

PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO ANTECEDENDO O MILHO E SEU EFEITO SOBRE O CARBONO ORGÂNICO DO SOLO, SOB PLANTIO DIRETO⁽¹⁾

C. N. GONÇALVES⁽²⁾ & C. A. CERETTA⁽³⁾

RESUMO

Em condições naturais, o solo encontra-se num estado estável no ambiente, mas o manejo inadequado causa degradação, principalmente da fração orgânica, comprometendo a sustentabilidade de sistemas agrícolas. Este estudo baseou-se num experimento que vem sendo realizado há seis anos em um Podzólico Vermelho-Amarelo (Hapludalf), localizado em área experimental do Departamento de Solos/UFSM, e teve como objetivo avaliar o efeito de sucessões de cultura sobre a dinâmica do carbono. Utilizaram-se as sucessões de cultura ervilhaca comum (*Vicia sativa*)/milho, tremoço azul (*Lupinus angustifolius*)/milho, ervilha forrageira (*Pisum arvense*)/milho, aveia preta (*Avena strigosa*)/milho e pousio invernal/milho, associadas a duas doses de N aplicado no milho (0 e 80 kg ha⁻¹). O solo foi manejado em plantio direto e foram feitas avaliações dos teores de C das plantas de cobertura e dos resíduos vegetais superficiais e do solo, em três profundidades. Os resultados evidenciaram que os sistemas de culturas, sob plantio direto há seis anos, promoveram acúmulos significativos de carbono orgânico apenas na camada mais superficial do solo (0-2,5 cm). A sucessão tremoço azul/milho destacou-se pela capacidade de promover acúmulo de carbono orgânico no solo. A quantidade de carbono orgânico acumulado no solo depende fundamentalmente da quantidade de massa seca produzida pelos sistemas de culturas.

Termos de indexação: cobertura de inverno, milho, carbono do solo, adição de matéria orgânica.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Mestrado submetida, pelo primeiro autor, à Universidade Federal de Santa Maria, programa de Pós-Graduação em Agronomia. Recebido para publicação em dezembro de 1997 e aprovado em dezembro de 1998.

⁽²⁾ Engenheiro-Agrônomo, M.Sc. Caixa Postal 205, CEP 97111-970 Santa Maria (RS).

⁽³⁾ Engenheiro-Agrônomo, Dr., Professor Titular do Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria. CEP 97105-900 Santa Maria (RS). E-mail:ceretta@ccr.ufsm.br. Bolsista do CNPq.

SUMMARY: *WINTER COVER CROPS BEFORE CORN AND THEIR EFFECTS ON SOIL ORGANIC CARBON, IN A NO TILLAGE SYSTEM*

Soil in natural conditions are in steady state in the environment. However, inadequate management can cause degradation mainly in the organic matter fraction, impairing the sustainability of agricultural systems. This experiment was conducted for 6 consecutive years in a Hapludalf (Red Yellow Podzolic Soil), at the experimental area of Soil Science Department UFSM. The objective was to evaluate the effects of plant successions on the carbon dynamic. The plant successions used were common vetch (Vicia sativa)/corn (Zea mays), blue lupine (Lupinus angustifolius)/corn, field peas (Pisum arvense)/corn, black oat (Avena strigosa)/corn and winter fallow/corn, associated to two nitrogen doses (0 and 80 kg ha⁻¹) applied to corn. The soil was managed by the no-tillage system, and evaluations were made on the levels of C on the cover crops, of their surface residues and at three soil depths. Based on the results, it was found that the amount of carbon added through the different plant species, depended upon the amount of dry matter production and its tissue elemental concentration. Significant differences in total carbon were only observed at the superficial layer (0-2.5 cm).

Index terms: organic carbon, no-tillage system, cover crop, winter cover, corn.

INTRODUÇÃO

Em condições naturais, o solo encontra-se em estado estável, apresenta uma cobertura vegetal nativa e um equilíbrio entre as taxas de adição e perda de carbono (Sanchez, 1976). O uso do solo para fins agrícolas, rompe esse estado estável, podendo comprometer os níveis de carbono orgânico (CO) no solo, quando há revolvimento e eliminação de sua cobertura, dentre outros fatores que provocam a diminuição da proteção física da matéria orgânica do solo. Entretanto, em alguns sistemas, como pastagens e culturas anuais cultivadas sob plantio direto, o balanço entre adição e perda de CO no solo é mais equilibrado.

