui 0,50 ha e é subdividida em cinco sistemas de cultura, cada um com dimensões de 20x50 m, compostos por culturas comerciais em rotação no verão e culturas de cobertura no inverno, sendo quatro sistemas sob sistemas de plantio direto (Tabela 1) e um quinto sistema contendo azevém no inverno e milho em preparo convencional no verão, sistema tradicionalmente utilizado na Serra do Sudeste do RS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas e três repetições.

A análise de solo inicial da área experimental foi: pH 5,4; MO 1,9%; K 39 mg dm<sup>-3</sup>; P 2,3 mg dm<sup>-3</sup>; Al 0,4 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>; Ca 3,5 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup> e Mg 1,1 cmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>.

Tabela 1. Seqüência de culturas da área experimental para o período 2001-2004. Piratini, RS.

Sistemas	Área (m <sup>2</sup> )	2001/02	2002	2002/03	2003	2003/04	2004
		verão	inverno	verão	inverno	verão	inverno
A+E+N/R	1.000	Sj	A+E+N	M	A+E+N	F	A+E+N
A+E/R	1.000	M	A+E	CS	A+E	S+CS	A+E
E/R	1.000	F	E	CS	E	S+CS	E
A/R	1.000	S	A	CS	A	M	A
Az/M PC	1.000	M	Az	M	Az	M	Az

Legenda: vide Tabela 2.

Tabela 2. Descrição das siglas, nome comum e científico das espécies utilizadas no experimento. Piratini, RS.

Sigla	Nome comum	Nome científico
A	Aveia preta	<i>Avena strigosa</i> Schreb
Az	Azevém	<i>Lolium multiflorum</i> Lam
CS	Capim Sudão	<i>Sorghum sudanense</i>
E	Ervilhaca comum	<i>Vicia villosa</i> Roth.
F	Feijão	<i>Phaseolos vulgaris</i> L.
M	Milho	<i>Zea mays</i> L.
N	Nabo forrageiro	<i>Raphanus sativus</i> L.
Sj	Soja	<i>Glycine max</i> L
S	Sorgo	<i>Sorghum vulgare</i>
R	Rotação	-
PC	Preparo convencional	-

O manejo adotado para a condução experimental foi sempre baseado na recomendação de adubação de manutenção para as culturas de verão com N, P e K, utilizando-se fontes minerais de uréia, SFT e KCl, distribuídos a lanço na superfície antes da semeadura das culturas. No sistema Az/M, o solo foi arado, nivelado e destorroado com grade de discos, sendo a adubação incorporada até 20cm de profundidade.

A semeadura das culturas de inverno foi sempre efetuada a lanço imediatamente antes da rolagem da resteva anterior. As culturas de verão foram semeadas com auxílio de semeadora em linha e/ou com auxílio de semeadoras manuais tipo “matraca”. O experimento foi conduzido sob condições climáticas naturais, sem uso de irrigação artificial.

#### Amostragem de solo

Amostras de solo foram coletadas em outubro de 2003, nos

cinco sistemas de cultura, no ponto de referência (Pz) numa área lateral às parcelas experimentais, representando o estoque de carbono orgânico total (COT) da área experimental no momento da implantação dos sistemas e no campo nativo, nas profundidades de 0-2,5; 2,5-7,5; 7,5-12,5; 12,5-17,5; 17,5-27,5cm. Em cada ponto e de forma aleatória na parcela, três trincheiras medindo 0,30 x 0,50 x 0,30m foram abertas com uma pá de corte. O solo foi retirado com auxílio de ferramentas manuais, homogeneizado, sub-amostrado e seco ao ar. Os resíduos vegetais presentes na superfície do solo foram cuidadosamente retirados antes da amostragem. Em cada profundidade, foram coletados anéis volumétricos para a determinação da densidade do solo segundo (Blake & Hartge, 1986). Uma visualização dos procedimentos de coleta de solo pode ser obtida na Figura 1.



Figura 1. Coleta de solo em outubro de 2003 - área experimental, Piratini, RS.

## Obtenção e separação da fração leve livre da matéria orgânica

Para compor a amostra de solo para extração da fração leve livre da MO, alíquotas de mesma massa de solo foram retiradas de cada uma das amostras de solo coletadas a campo na camada 0-2,5 cm do solo e homogeneizadas imediatamente antes da pesagem. A separação da fração leve livre da MO foi obtida pelo método proposto por Golchin et al. (1994) e foi efetuada somente para os sistemas A+E/R, E/R e A/R e no campo nativo, para fins comparativos com a condição do solo sob vegetação natural. Foram adicionados 200 mL da solução NaI 1,65 gcm<sup>-3</sup> a 20g de solo em tubo de centrifuga de 250ml. O tubo foi fechado e cuidadosamente invertido cinco vezes (manualmente), para evitar quebras de agregados. As partículas que aderiram à tampa e ao tubo da centrifuga foram lavadas para dentro da suspensão usando solução de NaI de mesma densidade. Após uma hora em repouso, a suspensão foi centrifugada a 2000 x g por 60 minutos. Após centrifugado, o sobrenadante com as partículas da fração leve livre da MO foi passado em um filtro de vidro sinterizado (10-15 mm de diâmetro) sob vácuo. O material orgânico retido sobre o filtro, após a lavagem do excesso de NaI com 200 ml de água destilada sob vácuo, foi removido com um jato de água e acondicionado em um recipiente de vidro, seco em estufa por 24 horas e moído em gral de porcelana, para posterior realização de análises do teor de lignina, C, H e N. Detalhes do procedimento de separação da fração MO leve livre podem ser observados na Figura 2.



