



Ciência Rural

ISSN: 0103-8478

cienciarural@mail.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria

Brasil

Andrade, Andréia Patrícia; Mafra, Álvaro Luiz; Dela Picolla, Cristiano; Albuquerque, Jackson Adriano;
Bertol, Ildegardis

Atributos químicos de um Cambissolo Húmico após 12 anos sob preparo convencional e semeadura
direta em rotação e sucessão de culturas

Ciência Rural, vol. 42, núm. 5, mayo, 2012, pp. 814-821

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33122632018>

- 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

Atributos químicos de um Cambissolo Húmico após 12 anos sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas

Chemical properties of a Humic Dystrudept after 12 years under conventional and no tillage with crop succession and rotation

Andréia Patrícia Andrade^I Álvaro Luiz Mafra^{II} Cristiano Dela Picolla^{III}
Jackson Adriano Albuquerque^{II} Ildegardis Bertol^{II}

RESUMO

O manejo adequado do solo é uma das bases para a sustentabilidade do sistema agrícola. O objetivo do estudo foi avaliar atributos químicos de um Cambissolo Húmico Alumínico após 12 anos em dois sistemas de preparo do solo, com rotação e sucessão de culturas. O experimento foi conduzido em Lages, SC, utilizando preparo convencional (PC) e semeadura direta (SD), sob rotação (r) e sucessão (s) de culturas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições. As sequências de cultivo foram: feijão-pousio-milho-pousio-soja-pousio no PCr; milho-pousio no PCs; feijão-aveia-milho-nabo-soja-ervilhaca na SDr; e milho-ervilhaca na SDs. As amostras de solo foram coletadas nas camadas 0-2,5; 2,5-5; 5-10; e 10-20cm. Avaliou-se carbono orgânico total (COT), cálcio, magnésio, alumínio trocável, fósforo, potássio, nitrogênio total (NT) e pH em água. A SD aumentou os teores de COT e nutrientes em comparação ao PC, especialmente na camada superficial do solo. O cultivo de milho e ervilhaca em sucessão aumentou os teores de COT e NT na camada superficial do solo em comparação com a rotação sob semeadura direta.

Palavras-chave: sistemas de cultivo.

ABSTRACT

Suitable soil management is one of the bases for sustainability in agricultural systems. The study aimed to evaluate chemical properties of a Humic Dystrudept for 12 years under two tillage systems, with crops rotation and succession. The experiment was carried out in Lages, SC, under conventional tillage (CT) and no-till (NT), with rotation (r) and succession (s) cropping systems, using crop sequences of beans-fallow-maize-fallow-soybean in CTr; maize-fallow in CTs;

beans-oats-maize-fodder radish-soybean-vetch in NTr; and maize-vetch in NTs. The experimental design was completely randomized with four replicates. The soil samples were collected in the layers 0-2.5, 2.5-5, 5-10 and 10-20cm. The variables assessed were total organic carbon (TOC), calcium, magnesium, exchangeable aluminum, phosphorus, potassium, total nitrogen (TN) and water pH. The no-tillage system increased TOC and nutrient levels in comparison with conventional tillage, especially in the surface soil layer. Maize and vetch crop succession had higher TOC and TN contents in the surface soil layer compared to crop rotation under no-tillage.

Key words: crop systems.

INTRODUÇÃO

A semeadura direta é um manejo conservacionista que reduz a erosão hídrica e a decomposição da matéria orgânica e melhora a qualidade do solo e da água (BAYER & MIELNICZUK, 1999). Alguns trabalhos demonstram incrementos significativos no teor de matéria orgânica na semeadura direta em relação ao preparo convencional do solo (CIOTTA et al., 2003; BARRETO et al., 2009), enquanto outros trabalhos apontam semelhança entre esses dois sistemas (DE MARIA & CASTRO, 1993; ROSCOE & BUURMAN, 2003).