Em sistemas de cultivo com revolvimento do solo, ocorrem perdas de CO em relação aos solos não submetidos ao revolvimento ou sob pastagem permanente (Carvalho, 1984). Sabendo-se que a quantidade de matéria orgânica no solo é determinada pelo balanço, entre a adição de material orgânico e a taxa de decomposição, maiores adições de carbono ao solo alteram o balanço de CO no sentido de aumentar os seus teores (Brown & Dickey, 1970; Sommerfeldt & Chang, 1985), desde que, as perdas de carbono, proporcionadas pelo manejo do solo, sejam inferiores às quantidades adicionadas. A aplicação de fertilizantes favorece a produção de massa seca. Neste sentido, Liang & Mackenzie (1992) observaram que o conteúdo de CO do solo aumentou 18% após seis anos de cultivo contínuo de milho, submetido a fertilizações minerais relativamente altas.

A escolha da espécie de cobertura de solo a ser utilizada é importante. Trabalhos como o de Tanaka (1981) que, cultivando 15 espécies leguminosas,

obteve produções de massa seca que variaram de 10.550 a menos de 700 kg ha⁻¹, evidenciam a capacidade diferenciada das espécies vegetais em adicionarem carbono ao sistema agrícola. Em condições de ambiente semelhantes às do presente trabalho, as variações de adaptação de culturas, com conseqüente reflexo na produção de massa seca, também foram demonstradas por Da Ros (1993), Aita et al. (1994) e Ceretta et al. (1994).

No plantio direto, o estudo de diferentes sistemas de cultura requer a realização de trabalhos de longa duração, porque seus efeitos são cumulativos. A avaliação de sucessões de culturas, com milho no verão e diferentes plantas de cobertura no inverno, em solos de textura arenosa, motivou a realização do presente trabalho, cujo objetivo foi verificar a influência de cinco sucessões de cultura, sob plantio direto, no carbono do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no período de 1990 a 1996, sob plantio direto, na área do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria (RS), em Podzólico Vermelho-Amarelo (Hapludalf), pertencente à Unidade de Mapeamento São Pedro (Brasil, 1973) textura franco-arenosa no horizonte A e franco-argilosa no B. Os dados apresentados e analisados neste trabalho foram obtidos no ano agrícola 1995/1996.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com parcelas subdivididas e quatro repetições. Nas parcelas principais de 10 x 5 m, testaram-se cinco plantas de cobertura de solo no

inverno: ervilha forrageira (*Pisum arvense*), ervilhaca comum (*Vicia sativa*), tremoço azul (*Lupinus angustifolius*), aveia preta (*Avena strigosa*) e pousio invernal; e nas subparcelas, de 5 x 5 m, dois níveis de adubação nitrogenada (0 e 80 kg ha⁻¹ de N, na forma de uréia, em cobertura), aplicados no milho em sucessão.

No início do trabalho em 1990, o solo apresentou as seguintes características na profundidade de 0-20 cm: 150 g kg⁻¹ de argila; pH em H₂O (1:1), 5,5; índice SMP 6,0; P 8,4 mg L⁻¹; K 108 mg L⁻¹; M.O. 7,5 g kg⁻¹; Ca²⁺ + Mg²⁺ 1,6 cmol_c L⁻¹ e Al³⁺ 0,12 cmol_c L⁻¹ (Da Ros, 1993).

Em todos os tratamentos, as invasoras foram dessecadas com a aplicação de herbicida à base de *glyphosate*. As culturas de cobertura de solo no inverno foram semeadas a lanço e sem adubação.

No manejo das plantas de cobertura de solo, no inverno, utilizou-se roçadeira motorizada manual. No tratamento em pousio invernal, as invasoras foram dessecadas com aplicação de herbicida à base de *glyphosate*.

A coleta das amostras, para a avaliação da produção de fitomassa da parte aérea, foi efetuada em outubro de 1995. Nesta época, todas as espécies haviam ultrapassado a fase de pleno florescimento, nas subparcelas, sem aplicação de adubação nitrogenada mineral. Essas subparcelas foram submetidas a este tratamento desde a instalação do experimento. Foi coletada uma área de 0,64 m², sendo a fitomassa seca em estufa a 65°C, até peso constante. Considerou-se como resíduo cultural o material orgânico vegetal acumulado na superfície do solo ao longo de seis anos. Os resíduos culturais de origem vegetal foram colhidos em outubro de 1995, antes do manejo das plantas de cobertura de inverno, em duas subamostras de 0,10 m² por subparcela, e depois secos até peso constante.