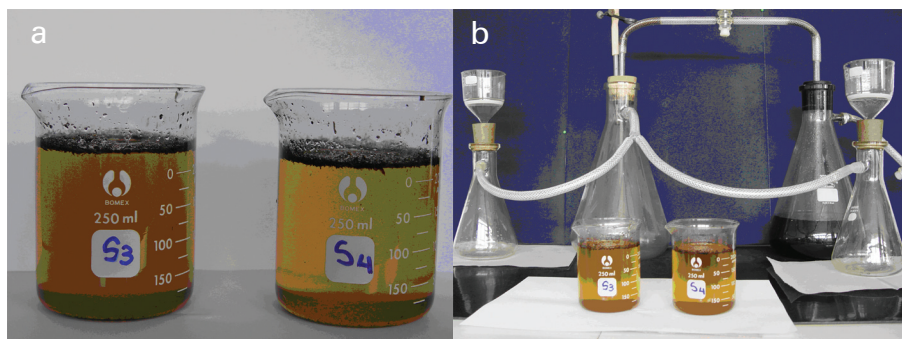


Figura 2. a) Partículas da fração leve livre da MO em suspensão; b) Filtragem em filtro de vidro sinterizado (10-15 mm de diâmetro) sob vácuo.

### Amostragem da parte aérea das culturas

No estágio correspondente à plena floração das espécies leguminosas de inverno e verão, e no estágio de grão leitoso para as espécies gramíneas de inverno e verão (Tabela 1), coletou-se a parte aérea das culturas, com três amostragens ao acaso, dentro da área útil da parcela, com um quadro medindo 1,0 x 1,0 m. Para a cultura do milho foram efetuadas três amostragens ao acaso, dentro do sistema, cinco plantas foram coletadas aleatoriamente, dentro de uma área útil de 16 m<sup>2</sup>, retiradas de quatro linhas centrais espaçadas com 1,0 m entre linhas, em uma extensão de 4,0m. A partir da contagem da população de plantas, a produção de fitomassa foi corrigida e extrapolada para um hectare. A fitomassa úmida das culturas foi pesada, sub-amostrada e seca em estufa ventilada a 60°C, até peso constante. Após secagem, a fitomassa seca foi moída em um moinho modelo Willey até 0,5 mm e acondicionadas para análises.

A adição de C ao solo pela fitomassa das espécies vegetais foi estimada assumindo-se um teor de 40% de C no tecido vegetal

da parte aérea. A contribuição das raízes para a adição de C não foi considerada neste trabalho pela inexistência de resultados de pesquisa para os solos e condições climáticas da região da Encosta da Serra do Sudeste do RS.

## Análises Químicas

### Solo

Após processamento das amostras de solo, as mesmas foram analisadas em relação ao teor de COT do solo pelo método Walkey & Black (Tedesco et al., 1995). Os resultados foram expressos em massa de COT por volume de solo, corrigindo-se os valores através da densidade do solo.

### Matéria Orgânica leve livre

Nesta fração foram analisados os teores de C e N através da oxidação via seca utilizando-se o analisador CHN, modelo Leco 2000. O teor de lignina foi quantificado através do método descrito em Van Soest (1963).

## Análise estatística

Para os dados de acúmulo de COT no solo, os experimentos foram conduzidos como um fatorial A x B x C (A = sistemas, B = profundidade, C = blocos), em blocos casualizados com parcelas subdivididas, com três repetições. A variável analisada indica a diferença entre os cinco sistemas de cultura e o ponto de referência (Pz). Após a análise da variação fez-se comparação de médias pelo teste de Duncan. Foi usado o Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores (SANEST). Para os dados de C adicionado pela parte aérea das culturas de inverno e verão, fez-se a comparação de médias pelo teste Duncan, utilizado-se o programa de análise estatística WinStat.