O manejo deve permitir redução na intensidade de preparo do solo e aumento do aporte e

^IPrograma de Pós-graduação em Manejo do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), 88520-000, Lages, SC, Brasil. E-mail: andreiapatricia74@yahoo.com.br. Autor para correspondência.

^{II}Departamento de Solos, UDESC, Lages, SC, Brasil.

^{III}Curso de Agronomia, UDESC, Lages, SC, Brasil.

diversificação da qualidade de resíduos vegetais, para manter ou aumentar a reserva de nutrientes e matéria orgânica no solo. Isso deve melhorar a ciclagem de nutrientes e as relações mineralização/imobilização e decomposição/humificação, em médio e longo prazo (PEIXOTO et al., 1997).

Para entender os efeitos do manejo sobre a matéria orgânica e outros atributos químicos do solo, deve-se considerá-lo como um sistema aberto, em que a adição de energia se dá pela quantidade de carbono produzida pelas plantas (componente magnitude) e a saída de energia depende do consumo pelos microorganismos, liberada na forma de CO_2 (componente velocidade). Nos sistemas agrícolas, a magnitude é função do tipo de culturas produzidas e a velocidade é função do tipo de preparo do solo (VEZZANI & MIELNICZUK, 2011a).

A decomposição da matéria orgânica do solo pela ação microbiana em solos sob semeadura direta é reduzida pelo menor fracionamento, pela diminuição do contato solo-resíduo e pela proteção física da matéria orgânica no interior dos agregados (BALESIDENT et al., 2000). A manutenção ou recuperação dos teores de matéria orgânica no solo pode ser alcançada pela utilização de métodos de preparo sem revolvimento ou com mínima mobilização do solo, associada a sistemas de cultura com alta adição de resíduos vegetais, resultando em menores taxas de perdas e maiores taxas de adição de MO no sistema solo (BAYER & MIELNICZUK, 2008).

Além disso, muitos estudos relatam a importância na disponibilidade de N para o desenvolvimento das culturas, principalmente em solos degradados (BAYER & MIELNICZUK, 1997; AMADO et al. 2001). Assim, é necessária a inclusão de leguminosas em sistemas de cultivos para a recuperação dos estoques de C e N do solo. As leguminosas adicionam C fotossintetizado ao solo e também o N atmosférico fixado simbioticamente. A partir da mineralização² do N dos resíduos, aumenta-se o suprimento de nitrogênio para as espécies não-leguminosas que estão presentes no sistema de rotação ou sucessão de culturas (MIELNICZUK, et al. 2003).

Dessa forma, o sistema de semeadura direta adotado no Sul do Brasil em substituição ao preparo com arado e grade refletiu-se positivamente na dinâmica da matéria orgânica do solo, pois houve

aumento na adição de resíduos vegetais e redução na perda de matéria orgânica por erosão, com aumento nos estoques de matéria orgânica do solo (BAYER et al., 2009). A rotação de culturas aumenta o teor de matéria orgânica em relação à sucessão, pois, em geral, aumenta a quantidade de resíduos culturais no solo (BAYER & BERTOL, 1999). Embora já tenha sido avaliada a influência de sistemas de manejo sobre a dinâmica da matéria orgânica e de nutrientes em solos do Sul do Brasil, tais aspectos ainda são pouco conhecidos nos solos ácidos e tamponados dos planaltos subtropicais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar atributos químicos de um Cambissolo Húmico Alumínico em um experimento de longa duração, sob diferentes sistemas de preparo e cultivo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado em 1995, em Lages, SC, situado a 27°49' de latitude Sul e 50°20' de latitude Oeste, com altitude média de 937m. O clima é mesotérmico úmido com verões amenos, tipo Cfb de acordo com Köppen, com precipitação média anual de 1.674mm (BERTOL, 1993). O solo é um Cambissolo Húmico Alumínico (EMBRAPA, 2006) derivado de siltitos e argilitos, contendo em média 443g kg⁻¹ de argila, 402g kg⁻¹ de silte e 155g kg⁻¹ de areia na camada de 0-30cm (BERTOL et al., 2004). Na implantação do experimento, a área foi corrigida com calcário dolomítico incorporado, visando a elevar o pH a 6,0.