O milho híbrido Braskalb XL-250 foi semeado no espaçamento de um metro entre as linhas e seis sementes por metro, obtendo-se uma população final de cerca de 50.000 plantas ha⁻¹.

A adubação com fósforo e potássio no milho foi uniforme em todos os tratamentos. Utilizaram-se 44 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 58 kg ha⁻¹ de K₂O, aplicados a lanço, como superfosfato triplo e o cloreto de potássio.

A adubação nitrogenada no milho foi realizada na semeadura e em cobertura, aos 21 e 30 dias da semeadura. Nas duas primeiras aplicações, foram distribuídos 25 kg ha⁻¹ e, na terceira, 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio, utilizando-se uréia. As adubações de cobertura foram sem incorporação ao solo, tendo sido realizada irrigação por aspersão após sua aplicação.

As amostras de solo foram retiradas antes da semeadura do milho em outubro de 1995 e obtidas de duas subamostras em cada subparcela. A amostragem foi realizada em três profundidades no perfil do solo: 0-2,5 cm - todo o volume contido na área de 20 x 20 cm; 2,5-7,5 cm - todo o volume contido

na área de 20 x 15 cm; 7,5-17,5 cm - todo o volume contido na área de 20 x 10 cm. O local de amostragem de solo foi o mesmo utilizado para coleta de resíduos culturais. As subamostras foram secas ao ar e à sombra, misturadas, homogeneizadas, moídas e tamisadas em malha de 2,00 mm.

Determinaram-se os teores de carbono orgânico do solo em combustão úmida, segundo Nelson & Sommers (1982). As determinações de carbono (C) das plantas de cobertura de inverno e resíduos culturais foram realizadas de acordo com o método de Walkley e Black, descrito por Tedesco et al. (1995).

A análise estatística dos dados constou da análise de variância, com aplicação do teste F e, para as fontes onde houve diferenças significativas, foi utilizado o teste de Duncan a 5% para a comparação de médias. A regressão simples e a correlação também foram utilizadas para correlacionar dados. O pacote estatístico SAS foi utilizado para realizar a análise de variância e o teste F.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de massa seca, teor e a quantidade total de carbono variaram entre as diferentes espécies de cobertura invernal utilizadas no 6º ano agrícola (Quadro 1). A maior produção de massa seca e a maior quantidade de carbono adicionado ao sistema ocorreram com o uso do tremoço azul.

Com o solo mantido em pousio no inverno, a produção de massa seca e a quantidade de carbono adicionado pelas plantas de crescimento espontâneo, ficaram sempre entre as inferiores, salientando a importância da utilização de alguma cultura de cobertura do solo no inverno. A cobertura invernal com aveia proporcionou acréscimo de 79% na quantidade de massa seca produzida no inverno, comparada com a do pousio invernal. Para as condições do Rio Grande do Sul, onde cerca de dois terços da área cultivada durante o verão permanecem descobertos (em pousio) no período de inverno, estando sujeitos à ação dos agentes erosivos (Pavinato et al., 1994), a cobertura do solo torna-se particularmente importante.

Os resíduos vegetais constituem-se de restos de culturas remanescentes dos cultivos anteriores localizados na superfície do solo (Bayer, 1992), e sua quantidade sobre o solo pode ser considerada como uma síntese das adições e perdas ocorridas (Pavinato, 1993) nos seis anos desse trabalho.

Entre as diferentes coberturas invernais utilizadas em sucessão ao milho no verão, destacaram-se o tremoço azul e a ervilhaca comum, que se situaram entre os tratamentos que mantiveram maior quantidade de massa seca de resíduos vegetais acumulados na superfície do solo (Quadro 2). Também foi sob estes sistemas que se

observou maior quantidade de carbono acumulado nos resíduos vegetais sobre a superfície. Analisando-se conjuntamente os sistemas com tremoço azul e ervilhaca comum, observa-se que nesses sistemas a produção de massa seca e quantidade de C acumulado nos resíduos superficiais foram respectivamente 27 e 36% superiores aos valores obtidos quando em pousio invernal.

