



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria

Brasil

Bayer, Cimélio; Spagnollo, Evandro; Wildner do Prado, Leandro; Ernani, Paulo Roberto; Albuquerque, Jackson Adriano

Incremento de carbono e nitrogênio num latossolo pelo uso de plantas estivais para cobertura do solo

Ciência Rural, vol. 33, núm. 3, maio-junho, 2003, pp. 469-475

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33133312>

- ▶ [Como citar este artigo](#)
- ▶ [Número completo](#)
- ▶ [Mais artigos](#)
- ▶ [Home da revista no Redalyc](#)

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Incremento de carbono e nitrogênio num latossolo pelo uso de plantas estivais para cobertura do solo¹

Increase of carbon and nitrogen in a south Brazilian oxisol by using of summer cover-crops

Cimélio Bayer^{2,5} Evandro Spagnollo³ Leandro do Prado Wildner⁴
Paulo Roberto Ernani^{3,5} Jackson Adriano Alburqueque³

RESUMO

O acúmulo de matéria orgânica em solos agrícolas constitui-se numa importante estratégia para a melhoria da qualidade do solo e do ambiente. Neste estudo, avaliou-se o efeito a médio prazo (5 anos) de quatro sistemas de cultura [milho (M), M+feijão de porco, M+mucuna cinza e M+soja preta] nos estoques de carbono orgânico (CO) e nitrogênio total (NT) de um Latossolo vermelho sob preparo reduzido, em Chapecó (SC). O cultivo do solo com aração e gradagens, nos 23 anos que antecederam o experimento, resultou numa diminuição de cerca de 50-60% nos estoques originais de CO e NT do solo. Por sua vez, a inclusão de leguminosas intercalares ao milho determinou uma recuperação parcial do estoque de matéria orgânica do solo, com taxas de acúmulo de 0,39 a 2,23Mg ha⁻¹ano⁻¹ de CO e 0,15 a 0,22Mg ha⁻¹ano⁻¹ de NT, calculadas em referência ao tratamento com milho exclusivamente. Além das implicações ambientais positivas do seqüestro de carbono no solo, o aumento de matéria orgânica no solo resultou num incremento da sua capacidade de troca de cátions, o que representa uma melhoria importante na qualidade deste solo de argila de atividade baixa.

Palavras-chave: Matéria orgânica, plantas de cobertura, qualidade do solo.

ABSTRACT

Accumulation of organic matter in soils is an important strategy to improve both soil and environmental quality. We evaluated the medium-term effect (5-yr) of four maize cropping systems [maize: M; M+Canavalia ensiformis;

M+Cajanus cajan; M+Stizolobium niveum; and M+Glicine sp] on the stocks of organic carbon (OC) and total nitrogen (TN) on a southern Brazilian Oxisol under reduced tillage. The previous soil cultivation during 23-yr under conventional tillage determined a decrease on soil organic matter stocks equivalent to 50-60% of the stocks in the adjacent native forest soil. In comparison with maize system, legume based maize cropping systems resulted in accumulation rates from 0.39 to 2.23Mg ha⁻¹yr⁻¹ of OC, and from 0.15 to 0.22Mg ha⁻¹yr⁻¹ of TN. In addition to environmental benefits of carbon sequestration in soils, the increase of soil organic matter contributed to increase of the cation exchange capacity, which represents an important improvement on the quality of this low activity clay soil.

Key words: Soil organic matter, cover crops, soil quality.

INTRODUÇÃO

O cultivo de solos tropicais e subtropicais baseado em práticas de preparo com intenso revolvimento normalmente resulta na diminuição dos estoques de matéria orgânica do solo (TIESSEN et al., 1994). Além das condições climáticas, o tipo de solo tem grande influência na estabilidade da matéria orgânica no solo e, portanto, no efeito do uso e manejo dele. Normalmente, pode ser verificada uma relação inversa entre as perdas de matéria orgânica com a textura (DALAL & MAYER, 1986) e/ou presença de minerais de carga variável (MARTIN et al., 1982).