Os tratamentos abrangeram preparo convencional (PC) e semeadura direta (SD), em rotação (r) e sucessão (s) de cultivos, utilizando as seguintes sequências de culturas: feijão preto (*Phaseolus vulgaris*)/pousio/milho (*Zea mays*)/pousio/soja (*Glycine max*)/pousio no PCr; milho/pousio no PCs; feijão preto/aveia preta (*Avena sativa*)/milho/nabo forrageiro (*Raphanus sativus*)/soja/ervilhaca comum (*Vicia sativa*) na SDr; e milho/ervilhaca comum na SDs.

O preparo convencional consistiu de uma aração com implemento de discos, seguido de duas gradagens, realizado antes da semeadura das culturas de verão. Nos tratamentos sob PC, os resíduos culturais eram retirados da área após a colheita das espécies de verão até o ano de 2005, o que tinha como

objetivo acelerar o processo de degradação do solo neste sistema. Nos tratamentos sob SD, a implantação das culturas de verão era feita com semeadura mecanizada e as espécies de inverno eram semeadas manualmente a lanço. Nesses tratamentos, os resíduos vegetais eram mantidos na superfície do solo e acamados com rolo-faca. No inverno de 2007, cultivou-se aveia preta e ervilhaca comum em consórcio em todos os tratamentos e, no verão daquele ano, sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*). Desde o início do experimento, foram adicionados ao solo as seguintes quantidades de nutrientes: 3.300 kg ha⁻¹ de P e 6.800 kg ha⁻¹ de K nos tratamentos sob PC; e 3.860 kg ha⁻¹ de P e 7.780 kg ha⁻¹ de K nos tratamentos sob SD, variáveis conforme a sequência de culturas adotada. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, em parcelas de 6,5 m por 18 m.

Em fevereiro de 2008, amostrou-se o solo nas camadas de 0-2,5; 2,5-5; 5-10; e 10-20 cm, no florescimento das culturas de verão, em quatro subamostras por parcela, utilizando trado calador na entrelinha das culturas. O carbono orgânico total (COT) foi oxidado por combustão úmida com dicromato de potássio e determinado por titulometria; o Ca e Mg extraídos com solução KCl e determinados por espectrofotometria de absorção atômica; o Al trocável extraído com solução KCl e determinado por titulometria de neutralização; o P e K extraídos com solução de Mehlich-1, sendo o K determinado por fotometria de chama e o P por colorimetria; o nitrogênio total extraído com digestão e destilação da amostra e determinado por titulação; o pH em água do solo determinado na relação 1:1 (TEDESCO et al., 1995); e CTC efetiva, calculada pela soma dos teores de Ca, Mg, K e Al.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, considerando tratamento como parcela e camada como subparcela. As médias foram comparadas pelo teste “t”. Os diferentes atributos foram relacionados por correlação de Pearson. Utilizou-se o programa SAS Learning Edition (2002) para as análises estatísticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de COT foi maiores na SDr e SDs do que em PCr e PCs, variando de 21 a 46 g kg⁻¹, tendo sido