A aveia preta apresentou quantidade de massa seca de resíduos vegetais na superfície do solo inferior à do tremoço azul e similar à dos demais tratamentos. A alta produção de massa seca de aveia no inverno (Quadro 1) e as menores quantidades de resíduos acumulados sobre a superfície (Quadro 2) devem-se ao fato de que, quando o milho é cultivado em sucessão à aveia, a contribuição do milho em massa seca para acúmulo nos resíduos vegetais é inferior, decorrente do menor crescimento das

plantas de milho, conforme se observou no campo ao longo dos anos.

As observações supramencionadas concordam com os resultados mostrados por Gonçalves (1997), em que o milho teve menor rendimento de grãos, quando cultivado em sucessão à aveia, do que em sucessão às leguminosas. Isso pode ser explicado pela alta relação C/N na fitomassa da aveia (48) quando de seu manejo, do qual decorre alta imobilização de N no solo e redução da disponibilidade de N para o milho cultivado em sucessão. Dessa forma, comprometeu-se a produtividade do milho, principalmente após sucessivos anos da implantação deste trabalho, que, nos dois primeiros anos (safras 90/91 e 91/92), apresentou médias de rendimento de grãos de milho, cultivado em sucessão à aveia, de 2.539 e 4.522 kg ha⁻¹ (Da Ros, 1993), para os níveis de adubação nitrogenada de 0 e 80 kg ha⁻¹,

Quadro 1. Produção de massa seca, teor e quantidade total de carbono na parte aérea de plantas de cobertura de solo no inverno, no 6º ano agrícola

Planta de cobertura no inverno	Massa seca	Teor de carbono	Quantidade de carbono acumulado no tecido
	mg ha ⁻¹	g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹
Ervilhaca comum	2,98 b ⁽¹⁾	407 bc	1.213 b
Tremoço azul	5,02 a	460 ab	2.307 a
Ervilha forrageira	1,59 c	388 c	616 c
Aveia preta	3,29 b	470 a	1.547 b
Pousio invernal ⁽²⁾	1,84 c	406 bc	747 c
C.V. (%)	21,41	8,57	18,42

⁽¹⁾ Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5%. ⁽²⁾ Os valores apresentados para pousio invernal são referentes às plantas de crescimento espontâneo durante o período de inverno.

Quadro 2. Produção de massa seca, teor e quantidade total de carbono nos resíduos vegetais remanescentes na superfície do solo em sucessões de cultura⁽¹⁾

Planta de cobertura no inverno	Massa seca	Teor de carbono	Quantidade de carbono acumulado
	mg ha ⁻¹	g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹
Ervilhaca comum	6,40 ab ⁽²⁾	398,3 ^{ns}	2.549 ab
Tremoço azul	7,38 a	428,9	3.165 a
Ervilha forrageira	5,64 ab	400,6	2.259 b
Aveia preta	4,30 b	429,7	1.848 b
Pousio invernal ⁽³⁾	5,41 ab	388,2	2.100 b
C.V. (%)	34,92	9,09	36,14

⁽¹⁾ Não houve interação de dose de N e sistema de cultura, optando-se a partir disto em efetuar a comparação entre as sucessões, considerando-se a média das duas doses de N nas cinco sucessões estudadas. ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5%. ⁽³⁾ Os valores apresentados para pousio invernal são referentes às plantas de crescimento espontâneo durante o período de inverno. ^{ns} Não-significativo.

respectivamente, enquanto, na safra 95/96, tais rendimentos foram de 1.049 e 3.878 kg ha⁻¹ para os mesmos tratamentos (Gonçalves, 1997).

A manutenção de massa seca nos resíduos superficiais do solo foi favorecida quando o milho foi cultivado após leguminosas, como o tremoço azul. Em trabalho desenvolvido desde 1983, em Eldorado do Sul (RS), em Podzólico Vermelho-Escuro, Bragagnolo & Mielniczuk (1990) e Testa et al. (1992) verificaram que os sistemas de cultura em plantio direto apresentaram elevados valores de massa seca acumulada na superfície do solo. Esses autores ainda observaram que, de modo geral, as maiores quantidades de carbono nos resíduos sobre o solo, ocorreram nos sistemas que incluíram espécies leguminosas, provavelmente pela sua capacidade de fixar N atmosférico, resultando em efeito benéfico sobre a produção de biomassa de milho, cultivado em sucessão. Bayer et al. (1998) também enfatizaram que a associação de leguminosas ao sistema plantio direto, ao favorecer a produção de resíduos vegetais, pode acelerar o processo de recuperação de solos degradados.