¹Pesquisa realizada com recursos do Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da Universidade Estadual de Santa Catarina e do Projeto Microbacias/BIRD.

²UFRGS-Departamento de Solos, CP 776, 90001-970, Porto Alegre, RS. E mail: cimelio.bayer@ufrgs.br. Autor para correspondência.

³UDESC-Departamento de Solos, CP 281, 88520-000, Lages, SC.

⁴EPAGRI-Centro de Pesquisa para Pequenas Propriedades, CP 791, 89801-970, Chapecó, SC.

⁵Bolsista do CNPq.

No Sul do Brasil, o cultivo intensivo do solo associado a práticas inadequadas de manejo, como o revolvimento intenso do solo por arações e gradagens e a queima dos resíduos do trigo na sucessão trigo/soja, proporcionou perdas de matéria orgânica equivalentes à metade do estoque original em apenas 10-15 anos de cultivo (PÖTTKER, 1977). Essas altas perdas, possivelmente, foram consequências das elevadas taxas de decomposição da matéria orgânica e do intenso processo erosivo nos solos submetidos ao sistema de preparo convencional. Como parte de uma estratégia para reverter este processo acelerado de degradação dos solos agrícolas e, com isso, aumentar a produtividade das culturas, sistemas conservacionistas foram implementados a partir do final da década de 70 nessa região. Esses sistemas objetivam manter a cobertura do solo por plantas ou seus resíduos, através do cultivo de várias culturas ao ano com alta produção de fitomassa, bem como diminuir a intensidade de revolvimento do solo (MIELNICZUK, 1988).

A introdução de leguminosas como plantas de cobertura de solo, em sistemas de rotação de culturas, é uma prática que tem aumentado o fornecimento de nitrogênio e o rendimento vegetal (AMADO et al., 1998; BAYER et al., 1998). Adicionalmente aos aspectos relacionados ao rendimento das culturas, essas espécies têm aumentado os estoques de matéria orgânica e proporcionado melhorias em várias propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, principalmente quando associadas a sistemas de preparo sem revolvimento, ou com mínima mobilização do solo (TESTA et al., 1992; BURLE et al., 1997; SILVA & MIELNICZUK, 1997; VARGAS & SCHOLLES, 2000).

Em decorrência do aumento nos estoques de matéria orgânica, em solos sob sistemas conservacionistas de manejo ocorre um aumento expressivo na capacidade de troca de cátions (CTC), pois a fração orgânica do solo apresenta uma alta densidade de cargas dependentes do pH, formadas a partir da dissociação de grupos carboxílicos e fenólicos (SPOSITO, 1989). O percentual da CTC do solo decorrente da matéria orgânica varia, entre outros fatores, como a textura e a mineralogia do solo. Em Latossolos brasileiros, KLAMT & SOMBROEK (1988) determinaram que mais da metade da CTC de Latossolos subtropicais foi proveniente da fração orgânica, o que demonstra a importância do manejo do solo na manutenção ou aumento dos estoques de matéria orgânica em solos com argila de atividade baixa.

Neste estudo, avaliou-se o efeito da introdução de leguminosas estivais em sistemas de produção de milho nos estoques de carbono orgânico

e nitrogênio total de um Latossolo Vermelho sob preparo reduzido, degradado pelo cultivo anterior durante 23 anos sob preparo convencional. Adicionalmente, avaliaram-se as alterações da CTC do solo, bem como sua relação com os teores de matéria orgânica.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solo para este estudo foram coletadas em setembro de 1998, em um experimento com cinco anos de duração, localizado na área experimental do Centro de Pesquisa para Pequenas Propriedades (CPPP) da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural do Estado de Santa Catarina (EPAGRI), em Chapecó, SC. O solo é um Latossolo Vermelho distroférico, com 675 g kg^{-1} de argila, 258 g kg^{-1} de silte, e 67 g kg^{-1} de areia. A fração argila é composta predominantemente por caulinita, com a presença também de hematita e goetita segundo análise por DRX (ARGENTON, 2000). O clima do local é subtropical úmido, Cfb de acordo com a classificação de Köepen, com temperatura média anual de $18,1^\circ\text{C}$ e precipitação pluviométrica anual média de 2039mm.