## Resultados e Discussão

### Adições de C pelos sistemas de cultura

Na Tabela 3 estão apresentadas as adições anuais de C pelos sistemas de cultura avaliados. Após dois anos, os sistemas apresentaram adições anuais de C ao solo variando de 2,20 a 4,42 Mg ha<sup>-1</sup>, sendo que o sistema (A+E/R) apresentou o maior potencial de produção de biomassa vegetal em relação aos demais sistemas, evidenciando que este consórcio gramínea e leguminosa no inverno possui potencial para a adição de resíduos vegetais. Não houve diferenças significativas na taxa de adição de C ao solo, entre os sistemas. Após 16 anos de monitoramento das adições de C ao solo por diferentes sistemas de cultura num ARGISSOLO VERMELHO sob plantio direto, Pillon (2000) obteve média anual de adição de C ao solo de 1,77 e 4,37 Mg ha<sup>-1</sup> para os sistemas pousio/milho (pousio no inverno e milho no verão) e aveia/milho (aveia no inverno e milho no verão), respectivamente, ambos sem adição de N mineral ao milho. No mesmo estudo, Pillon (2000) obteve adições maiores para sistemas de cultura com inclusão de leguminosas. Para o sistema lablab+milho, a taxa anual de adição de C foi de 6,13 Mg ha<sup>-1</sup>. Geralmente, sistemas que incluem leguminosas apresentam maior potencial de aporte de C ao solo possivelmente pela contribuição destas plantas para o incremento da ciclagem de N no sistema.

Tabela 3. Sistemas de cultura e estimativa das adições anuais de fitomassa seca (FS) e C pela parte aérea das culturas de inverno e verão, num período de dois anos. Piratini, RS.

Sistema culturas	Inverno	Verão	Adições.ano <sup>-1</sup>	
			FS total (Mg ha <sup>-1</sup> )*	C (Mg ha <sup>-1</sup> )
A+E+N/R	A+N+E	R**	5,77	2,31 A
A+E/R	A+E	R**	11,05	4,42 A
E/R	E	R**	5,80	2,32 A
A/R	A	R**	6,59	2,64 A
Az/M (PC)	Az	R**	5,50	2,20 A

\* Média de adição de matéria seca dos primeiros 2 anos

\*\* R=rotação das culturas de verão (Tabela 1, item 3, Metodologia Geral)

\* Média de adição de matéria seca dos primeiros 2 anos

Médias seguidas pela mesma letra, maiúsculas (entre sistemas) não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

A=aveia preta; Az=azevém; E=ervilhaca comum; M=milho; N=nabo forrageiro;

PC = preparo convencional;

R=rotação das culturas de verão (Tabela 1)

## Acúmulo de carbono orgânico total (COT) no solo

Na Tabela 4 estão apresentados o conteúdo de COT em diferentes camadas do solo nos sistemas de cultura e os acúmulos absoluto e relativo de COT ao longo do período experimental. Na camada de 0-27,5cm, não diferiram significativamente entre si os sistemas A+E+N/R, A+E/R, E/R e A/R. Comparativamente ao Pz, o sistema Az/M apresentou redução no seu conteúdo de COT (-7,01 Mg ha<sup>-1</sup>) ao longo do período experimental, na camada de 0-27,5cm. Embora o sistema A+E/R tenha apresentado a maior taxa anual de adição de C ao solo, o acúmulo absoluto de COT (1,05 Mg ha<sup>-1</sup>) foi o mais baixo entre os sistemas sob plantio direto. Possivelmente, a explicação para este comportamento possa estar na 1) variabilidade espacial observada para vários outros parâmetros avaliados, incluindo o conteúdo de COT em profundidade, observada na área experimental e/ou 2) no pequeno período de avaliação experimental, onde os sistemas ainda não estão integralmente consolidados.

Em relação a variabilidade espacial, é importante observar,

através da Tabela 4, que o conteúdo de COT em profundidade é bastante variável, especialmente na camada 17,5 a 27,5 cm. Enquanto nesta camada o estoque de COT para o sistema A+E/R é de 19,00 Mg ha<sup>-1</sup>, na mesma camada, para o sistema A+E+N/R, o estoque em 2003 foi de 22,93 Mg ha<sup>-1</sup>, os quais são significativamente diferentes entre si. O conteúdo de COT nesta camada para o sistema A+E/R, comparativamente ao marco zero (Pz) da área experimental, determinou perdas de 1,81 Mg ha<sup>-1</sup> de C em dois anos. Pode-se assumir que a variabilidade espacial dos dados do COT na área experimental seja devido ao comportamento dos sistemas de culturas. Entretanto, em áreas sob plantio direto, efeitos significativos dos sistemas de cultura sobre o estoque de COT no solo somente são observados em maior espaço temporal. Em um experimento feito por Teixeira (1988) em Eldorado do Sul-RS, em um Argissolo Vermelho com 220 g Kg<sup>-1</sup> de argila, foi observado um aumento significativo no COT somente nos sistemas com elevado aporte de resíduos vegetais após o terceiro ano. No quinto, oitavo e décimo ano, este efeito já era significativo nas camadas 0-7,5cm (Testa, 1989), 0-12,5cm (Pavinato, 1993) e 0-17,5cm (Burle, 1995).