As sucessões de cultura utilizadas ao longo de seis anos influenciaram nos teores de carbono orgânico do solo na camada de 0-17,5 cm e, inclusive, nas profundidades estratificadas (Quadro 3). Considerando o teor de carbono em cada profundidade, os tratamentos apresentaram diferença significativa apenas na profundidade de 0-2,5 cm, após seis anos de cultivo. Na profundidade de 0-2,5 cm, o tratamento sob pousio invernal apresentou menor teor de carbono, não diferindo do tratamento cuja cobertura invernal foi proporcionada pelo sistema com ervilha forrageira no inverno e milho no verão.

Para todos os tratamentos houve maior acúmulo de carbono na camada mais superficial do solo (0-2,5 cm), sendo os teores de 36 a 75% superiores, em relação às profundidades subjacentes, principalmente em função do sistema plantio direto, que adicionou superficialmente grande quantidade de carbono. Isso é semelhante aos resultados encontrados por Sidiras & Pavan (1985), que atribuíram as diferenças entre os tratamentos ao acúmulo de resíduos vegetais deixados sobre a superfície do solo.

A sucessão tremoço azul/milho apresentou a maior quantidade de carbono adicionado ao sistema no 6º ano experimental (Quadro 1) e a maior quantidade de carbono nos resíduos vegetais superficiais (Quadro 2). Em função disso, ao final de seis anos, houve um acúmulo de carbono no solo 18% superior nessa sucessão, em relação ao solo mantido sob pousio invernal/milho. Os valores encontrados para o carbono orgânico do solo são bem inferiores aos observados por Testa et al. (1992), que, ao final do quinto ano, encontraram, na profundidade de 0-2,5 cm, aumentos relativos ao sistema pousio/milho de até 116%. Nesta pesquisa, para a mesma profundidade de solo, esses aumentos não ultrapassaram 25%. Uma das explicações para esse comportamento diferenciado é o teor de apenas 150 g kg⁻¹ de argila no solo utilizado neste trabalho, contra 250 g kg⁻¹ do solo onde Testa et al. (1992) trabalharam. Isso porque a fração argila, pela sua alta área superficial específica e cargas de superfície, interage com a fração orgânica do solo, protegendo-a da decomposição microbiana, o que é denominado proteção física da matéria orgânica (Ceretta, 1995).

Quadro 3. Efeito de plantas de cobertura de inverno, com sucessão de milho sobre a quantidade de carbono na profundidade de 0-17,5 cm e sobre o teor de carbono orgânico do solo em três profundidades de um Podzólico Vermelho-Amarelo⁽¹⁾

Planta de cobertura no inverno	Quantidade de carbono	Teor de carbono orgânico do solo			
		Profundidade do solo (cm)			Média ponderada ⁽⁴⁾
		0-2,5	2,5-7,5	7,5-17,5	0-17,5 cm
	mg ha ⁻¹	g kg ⁻¹			(%) ⁽⁵⁾
Ervilhaca comum	20,03 b ⁽²⁾	11,64 Aa	6,65 B ^{ns}	5,99 B ^{ns}	6,98 b 109
Tremoço azul	21,75 a	11,40 Aa	7,99 B	6,32 C	7,58 a 118
Ervilha forrageira	19,37 bc	10,25 Aab	6,60 B	5,96 B	6,75 bc 106
Aveia preta	20,18 b	11,10 Aa	7,55 B	5,76 C	7,03 b 110
Pousio invernal ⁽³⁾	18,37 c	9,29 Ab	6,83 B	5,46 C	6,40 c 100
C.V. (%)		13,2			

⁽¹⁾ Não houve interação de dose de N e sistema de cultura, optando-se a partir disto em efetuar a comparação entre as sucessões, considerando-se a média das duas doses de N nas cinco sucessões estudadas. ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Duncan a 5%. ⁽³⁾ Os valores apresentados para pousio invernal são referentes às plantas de crescimento espontâneo durante o período de inverno. ⁽⁴⁾ $(\text{Média } 0-2,5 \cdot 2,5) + (\text{Média } 2,5-7,5 \cdot 5,0) + (\text{Média } 7,5-17,5 \cdot 10)$. ⁽⁵⁾ Porcentagem em relação ao pousio invernal. ^{ns} Não-significativo.