Anterior ao experimento, a área que originalmente era coberta por mata nativa foi cultivada durante 23 anos sob preparo convencional, com aração e gradagens duas vezes ao ano. Na implantação do experimento, a deficiência em nutrientes e a acidez do solo foram corrigidas, aplicando-se doses de fertilizantes e de calcário recomendadas pelas instituições de pesquisa para a cultura de milho (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO, 1988). Os tratamentos consistiram de quatro sistemas de cultura [milho (M), M+feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), M+mucuna cinza (*Stizolobium niveum*) e M+soja preta (*Glicine* sp.], com três repetições, distribuídas em delineamento de blocos casualizados.

O experimento foi conduzido em sistema de preparo reduzido, com abertura dos sulcos através de um arado estreito (10cm) de tração animal. O milho foi semeado sempre na primeira quinzena de outubro e as plantas de cobertura aproximadamente 15 dias após a emergência do milho, com exceção da mucuna cinza, que foi semeada aos 45 dias após a emergência do milho, devido ao rápido desenvolvimento inicial. Tanto o milho como as plantas de cobertura foram semeadas com semeadora manual (saraquá). Quando o milho atingiu a maturação fisiológica, as plantas foram dobradas manualmente para aumentar a incidência de luz às plantas de cobertura. Maiores detalhes relativos à implantação e condução das culturas no experimento podem ser obtidos em SPAGNOLLO (2000) e SPAGNOLLO et al. (2001).

Duas sub-amostras de solo foram coletadas por parcela (5 x 5 m), nas entrelinhas do milho. A coleta foi manual, com auxílio de espátula, nas camadas de 0-2,5, 2,5-5, 5,0-7,5, 7,5-10, 10-15 e 15,0-20cm. Amostras compostas, formadas a partir da mistura e homogeneização das sub-amostras, foram secas a 50°C em estufa com circulação de ar, moídas e passadas em peneira com 2mm de abertura. Aproximadamente 50g de solo/amostra foi moído em gral de porcelana e passado em peneira com abertura de 0,150mm e, posteriormente, analisado quanto aos teores de carbono orgânico (CO) e nitrogênio total (NT) conforme procedimentos descritos em TEDESCO et al. (1995). Determinou-se a densidade do solo, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20cm, a partir da coleta de amostras indeformadas com anéis volumétricos, cujos valores foram utilizados para o cálculo dos estoques de CO e NT nas camadas de 0-2,5 e 2,5-5cm, 5-7,5 e 7,5cm, 10-15cm, e 15-20cm, respectivamente.

Uma área de mata, adjacente ao experimento, foi amostrada como referência do estoque original de matéria orgânica do solo, com o objetivo de avaliar o efeito do uso agrícola do solo durante 23 anos, anterior ao experimento, sobre os estoques de CO e NT do solo. A partir do estoque de CO na camada de 0-20cm do solo no início do experimento (1993), estimou-se o estoque de NT do solo, considerando-se uma relação C/N de 13 e uma densidade de solo igual a 1,0kg dm⁻³. Esses valores de C/N e de densidade do solo representam a média dos valores observados em experimento adjacente sob preparo convencional (ARGENTON, 2000; SPAGNOLLO, 2000).

A CTC efetiva do solo foi calculada pela soma dos teores de Ca, Mg, K e Al trocáveis, e a CTC a pH 7,0 pela soma dos teores de Ca, Mg, K trocáveis (TEDESCO et al., 1995) e de H⁺Al (Embrapa, 1979), cujas concentrações são apresentadas em SPAGNOLLO (2000).