Como as adições de C ao solo são muito similares entre os sistemas, infere-se que tal comportamento possa estar associado às diferenças na capacidade de alocação de C em profundidade pelo sistema radicular das culturas presentes em cada sistema.

Tabela 4. Conteúdo de carbono orgânico total (COT) do solo, acúmulo absoluto e relativo de C nos sistemas de cultura em relação ao ponto inicial, após dois anos sob plantio direto em

Prof.	Conteúdo COT					COT acumulado em dois anos											
	2003 Pz	AEN/R	AE/R	E/R	2003 E/R	A/R	Az/M	Absoluto*					Relativo**				
								AEN/RAE/R	E/R	A/R	Az/M	AEN/RAE/R	E/R	A/R	AE/N/RAE/R	E/R	A/H
cm	.....COT (Mg ha <sup>-1</sup> ).....																
0 - 2,5	7,12 c A	8,35 c A	7,59 c A	7,03 c A	7,80 c A	5,18 c A	1,23	0,47	-0,09	0,68	-1,94	17	7	-1	10		
2,5 - 7,5	11,49 b A	12,89 b A	12,08 b A	12,59 b A	12,76 b A	10,54 b A	1,40	0,59	1,10	1,27	-0,95	12	5	10	11		
7,5 - 12,5	10,82 b A	10,95 bc A	11,93 b A	12,84 b A	13,20 b A	10,04 b A	0,13	1,11	2,02	2,38	-0,78	1	10	19	22		
12,5 - 17,5	10,70 b A	12,18 b A	11,39 b A	12,63 b A	12,55 b A	10,54 b A	1,48	0,69	1,93	1,85	-0,16	14	6	18	17		
17,5 - 27,5	20,81 a ABC	22,93 a A	19,00 a BC	22,38 a AB	20,13 a AB	17,62 a C	2,12	-1,81	1,57	-0,68	-3,19	10	-9	8	-3		
0 - 27,5	60,94 BC	67,30 A	61,99 AB	67,46 A	66,43 A	53,93 C	6,36	1,05	6,52	5,49	-7,01	10	2	11	9		

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas (entre profundidades), maiúsculas (entre sistemas) não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.  
A=aveia preta; Az=azevém; E=ervilhaca comum; M=milho; N=nabo forrageiro; R=rotação de verão.  
\*Obtido pela diferença entre os conteúdos de COT de cada sistema em 2003 e o COT do ponto de referência (Pz) em 2003, nas respectivas camadas de solo. \*\* (acumulo absoluto C na camada/COT do Pz na profundidade respectiva) x 100. R=rotação das culturas de verão (Tabela 1).

Em relação aos conteúdos iniciais de COT da área experimental (Pz), na camada de 0-27,5 cm, em dois anos os acúmulos relativos de C nos sistemas AEN/R, AE/R, E/R e A/R representaram incrementos de 10, 2, 11 e 9 % (Tabela 4). À exceção do sistema AE/R, os demais sistemas apresentaram potencial similar para o acúmulo de COT no solo.

Comportamentos diferentes em relação à alocação de COT no perfil do solo foram demonstrados pelos sistemas. No sistema AEN/R, o maior acúmulo de C ocorreu na camada 0-7,5 cm (29 % do COT acumulado), enquanto nos sistemas AE/R, E/R e A/R o maior acúmulo de C ocorreu na camada 7,5-17,5 cm, 16, 37 e 39 %, respectivamente (Tabela 4).

No sistema Az/M houve perda de COT em todas as camadas (Figura 3), sendo que a maior taxa de perda relativa ocorreu na camada de 0-7,5 cm (35 % do COT perdido) (Tabela 4 e Figura 3). Além da menor taxa anual de adição de resíduos ao solo, observada neste sistema, provavelmente, o excessivo preparo convencional utilizado, baseado no revolvimento intenso do solo com arado de discos e grade niveladora tenha contribuído para um aumento na taxa de oxidação da MO do solo e para o incremento na perda de MO por erosão laminar, a qual, embora não quantificada, era possível ser observada visualmente na área após precipitações intensas (Figura 4). Além da contribuição de processos erosivos, as maiores perdas no estoque de COT na camada superficial do solo no sistema Az/M também podem estar associadas à redistribuição interna do C das camadas superficiais para as camadas mais profundas promovidas pela aração e gradagem. Possivelmente as menores taxas de perda de C observadas para as camadas 7,5-12,5 cm e 12,5-17,5 cm, comparativamente as observadas para a camada 0-2,5cm, podem estar associadas a este fato.