Na figura 1, observa-se o acentuado declínio do carbono em profundidade, bem como sua tendência em alcançar um teor de relativa estabilidade com a maior profundidade. É de se esperar que a evolução encontrada no trabalho de Testa (1989) e no trabalho de Pavinato (1993) ocorra nesta área também, ou seja, que, com a manutenção dessas sucessões nestas áreas, surjam acúmulos de carbono orgânico a maiores profundidades do solo. Isto porque também Wood et al. (1991), após quatro anos de seu trabalho, não obtiveram efeito consistente na distribuição do carbono orgânico do solo em profundidade, concluindo que provavelmente não tivesse transcorrido tempo suficiente para acumular carbono em profundidade.

A ausência de interação de doses de N e sistemas de cultura observada neste trabalho está de acordo com os resultados encontrados por Rasmussen et al. (1980), Testa (1989) e Bayer (1992). Estes, mesmo verificando aumento na quantidade de material orgânico adicionado ao solo pelas culturas, em função da aplicação de N, concluíram que este não se refletiu sobre os teores de CO, em razão, provavelmente, do incremento na taxa de decomposição da MO do solo. Segundo Alexander (1980), a atividade microbiana, em solos onde o fator limitante seja o nitrogênio, é estimulada com a aplicação de adubo nitrogenado, contribuindo para decomposição do material orgânico adicionado ao solo. Entretanto, Blevins et al. (1983) encontraram aumento de 37% no teor de CO na camada de 0-5,0 cm de solo sob plantio direto e cultivado com milho após 10 anos com aplicações de 84 kg ha⁻¹ de N.

Os resultados apresentados nos quadros 1 e 3 demonstram que, no plantio direto, a quantidade de carbono acumulado no solo depende fundamentalmente da quantidade de carbono adicionado pelo sistema de cultura adotado, devendo este ser uma medida na escolha das espécies que venham a constituir o sistema de rotação, optando-se por aquelas que adicionam maiores quantidades de carbono, o que contribui para a manutenção do teor de MO do solo.

CONCLUSÕES

1. Os sistemas de culturas, sob plantio direto há seis anos, promoveram acúmulos significativos de carbono orgânico, apenas na camada mais superficial do solo (0-2,5 cm).
2. A sucessão tremoço azul/milho destacou-se pela capacidade de promover acúmulo de carbono orgânico no solo.
3. A quantidade de carbono orgânico acumulado no solo depende fundamentalmente da quantidade de massa seca produzida pelos sistemas de culturas.

LITERATURA CITADA

AITA, C.; CERETTA, C.A.; THOMAS, A.L.; PAVINATO, A. & BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 18:101-108, 1994.

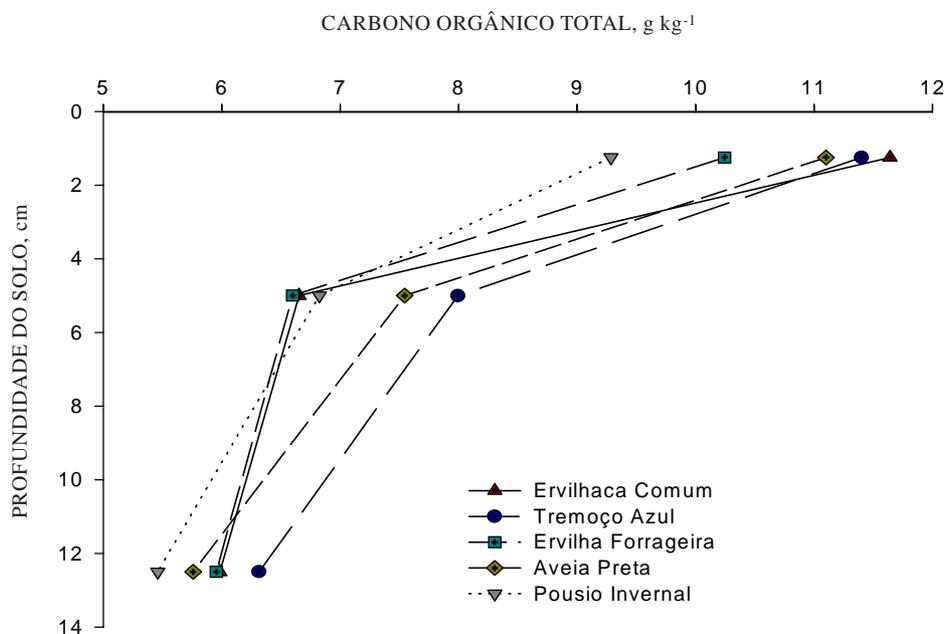


Figura 1. Distribuição do teor de carbono no perfil do solo em cinco sucessões de culturas.