Com esse procedimento, há uma subestimativa da CTC a pH 7,0 do solo pelo fato do acetado não extrair todo o H⁺Al. Entretanto, como essa subestimativa ocorre indistintamente nas amostras de solo de todos os tratamentos, considerou-se o procedimento adequado para o objetivo apenas de avaliar a relação entre os teores de CO e a CTC do solo. O pH do solo em água (1:1) também foi analisado (TEDESCO et al., 1995; SPAGNOLLO, 2000).

Os resultados foram avaliados através da análise da variância e a diferença entre médias de tratamentos pelo teste de Tukey, ao nível de 5%. A relação entre variáveis foi avaliada pela significância dos coeficientes de determinação de regressões lineares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo de mata apresentou 106,30 Mg ha⁻¹ de CO e 9,60 Mg ha⁻¹ de NT (Figura 1). No início do experimento, ou seja, após 23 anos de cultivo em sistema de preparo convencional, o solo apresentava 50,8 Mg ha⁻¹ de CO e 3,91 Mg ha⁻¹ de NT (Figura 1), o que representa perdas equivalentes a 52% e 59% respectivamente dos estoques de CO e NT existentes no solo sob mata. PÖTTKER (1977) verificou perdas

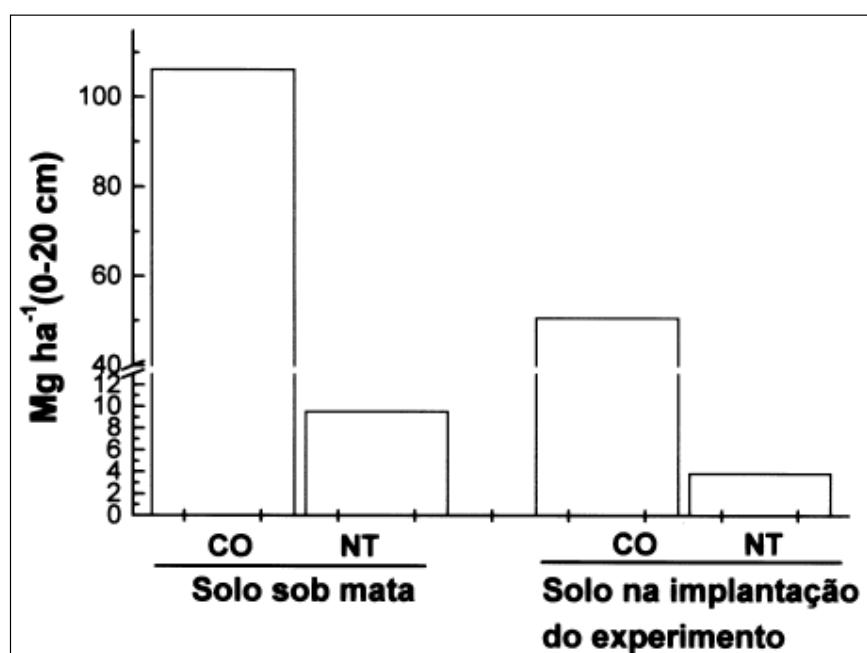


Figura 1 – Estoques de carbono orgânico (CO) e nitrogênio total (NT) na camada de 0-20cm de um Latossolo Vermelho distroférico sob mata e na implantação do experimento, ou seja, após 23 anos de cultivo baseado em preparo intensivo do solo, com arações e gradagens.

equivalentes à metade dos estoques de matéria orgânica e de nitrogênio total de solos da região do Planalto Riograndense num período de apenas 10-15 anos. O trabalho deste autor englobou solos com diferentes texturas, bem como áreas com queima de resíduos, o que pode explicar a perda mais rápida de matéria orgânica, em comparação às obtidas no presente estudo.

A magnitude das perdas de matéria orgânica determinada no presente estudo, bem como os resultados obtidos por PÖTTKER (1977), são muito superiores às perdas de matéria orgânica verificadas em solos de regiões de clima frio e/ou semiárido, demonstrando a rápida degradação dos solos agrícolas em regiões de clima quente e úmido, quando submetidos a sistemas de preparo com intenso revolvimento e baixo aporte de resíduos vegetais. Pesquisas, nestas outras regiões, têm determinado perdas equivalentes à metade do estoque original de matéria orgânica em períodos de tempo variáveis entre 50 e 100 anos de cultivo do solo (BOWMAN et al., 1990).