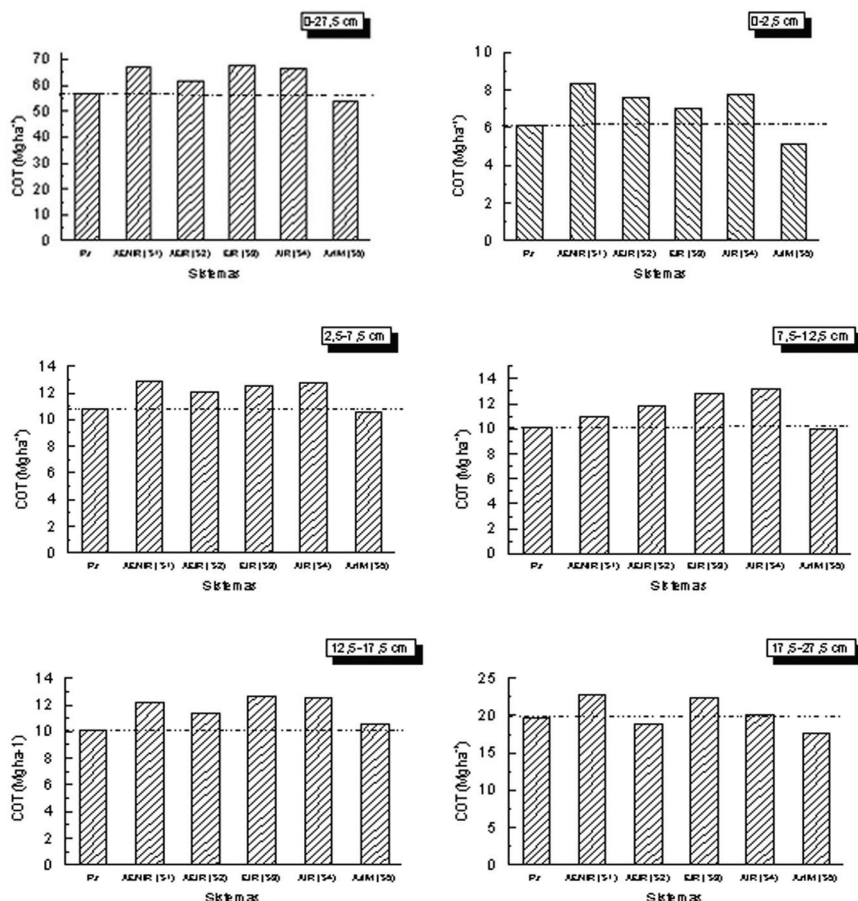


Figura 3. Conteúdo de COT de sistemas de cultura em diferentes profundidades de um Cambissolo Háplico, após dois anos experimentais –Piratini, RS.

No sistema Az/M a taxa anual de perda de COT, na camada 0-27,5 cm, foi de  $3,50 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Pillon (2000) comparando os estoques de COT na camada de 0-30 cm de uma área de campo nativo com uma área contígua submetida ao intenso preparo convencional durante 14 anos antecedentes à instalação de uma área experimental observou taxas anuais de perdas equivalentes a  $1,03 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Mesmo considerando-se



que o tempo de observação experimental tem influência significativa no cálculo da taxa anual de perda de COT do solo, já que maiores perdas ocorrem nos primeiros anos de cultivo intenso do solo, é possível dizer que este agroecossistema apresenta alta susceptibilidade às perdas de COT do solo, especialmente se comparado ao potencial de perda de COT observado em um Argissolo Vermelho avaliado por Bayer (1996) e Pillon (2000).



Figura 4. Vista superior do sistema Az/M, Piratini, RS.

## Potencial de seqüestro de C-CO<sub>2</sub> no solo pelos sistemas de cultura

Assumindo-se que nos sistemas sob plantio direto não houve ocorrência de erosão, os acúmulos absolutos de COT no perfil do solo em cada sistema de cultura em relação ao Pz (Tabela 4) podem ser considerados como uma contribuição destes sistemas para a retenção temporária de C-CO<sub>2</sub> na MO do solo. Os sistemas A+E+N /R, A+E/R, E/R e A/R (Figura 5) apresentaram, na camada 0-27,5 cm, um seqüestro temporário de C-CO<sub>2</sub> de 23,33, 3,85, 23,92 e 20,14 Mg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, no período de dois anos, indicando que os sistemas avaliados, embora conduzidos num solo de baixa fertilidade, possuem potencial para melhorar a sua qualidade através da ciclagem de C e, conseqüentemente, de outros nutrientes. O sistema Az/M contribuiu com a emissão de 25,73 Mg ha<sup>-1</sup> de C-CO<sub>2</sub> para a atmosfera. Considerando que possivelmente a erosão hídrica laminar tenha contribuído para aumentar as perdas de COT no sistema Az/M (Figura 4), é possível afirmar que as emissões de C-CO<sub>2</sub> para a atmosfera estão superestimadas.