- ALEXANDER, M. El ciclo del carbono. In: ALEXANDER, M. Introduction a la microbiologia del suelo. México, AGT, 1980. p.127-239.
- BAYER, C. Características químicas do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por métodos de preparo e sistemas de culturas. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1992. 172p. (Tese de Mestrado)
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. & PAVINATO, A. Sistemas de manejo do solo e seus efeitos sobre o rendimento do milho. Ci. Rural, 28:23-28, 1998.
- BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; SMITH, M.S.; FRYE, W.W. & CORNELIUS, P.L. Changes in soil properties after 10 years of continuous non-tilled and conventionally-tilled corn. Soil Til. Res., 3:135-136, 1983.
- BRAGAGNOLO, N. & MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. R. Bras. Ci. Solo, 14:91-98, 1990.
- BRASIL. Ministério da agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul. Recife. 1973. 431p. (Boletim 30)
- BROWN, P.L. & DICKEY, D.D. Losses of wheat straw residue under simulated field conditions. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 34:118-121, 1970.
- CARVALHO, E.J.M. Efeito de sistemas de manejo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico distrófico, fase terraço e sobre a produção de soja. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1984. 73p. (Tese de Mestrado)
- CERETTA, C.A.; AITA, C.; BRAIDA, J.A.; PAVINATO, A. & SALET, R.L. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. R. Bras. Ci. Solo, 18:215-220, 1994.
- CERETTA, C.A. Fracionamento de N orgânico, substâncias húmicas e caracterização de ácidos húmicos de solo em sistemas de cultura sob plantio direto. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 127p. (Tese de Doutorado)
- DA ROS, C.O. Plantas de inverno para cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria. 1993. 85p. (Tese de Mestrado)
- GONÇALVES, C.N. Plantas de cobertura de solo no inverno e seus efeitos sobre carbono, nitrogênio e fósforo do solo e na produtividade do milho em sucessão, sob plantio direto. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1997. 115p. (Tese de Mestrado)
- LIANG, B.C. & MACKENZIE, A.F. Changes in soil organic carbon and nitrogen after six years of corn production. Soil Sci., 153:307-313, 1992.
- NELSON, D.W. & SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: PAGE, A.L., ed. Methods of soil analysis, Part 2, 2ed. Madison, ASA, 1982. p.539-579.
- PAVINATO, A. Teores de carbono e nitrogênio do solo e produtividade de milho afetados por sistemas de culturas. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993. 122p. (Tese de Mestrado)
- PAVINATO, A.; AITA, C.; CERETTA, C.A. & BEVILÁQUA, G.P. Resíduos culturais de espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho no sistema de cultivo mínimo. Pesq. Agropec. Bras., 29:1427-1432, 1994.
- RASMUSSEN, P.E.; ALLMARAS, R.R.; RHODE, C.R. & ROAGER Jr., N.C. Crop residue influences on soil carbon and nitrogen in a wheat-fallow system. Soil Sci. Soc. Am. J., 44: 596-600, 1980.
- SANCHEZ, P.A. Soil organic matter. In: SANCHEZ, P.A. Properties and management of soils in the tropics. New York, John Willey & Sons, 1976. p.162-183.
- SIDIRAS, N. & PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. R. Bras. Ci. Solo, 9:249-254, 1985.
- SOMMERFELDT, T.G. & CHANG, C. Change in soil properties under annual applications of feedlot manure and different tillage practies. Soil Sci. Soc. Am. J., 49:983-987, 1985.
- TANAKA, R.T. A adubação verde. Inf. Agropec., 81:62-67, 1981.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.
- TESTA, V.M. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de culturas. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1989. 134p. (Tese de Mestrado)
- TESTA, V.M.; TEIXEIRA, L.A.J. & MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de culturas. R. Bras. Ci. Solo, 16:107-114, 1992.
- WOOD, C.W.; WESTFALL, D.G. & PETERSON, G.A. Soil carbon and nitrogen changes on initiation of no-till cropping systems. Soil Sci. Soc. Am. J., 55:470-476, 1991.