Os sistemas de cultura adicionaram anualmente quantidades que variaram de 0,9 a 3,0 $Mg\ ha^{-1}$ de C e de 21 a 143 $kg\ ha^{-1}$ de N através da fitomassa da parte aérea (SPAGNOLLO, 2000). No sistema sem plantas de cobertura, no qual ocorreram as menores adições de C e N ao solo, os estoques de CO (50,6 $Mg\ ha^{-1}$) e NT (3,98 $Mg\ ha^{-1}$) no solo praticamente permaneceram estáveis em relação

aos existentes no início do experimento. A inclusão de espécies leguminosas para cobertura de solo nos sistemas de cultura aumentou os estoques de CO e NT no solo (Figura 2), e ocasionou uma pequena estratificação destes elementos na camada arável neste solo sob preparo reduzido (Tabela 1).

Na camada de 0-20 cm, os maiores estoques de CO foram verificados no sistema M+Mucuna cinza

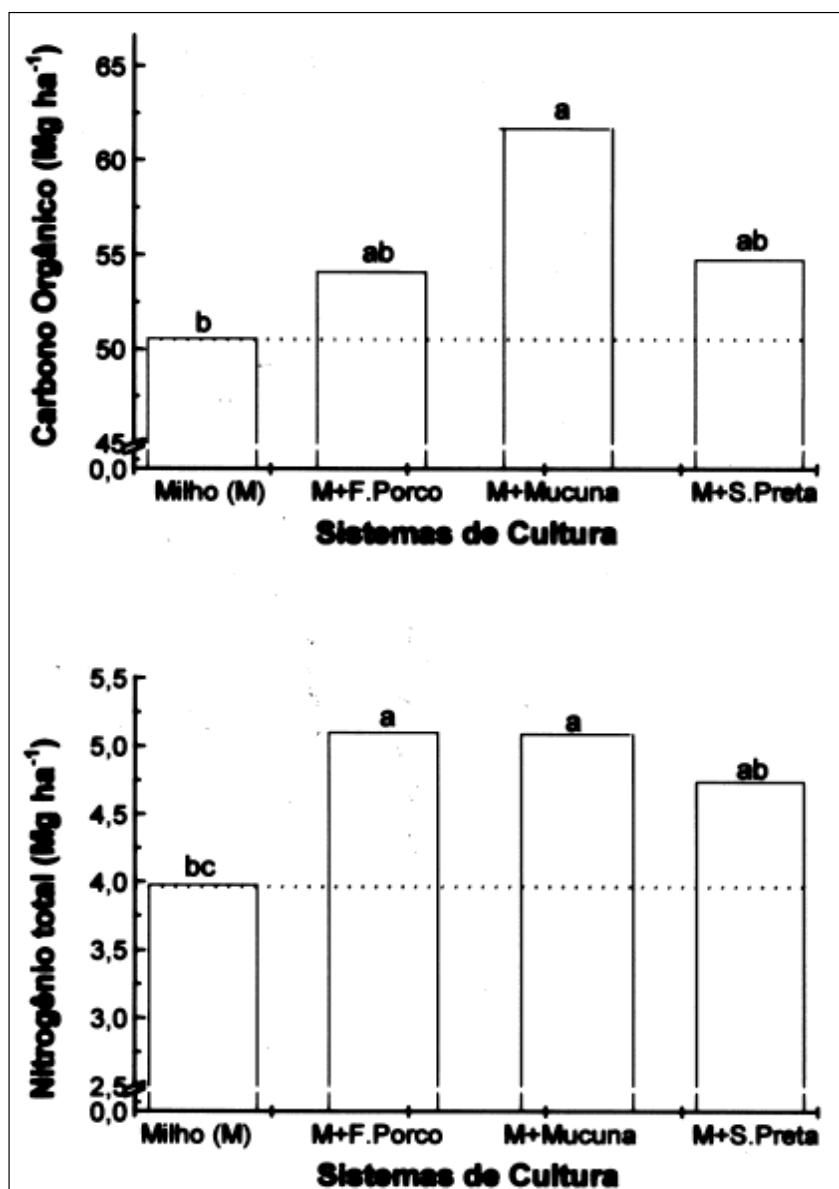


Figura 2 – Estoques de carbono orgânico e nitrogênio total na camada de 0-20 cm de um Latossolo Roxo distroférico sob diferentes sistemas de cultura, em preparo reduzido durante cinco anos. Letras diferentes sobre as colunas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 1 – Teores de carbono orgânico e nitrogênio total de um solo Latossolo Vermelho distroférreo, sob diferentes sistemas de cultura em preparo reduzido durante cinco anos. Médias de três repetições.

Sistema de uso e manejo	Profundidade (cm)					
	0-2,5	2,5-5,0	5,0-7,5	7,5-10,0	10,0-15,0	15,0-20,0
Carbono orgânico (g dm^{-3})						
Milho+feijão de porco	34,1 ab A	29,1 bc B	26,7 b BC	26,1 ab BC	25,5 ab BC	24,7 ns C
Milho+mucuna cinza	37,0 a A	34,4 a AB	32,6 a BC	29,7 a CD	29,9 a CD	26,7 D
Milho+soja preta	33,3 ab A	33,4 ab A	27,5 b B	25,8 ab B	25,2 ab B	24,3 B
Milho	28,5 c A	28,3 c A	26,0 b AB	24,9 b AB	24,0 b B	23,3 B
Nitrogênio total (g dm^{-3})						
Milho+feijão de porco	3,3 ab A	2,7 a B	3,0 a A	2,5 ab BC	2,3 ab C	2,3 a C
Milho+mucuna cinza	3,5 a A	2,9 a B	2,9 ab B	2,7 a BC	2,4 C	1,8 b D