maior na SDs do que na SDr, na camada de 0-5 cm, sem diferença nas demais camadas (Figura 1A). Este efeito é explicado pela maior quantidade de resíduos culturais de milho aportados na SDs, com média de 11,2 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de massa seca em 12 cultivos, enquanto, na SDr, tal produção foi de 6 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ em cinco cultivos. Na SDr e SDs, o teor de COT foi maior nas camadas superficiais decrescendo em profundidade, enquanto, no PCr e PCs, foi mais uniforme entre as camadas (Figura 1A). Resultados semelhantes foram observados por SIQUEIRA NETO et al. (2009), em que a sucessão milho/trigo apresentou maior COT do que a sucessão soja/trigo, na camada até 5 cm de profundidade, em Latossolo Vermelho. O acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo na SD aumenta o COT, enquanto o revolvimento do solo no PC distribui os resíduos na camada preparada, aumenta o contato solo-resíduo, ativa a atividade microbiana e acelera sua decomposição (BERTOL et al., 2004; SILVA et al.; 2006; VEZZANI & MIELNICZUK, 2011b).

Os teores de COT obtidos no PCr e PCs não variaram em relação aos obtidos por ALMEIDA et al. (2005) no mesmo experimento. Já na SDr e SDs, os valores de COT aumentaram em relação aos relatados em 2005, principalmente na camada superficial, passando de 32,2 g kg⁻¹ para 46 g kg⁻¹ na camada 0-2,5 cm. SIQUEIRA NETO et al. (2009) observaram aumento no estoque de COT no solo ao longo de 22 anos de cultivo com semeadura direta. CASTRO FILHO et al. (1998) também observaram maior teor de COT sob semeadura direta do que sob preparo convencional em experimento de longa duração, em um Latossolo na região norte do estado do Paraná. Em ambos os casos, isso ocorreu devido à decomposição mais gradual dos resíduos vegetais na semeadura direta do que no preparo convencional, possibilitando associação do carbono às frações minerais do solo, conforme sugerido por SIQUEIRA NETO et al. (2009).

Para nitrogênio, a SDr e SDs apresentaram maior teor do que o PCr e PCs nas três camadas superiores, não diferindo na camada inferior (Figura 1B), sem diferença entre PCr e PCs, enquanto, na SDs, o teor foi maior do que na SDr na camada 0-2,5 cm (Figura 1B). Isso é explicado pelo cultivo de ervilhaca durante 12 anos em sequência na SDs, conforme observado também por PEIXOTO et al. (1997). A presença de