Avaliando a contribuição de diferentes sistemas de cultura sob 17 anos de plantio direto para o seqüestro ou emissão de C-CO<sub>2</sub> num Argissolo Vermelho, Diekow (2003) observou que o sistema aveia/milho (A/M), sem aplicação de fonte de N mineral ao milho, contribuiu para a emissão de 13,9 Mg ha<sup>-1</sup> de C-CO<sub>2</sub> na profundidade de 0-17,5 cm, ao longo do período experimental avaliado. Possivelmente, a maior perda de C-CO<sub>2</sub> para a atmosfera verificada no sistema Az/M deve-se em parte ao preparo convencional neste sistema, o qual favorece o aumento da taxa de decomposição da MO do solo e, em parte, a uma superestimativa das emissões de CO<sub>2</sub>, pois parte deste C pode ter sido perdido por erosão, observada visualmente neste sistema (Figura 6), processo que foi considerado nulo ou de magnitude muito baixa em toda a área experimental avaliada por Diekow (2003).

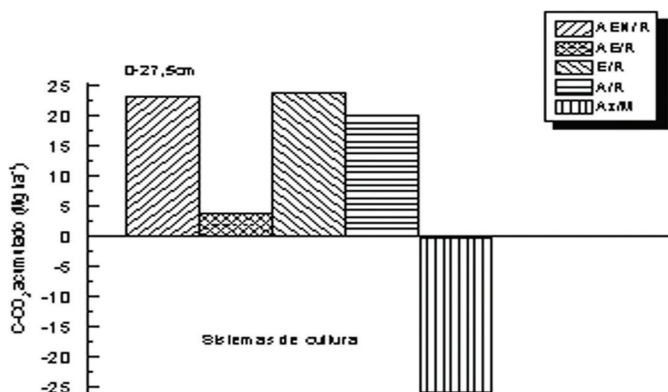


Figura 5. Seqüestro de C-CO<sub>2</sub> no solo pelos sistemas de cultura na camada 0-27,5 cm de um Cambissolo Háplico no período de dois anos, Piratini, RS.

Contribuição da matéria orgânica leve livre (MOLL) para o COT do solo

O teor e conteúdo de C e N na fração MOLL do solo estão apresentados nas Tabelas 5 e 6. Os teores de C na MOLL dos sistemas de cultura avaliados e no CN variaram de 21,15 a 22,67 % (Tabela 5), enquanto que os teores de N (Tabela 6) variaram entre 1,13 % para o campo nativo e 1,38 % para o sistema A+E/R. Embora a percentagem de N na MOLL no sistema A+E/R tenha sido ligeiramente superior aos demais sistemas, não houve diferenças importantes na relação C/N da MOLL nos diferentes sistemas de cultura avaliados (dados não mostrados), indicando que esta fração já passou por transformações microbiológicas, mantendo somente parte das características originais dos tecidos vegetais das plantas. Para Golchin et al. (1994), esta fração da MO do solo representa um compartimento intermediário entre os resíduos vegetais e o compartimento passivo da MO do solo, representado pelas frações mais humificadas da MO.

Escassos são os estudos existentes especialmente no sul do Brasil que separaram a fração leve livre da MO do solo usando-se separação por densidade. Embora obtidas por procedimentos ligeiramente distintos, a fração MO grosseira ou particulada, obtida por dispersão da amostra com ultrassom seguida de peneiramento (fração da MO com tamanho de partícula  $> 53 \mu\text{m}$ ) apresenta características químicas similares à MOLL obtida pela separação por flotação em NaI. Por exemplo, Pillon (2000) observou que a relação C/N da MO grosseira obtida pelo fracionamento físico da camada 0-2,5cm de um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de cultura em plantio direto variou entre 16:1 a 22:1. Valores similares aos obtidos por Pillon (2000) para a MO grosseira foram observados por Guggenberger et al. (1994). No presente trabalho, a relação C/N variou entre 16 a 19.

Avaliando as alterações em frações da MO do solo promovidas por diferentes sistemas de cultura em um Argissolo Vermelho após 17 anos sob plantio direto, Diekow (2003) observou valores de relação C/N similares aos obtidos no presente estudo para a fração MO particulada ( $>63 \mu\text{m}$  e  $d < 1,8 \text{ Mg m}^{-3}$ ) extraída da camada 0-2,5cm. No campo nativo e nos sistemas aveia+ervilhaca/milho e lablab/milho, sem adição de N mineral, a relação C/N da MO particulada obtida por Diekow (2003) foi 22,5, 16,3 e 13,0, respectivamente.

Qualitativamente, a MOLL apresenta proporções relativas de C-O-Alquil (constituído principalmente por C presente em proteínas e carboidratos) muito similares às aquelas observadas para a planta inteira. Pillon (2000) observou muita proximidade entre a proporção de C-O-Alquil (50-110ppm), obtida em espectros de RMN  $^{13}\text{C}$  CP/MAS, para tecidos vegetais da planta inteira de milho, coletados em pleno florescimento (83,03%), comparado à fração MOLL extraída do solo continuamente cultivado em sistema pousio/milho (70,08% de C-O-Alquil).