Milho+soja preta	3,0 b A	2,5 a B	2,5 b B	2,2 bc B	2,2 ab B	2,2 a B
Milho	2,1 c A	2,0 b A	2,0 c A	2,0 c A	2,1 ab A	1,9 ab A

Em cada profundidade, médias de sistemas de cultura seguidas de letras minúsculas iguais não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Em cada sistema de cultura, médias de profundidades seguidas de letras maiúsculas iguais não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

(61,7Mg ha^{-1}), enquanto os sistemas com feijão de porco (54,12Mg ha^{-1}) e soja preta (54,76Mg ha^{-1}) apresentaram estoques intermediários, porém não diferiram estatisticamente do solo sem plantas de cobertura (testemunha). Em relação ao estoque de NT no solo, os sistemas com mucuna cinza (5,09Mg ha^{-1}) e feijão de porco (5,10Mg ha^{-1}) promoveram incrementos de 1,11 e 1,12Mg ha^{-1} na camada de 0-20 cm, respectivamente, em comparação à testemunha (3,98Mg ha^{-1}). O sistema com soja preta apresentou um estoque de 4,74Mg ha^{-1} de NT, porém não diferiu do tratamento sem planta de cobertura (Figura 2).

As taxas de acúmulo nos estoques de CO e NT no solo variaram de 0,39 a 2,23Mg $\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ e de 0,15 a 0,22Mg $\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, respectivamente. Amado et al. (2001) determinaram taxas de acúmulo de 1,35Mg $\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de CO e de 0,32Mg $\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ no sistema milho+mucuna cinza em plantio direto, num Argissolo Amarelo da Depressão Central do Rio Grande do Sul. BAYER et al. (2000) determinaram taxas de acúmulo líquido de 1,33Mg $\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de CO e 0,10Mg $\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$ de NT com a utilização do sistema aveia+ervilhaca/milho+caupi em plantio direto, em comparação ao sistema aveia/milho em preparo convencional.