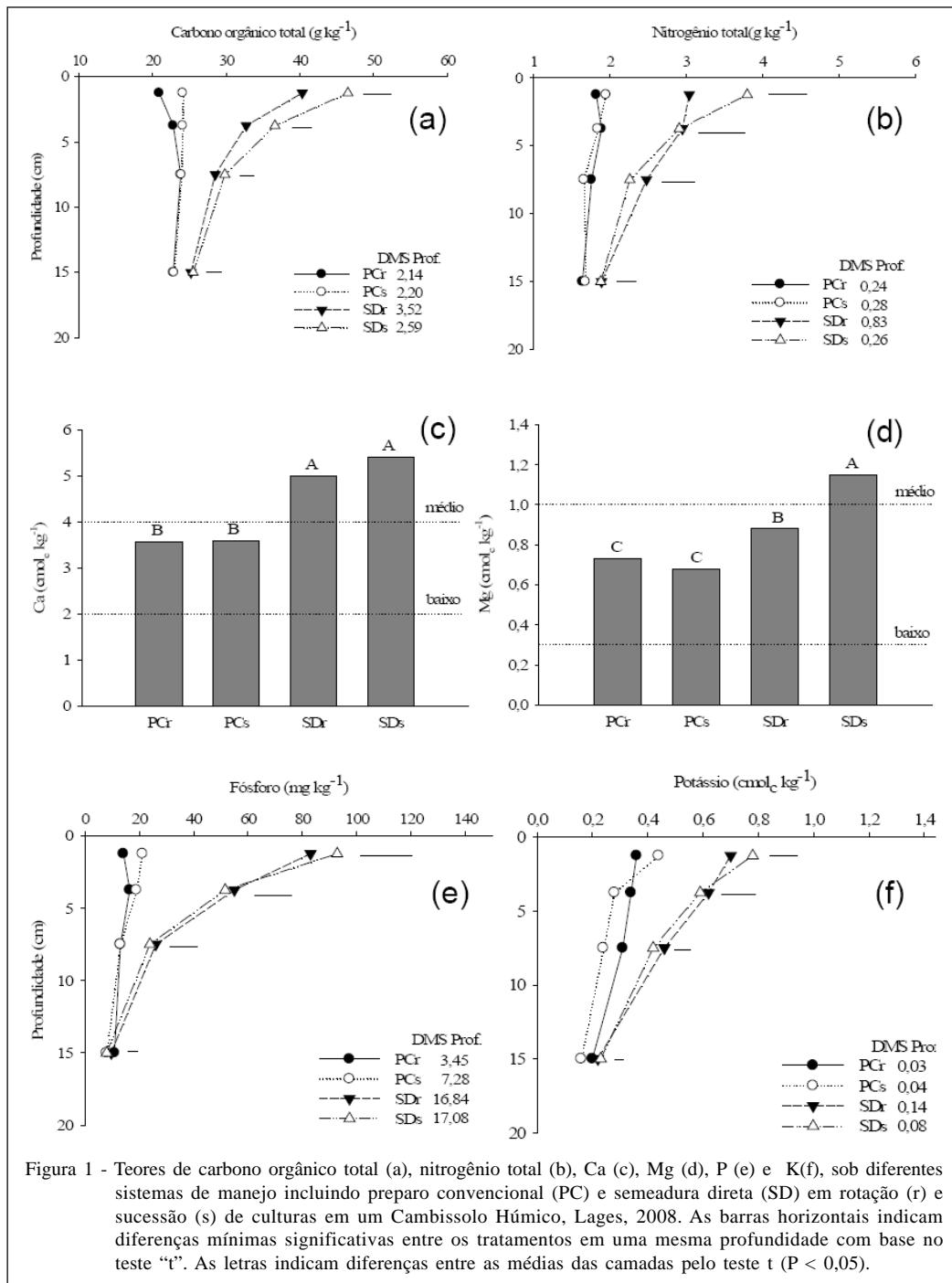


Figura 1 - Teores de carbono orgânico total (a), nitrogênio total (b), Ca (c), Mg (d), P (e) e K (f), sob diferentes sistemas de manejo incluindo preparo convencional (PC) e semeadura direta (SD) em rotação (r) e sucessão (s) de culturas em um Cambissolo Húmico, Lages, 2008. As barras horizontais indicam diferenças mínimas significativas entre os tratamentos em uma mesma profundidade com base no teste “t”. As letras indicam diferenças entre as médias das camadas pelo teste t ($P < 0,05$).

leguminosas na SDs permitiu maior fixação simbótica de N e acúmulo deste nutriente no solo. Ocorreu decréscimo do teor de N em profundidade na SDr e SDs. No PCr e PCs, o teor de N foi uniforme em profundidade, devido ao efeito do preparo do solo que misturou os nutrientes na camada revolvida. O N foi

afetado também pela sequência de culturas que influenciou na concentração do elemento no solo.

O teor de Ca foi maior na SD do que no PC, não diferindo entre os sistemas de cultivo na média das camadas avaliadas, variando de 3,3 a 3,9 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ no PC e de 4,9 a 6,2 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ na SD (Figura 1C). No PC, o teor de Ca no presente estudo foi menor do que o

encontrado por ALMEIDA et al. (2005) no mesmo experimento, explicado pelas perdas que ocorreram ao longo do tempo, em especial pela erosão, além do uso de menor quantidade de adubos fosfatados (fosfatos de Ca) no PC em relação à SD. Na SD, o valor de Ca encontrado por ALMEIDA et al. (2005) foi semelhante ao valor atual. A SD mantém maior teor de matéria orgânica do que o PC, o que favorece a adsorção de cátions pelo solo e reduz as perdas por erosão e lixiviação.