Em ambiente tropical e subtropical, as frações mais lábeis da MO do solo, como a MOLL obtida neste estudo e a MO grosseira, obtida por Pillon (2000), geralmente representam somente uma pequena proporção da MO total do solo. Por

exemplo, para a camada 0-2,5 cm de um Argissolo Vermelho, Pillon (2000) observou que a MO grosseira representa entre 17 % do COT no sistema aveia/milho sob plantio direto e 28 % do COT no campo nativo. Entretanto, cabe lembrar que a metodologia de obtenção e, conseqüentemente, a magnitude da MO grosseira obtida por Pillon (2000) são diferentes quando comparados à MOLL obtida no presente estudo. Para a MO particulada obtida por Diekow (2003), a proporção desta fração em relação ao COT variou entre 11,2% para o campo nativo e 13,6 % para o solo descoberto até 34,4 % para o sistema quando+milho com adubação nitrogenada ao milho.

No presente trabalho, a proporção do C presente na MOLL na camada 0-2,5 cm, em relação ao COT variou entre 7,07 % para o sistema A+E/R e 8,60 %, para o sistema A/R. No campo nativo, esta proporção foi de 8,36 % (Tabela 5).

A magnitude dos compartimentos mais lábeis da MO do solo são determinados principalmente pela adição de resíduos vegetais ao solo (relativo ao sistema de cultura) e pela umidade e temperatura (relativo ao clima). Sob clima quente e úmido, a proporção da MO lábil (grosseira, leve ou particulada) representa entre 20 a 30% da MO total (Bayer, 1996; Shang & Thiessen, 1997). Sob clima mais frio, a atividade microbiana é reduzida e, conseqüentemente, os resíduos vegetais parcialmente decompostos tendem a se acumular, podendo atingir até 50% da MO total do solo (Franzluebbers & Arshad, 1997).

Apesar da fração leve livre da MO representar menos de 10% do COT do solo neste estudo, esta fração desempenha um importante papel na liberação de nutrientes, especialmente de N e na formação e estabilização de agregados (Tissdal & Oades, 1982, Six et al., 1999).

Da mesma forma que o observado por Diekow (2003), a proporção da MOLL em relação ao COT do solo tende a aumentar significativamente nos sistemas conservacionistas de manejo e ao longo do tempo de avaliação. O pequeno período de avaliação experimental neste caso justifica em parte

a não existência de diferenças na proporção da MOLL entre os sistemas avaliados e entre estes e o campo nativo.

Tabela 5. Estimativa do teor e conteúdo de C na fração MOLL da MO na camada 0-2,5 cm de um Cambissolo Háplico. Piratini,

Sistemas	Massa de solo	MOL	%C	C-MOLL	Valor C-MOLL em relação ao COT			
					COT	C-MOLL/COT		
g C MOLL Kg <sup>-1</sup>								
	g	g	g C MOLL	solo	Kg ha <sup>-1</sup>	Kg ha <sup>-1</sup>	%	
CN	2800	2,71	21,15	0,57	2,05	645	7707	8,36
A+E/R	2600	1,60	22,61	0,36	1,39	536	7588	7,07
E/R	2600	1,79	21,46	0,38	1,48	506	7029	7,20
A/R	2600	2,16	22,01	0,48	1,84	670	7798	8,60

CN = campo nativo; A = aveia preta; E = ervilhaca comum; R = rotação de culturas no sistema (Tabela 1).

Os teores de lignina na MOLL variaram entre 6,39 % para o campo nativo e 10,35 % para o sistema A+E/R (Tabela 6). A maior quantidade de lignina na MOLL foi verificada para o sistema A/R. Cabe salientar que neste caso específico, a quantidade de lignina existente na MOLL é muito mais influenciada pelas diferenças observadas na quantidade de MOLL obtida em cada sistema do que nas diferenças verificadas para os teores de lignina. Esta investigação sobre a presença de lignina na MOLL, especialmente sobre sua proporção relativa aos demais constituintes desta fração da MO é importante pois somente uma pequena proporção desta fração (menos de 10 %) é ocupada por moléculas quimicamente mais recalcitrantes, o que corrobora o fato que taxas de decomposição desta fração sejam relativamente mais altas (Bayer, 1996) quando comparadas a frações mais humificadas da MO do solo, notadamente mais ricas em compostos de natureza recalcitrante devido a sua tendência de preservação (Baldock et



Tabela 6. Estimativa do teor e conteúdo de lignina (L-MOLL) e N na fração MOLL (N-MOLL) da MO na camada 0-2,5 cm de um Cambissolo Háplico. Piratini, RS.

Sistemas	Massa de solo	MOL	%N	N-MOLL	
	g			g	Kg ha <sup>-1</sup>
CN	2800	2,71	1,13	0,03	34
A+E/R	2600	1,60	1,38	0,02	33
E/R	2600	1,79	1,24	0,02	29
A/R	2600	2,16	1,33	0,03	40
				L %	L-MOLL
				g	Kg ha <sup>-1</sup>
CN	2800	2,71	6,39	0,17	195
A+E/R	2600	1,60	10,35	0,17	245
E/R	2600	1,79	9,62	0,17	227
A/R	2600	2,16	8,67	0,19	263

CN = campo nativo; A = aveia preta; E = ervilhaca comum; R = rotação de culturas no sistema (Tabela 1).