Adicionalmente aos benefícios ambientais do seqüestro de carbono no solo, o aumento da matéria orgânica no solo, pela adoção de sistemas conservacionistas de manejo, teve reflexos positivos na capacidade de troca de cátions deste solo com argila de atividade baixa (Figura 3). Verifica-se que, com 23g dm^{-3} de CO o solo apresentou uma CTC a pH 7,0 de aproximadamente 150mmol dm^{-3} , a qual aumentou para valores superiores a 210mmol dm^{-3} quando a concentração de CO aumentou para aproximadamente 37g dm^{-3} (Figura 3). Isso representa

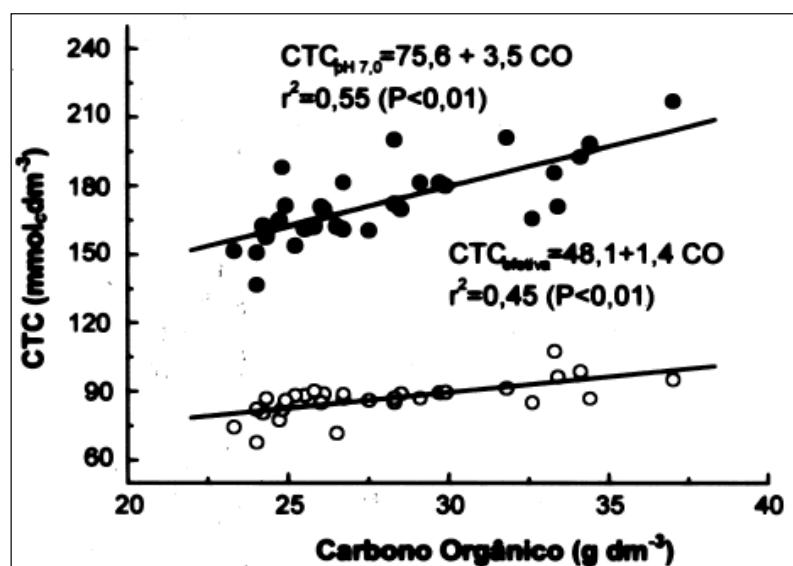


Figura 3 – Relação entre os teores de carbono orgânico e a capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7,0 e efetiva de um Latossolo Vermelho distroférreo sob preparo reduzido. Cada ponto no gráfico representa uma profundidade do solo (0-2,5, 2,5-5, 5-7,5, 7,5-10, 10-15, e 15-20 cm) sob os diferentes sistemas de cultura, na média de três repetições.

um aumento de 40% na CTC do solo, ou seja, $60\text{mmol}_{\text{dm}^{-3}}$, apenas em função da utilização de práticas mais adequadas de manejo. Por sua vez, o aumento da CTC efetiva, decorrente do aumento dos teores de CO, foi menos expressivo (em torno de $20\text{mmol}_{\text{dm}^{-3}}$), o que decorre da dissociação parcial dos grupos funcionais da matéria orgânica, principalmente os fenólicos os quais apresentam um pK em torno de 7-8 (Sposito, 1989). O carácter pH-dependente da CTC do solo fica evidenciado na expressão: $\text{CTC}_{\text{efetiva}} = -113,3 + 28,2 \text{ pH} + 1,6 \text{ CO}$, $R^2 = 0,74$ ($P < 0,01$). Além da matéria orgânica, outra fonte de CTC pH-dependente deste solo pode ser a caulinita e os óxidos de ferro, os quais apresentam quase que exclusivamente CTC dependente do pH.

CONCLUSÕES

O cultivo do solo sob sistema convencional, durante 23 anos, resultou numa diminuição em aproximadamente 50% no estoque original de matéria orgânica do solo.

Com a inclusão de plantas de cobertura, nos sistemas de cultura, houve uma recuperação parcial dos estoques de carbono orgânico e nitrogênio total no solo sob preparo reduzido, destacando-se a mucuna cinza e o feijão de porco.