O teor de Mg variou de 0,7 a 0,8 cmol_c kg⁻¹ no PCr e PCs, e de 0,8 a 1,3 cmol_c kg⁻¹ na SDr e SDs (Figura 1D), sem efeito de camada. O tratamento SDs apresentou o maior teor do que os demais tratamentos, com valor considerado alto pela CQFS-RS/SC (2004). No PC, não houve diferença entre os sistemas de cultivo.

O sistema SD apresentou maior teor de P extraível do que o PC, sem diferença entre os sistemas de cultivo (r, s), variando de 8 a 21 mg kg⁻¹ no PC e de 8 a 93 mg kg⁻¹ na SD (Figura 1E). No mesmo experimento, ALMEIDA et al. (2005) observaram teor de P até 37 mg kg⁻¹ no PCs e até 136 mg kg⁻¹ na SDr. Após o estudo de ALMEIDA et al. (2005) aplicou-se 160 kg ha⁻¹ de P extraível no PC e 165 kg ha⁻¹ de P na SD. Mesmo com este aporte de fertilizantes, o teor atual do elemento é menor do que o encontrado em 2005, possivelmente influenciado pela variabilidade na distribuição desse elemento no solo (CV = 42%), resultando em variação conforme a forma de amostragem utilizada em cada avaliação. Em profundidade, houve diminuição no teor de P extraível de forma mais evidente na SD, onde o teor foi muito maior nas camadas superficiais do que em subsuperfície, por ser o P um elemento imóvel no solo. No PC, o teor foi menor do que na SD e mais uniforme em profundidade.

Altos teores de P na superfície do solo em SD têm sido observados frequentemente (DE MARIA

& CASTRO, 1993; FRAZÃO et al., 2008), atribuídos a não-incorporação dos adubos fosfatados, à baixa mobilidade do nutriente no perfil do solo e ao menor contato dos adubos com a fração mineral do solo, que diminui a adsorção de P principalmente pelos óxidos. O acúmulo de P nas camadas superficiais também pode estar associado à deposição de resíduos culturais, o que favorece a redistribuição de formas orgânicas do elemento (SANTOS & TOMM, 2003); também, o fato de a MO do solo representar uma fonte de P para as plantas, sendo observada correlação positiva entre os teores de P e COT (Tabela 1). Observa-se que na SD o teor de P decresce em profundidade, porém esse teor continua sendo maior do que no PC (Figura 1E) e a descida de P no perfil do solo, com o tempo de cultivo, pode ser atribuída à ciclagem do nutriente pela decomposição dos resíduos orgânicos depositados na superfície e à ciclagem pela decomposição das raízes no interior do solo. Associado a isso, a presença de ácidos orgânicos diminui a sorção de P pelo solo, aumentando a sua concentração na solução; ainda, os compostos orgânicos de P, por serem mais solúveis e móveis, deslocam-se às camadas inferiores do solo (ANGHINONI, 2009).

O teor de K na camada de 0-10 cm foi maior na SD do que no PC, variando de 0,16 a 0,78 cmol_c kg⁻¹ (Figura 1F), sem diferença entre os sistemas de cultivo. Em profundidade, houve redução no teor de K, fato este mais evidente na SD, enquanto, no PC, o teor foi mais uniforme em profundidade. As diferenças nos teores de P e K entre os tratamentos SD e PC, também podem ser atribuídas às adubações recebidas ao longo dos cultivos, pois a SD recebeu 60 kg ha⁻¹ de P e 98 kg ha⁻¹ de K a mais do que o PC.

O pH em água do solo variou entre os sistemas de cultivo (Figura 2A), sendo maior na rotação do que na sucessão de culturas, tanto na SD quanto no PC. Na SDs e no PCr (mesmo com os resíduos

Tabela 1 - Coeficientes de correlação de Pearson entre os atributos químicos de um Cambissolo Húmico. n= 64.