## Conclusões

Os resultados do presente trabalho permitem estabelecer as seguintes conclusões:

a) Após dois anos de condução experimental, os sistemas conservacionistas de manejo, baseados em sistemas de cultura com mínimo revolvimento do solo apresentam potencial para incremento do conteúdo de carbono orgânico do solo e, conseqüentemente, para o seqüestro temporário de C-CO<sub>2</sub> na MO do solo;

O sistema Azevém/Milho (Az/M) sob preparo convencional propicia uma redução no conteúdo de COT do solo, atuando como fonte de CO<sub>2</sub> atmosférico.

## Referências bibliográficas

BALDOCK, J.A.; OADES, J.M.; WATERS, A.G. Aspects of the chemical structure of soil organic materials as revealed by solid-state  $^{13}\text{C}$  NMR spectroscopy. *Biogeochemistry*, Netherlands, v. 16, p. 1-42, 1992.

BALESDENT, J.; BALABANE, M. Major contribution of roots to soil carbon storage inferred from maize cultivated soils. *Soil Biology Biochemistry*. Oxford, v.28, n.9, p.1261-1263, 1996.

BAYER, C. Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo de solos. 1996. 240 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo-Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. et al. Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 53, p. 95-104, 2000a.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T.J.C. et al. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in Southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 54, p. 101-109, 2000b.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. *Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods*. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, 1986. p. 363-375.

BURLE, M.L. Efeito de sistemas de cultura em características químicas do solo. 1995. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo-Agronomia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

CRUZ, L.E.C da. Potencial de sistemas de cultura para o



seqüestro de carbono em um cambissolo háplico da serra do sudeste - RS. Pelotas, 2003. 103 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2005.

DIEKOW, J. Estoque e qualidade da matéria orgânica do solo em função de sistemas de culturas e adubação nitrogenada no sistema plantio direto. 2003. 164 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo-Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and accessing soil quality. In: DORAN, J. W. (Ed.) et all. Defining soil quality for sustainable environment. Madison: SSSA, 1994. p. 3-21.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informações, 1999. 412 p.

FRANZLUEBBERS, A.J.; ARSHAD, M.A. Particulate organic carbon content and potential mineralization as affected by tillage and texture. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 61, p. 1382-1386, 1997.

GOLCHIN, A.; OADES, J. M.; SKJEMSTAD, J.O. et all. Study of free and occluded particulate organic matter in soils by solid state  $^{13}\text{C}$  CP/MAS NMR spectroscopy and scanning electron microscopy. Australian Journal of Soil Research, Melbourne, v. 32, p. 285-309, 1994.

GUGGENBERGER, G.; CHRISTENSEN, B. T.; ZECH, W. Land-use effects on the composition of organic matter in particle-size separates of soil: I. Lignin and carbohydrate signature. European Journal of Soil Science, Dordrecht, v. 45, p. 449-458, 1994.

HASSINK, J.; WHITMORE, A.P. A model of the physical protection of organic matter in soils. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 61, p. 131-139, 1997.

LAL, R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO<sub>2</sub>-enrichment. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 43, p. 81-107, 1997.

PAVINATO, A. Teores de carbono e nitrogênio do solo e produtividade do milho afetados por sistemas de cultura. 1993. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo-Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

PILLON C.N. Alterações no conteúdo e qualidade da matéria orgânica do solo induzidas por sistemas de cultura. 2000. 214f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo-Agronomia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

SHANG, C.; TIESSEN, H. Organic matter lability in a tropical oxissol: evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density, and magnetic fractionations. *Soil Science*, Baltimore, v. 162, n. 11, p. 795-807, 1997.

SIX, J.; ELLIOTT, E.T.; PAUSTIAN, K. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 63, p. 1350-1358, 1999.

TEDESCO, M.J.; BOHNEN H.; VOLKWEISS S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia. Departamento de Solos – UFRGS, 1995. 174 p.

TEIXEIRA, L.A.J. Fornecimento de nitrogênio ao milho por sistemas de cultura. 1988. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo - Agronomia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

TESTA, V. M.; TEIXEIRA, L. A. J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetados por sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 16, p. 107-114, 1992.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal Soil Science, London*, v. 33, p. 141-163, 1982.

VAN SOEST, P.J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds II. A rapid method of the determination of fiber and lignin. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists, Gaithersburg*, v. 46, n. 5, p. 829-835, 1963.



---

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento  
BR 392 km 78 - 96001-970 Pelotas RS Cx. Postal 403  
Fone (53) 3275-8100 Fax (53) 3275-8221  
[www.cpact.embrapa.br](http://www.cpact.embrapa.br)  
[sac@cpact.embrapa.br](mailto:sac@cpact.embrapa.br)*