A recuperação dos estoques de matéria orgânica do solo refletiu positivamente na capacidade de troca de cátions do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

AMADO, T.J.C. et al. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. *Rev Bras Ci Solo*, v.25, p.189-197, 2001.

AMADO, T.J.C.; FERNANDEZ, S.B.; MIELNICZUK, J. Nitrogen availability as affected by ten years of cover crop and tillage systems in southern Brazil. *J Soil and Water Conserv*, v.53, p.268-271, 1998.

ARGENTON, J. *Propriedades físicas do solo em dois sistemas de cultivo com plantas de cobertura de verão intercalares à cultura do milho*. 2000. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina.

BALESIDENT, J.; BALABANE, M. Major contributions of roots to soil carbon storage inferred from maize cultivated soils. *Soil Biol Biochem*, v.28, p.261-1263, 1996.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Sistemas de manejo do solo e seus efeitos sobre o rendimento do milho. *Ciência Rural*, v.28, p.23-28, 1998.

BAYER, C. et al. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil Till Res*, v.53, p.101-109, 2000.

BOWMAN, R.A.; REEDER, J.D.; LOBER, R.W. Changes in soil properties in a central plains rangeland soil after 3, 20 and 60 years of cultivation. *Soil Sci*, v.15, p.851-857, 1990.

BURLE, M.L.; MIELNICZUK, J.; FOCCHI, S. Effect of cropping systems on soil chemical characteristics with emphasis on soil acidification. *Plant Soil*, v.190, p.309-316, 1997.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. *Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 3 ed. Passo Fundo : SBCS/Núcleo Regional Sul/EMBRAPA/CNPT, 1988. 100p.

DALAL, R.C.; MAYER, R.J. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland. II. Total organic carbon and its rate of loss from the soil profile. *Aust J Soil Res*, v.24, p.281-292, 1986.

EMBRAPA. *Manual de métodos de análises de solo*. Serviço Nacional de Levantamento e Classificação de Solos. Rio de Janeiro, 1979. p.2-15.

KLAMT, E.; SOMBROEK, W.G. Contribution of organic matter to exchange properties of oxisols. In: INTERNATIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP, 8., 1986, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro : EMBRAPA/SMSS/AID/UPR. 1988. Parte 1, p.64-70.

MARTIN, J.P. et al. Decomposition of ^{14}C -Labelled lignins, model humic acid polymers, and fungal melanins in allophanic soil. *Soil Biol Biochem*, v.14, p.289-293, 1982.

MIELNICZUK, J. Desenvolvimento de sistemas de culturas adaptadas à produtividade, conservação e recuperação de solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., 1988. *A responsabilidade Social da Ciência do Solo*. Campinas : SBCS, 1988. p.109-116.

PÖTTKER, D. *Efeito do tipo de solo, tempo de cultivo e da calagem sobre a mineralização da matéria orgânica em solos do Rio Grande do Sul*. 1977. 128f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. *Rev Bras Ci Solo*, v.21, p.313-319, 1997.

SPAGNOLLO, E. *Plantas de cobertura intercalares ao milho em sistemas de cultivo mínimo e convencional*. 2000. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina.

SPAGNOLLO, E. et al. Análise econômica do uso de leguminosas estivas intercalares à cultura do milho, na ausência e na presença de adubação nitrogenada, no oeste de Santa Catarina. *Rev Bras Ci Solo*, v. 25, p. 709-715, 2001.

SPOSITO, G. *The chemistry of soils*. Oxford : Oxford University, 1989. 222p.

TEDESCO, M.J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2.ed. Porto Alegre : Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TESTA, V.M.; TEIXEIRA, L.A.J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de cultura. **Rev Bras Ci Solo**, v.16, p.107-114, 1992.

TIESSEN, H.; CUEVAS, E.; CHACON, P. The role of soil organic matter stability in soil fertility and agriculture potential. **Nature**, v.371, p.783-785, 1994.

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Rev Bras Ci Solo**, v.24, p.35-42, 2000.