Atributo	N	P	K	Ca	Mg	Al	pHágua
COT	0,87	0,87	0,85	0,73	0,52	-0,61	ns
N		0,82	0,81	0,60	0,42	-0,51	ns
P			0,88	0,52	0,29	-0,42	ns
K				0,59	0,37	-0,56	ns
Ca					0,88	-0,82	ns
Mg						-0,58	ns
Al							-0,40

Coeficientes significativos ao nível de 5% (P<0,05); ns= não significativo a 5%.

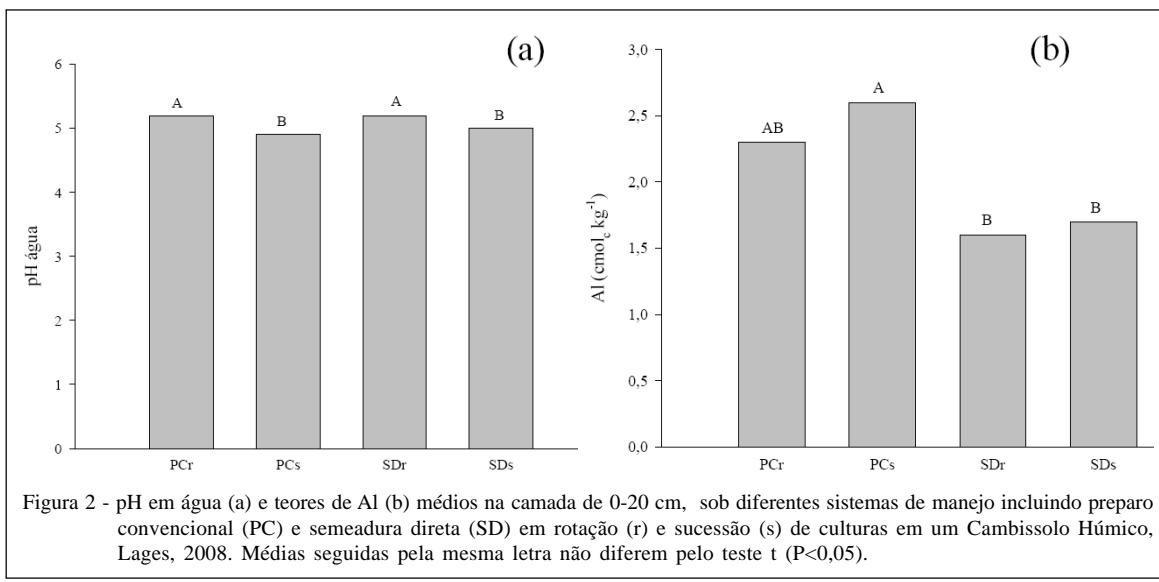


Figura 2 - pH em água (a) e teores de Al (b) médios na camada de 0-20 cm, sob diferentes sistemas de manejo incluindo preparo convencional (PC) e semeadura direta (SD) em rotação (r) e sucessão (s) de culturas em um Cambissolo Húmico, Lages, 2008. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste t ($P<0,05$).

retirados no período de inverno), o menor pH pode ser explicado pela presença de leguminosas no sistema de cultivo, as quais absorvem mais cátions básicos e NH_4^+ do que as demais espécies, contrabalançando com a liberação de H^+ pelas raízes (BAYER et al., 2009), o que acidifica o solo.

O teor de alumínio variou de 2,1 a 2,8 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ no PC e de 1,7 a 2,6 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ na SD (Figura 2B). O menor teor de Al trocável na SDs em relação ao PCs pode ser explicado pelo aporte e produção de material orgânico nesse sistema, cuja MO pode ter complexado o Al, reduzindo seu teor trocável no solo (CIOTTA et al., 2002). É importante destacar que a complexação do Al pela MO e a diminuição de sua atividade na solução do solo favorecem a concentração de cátions básicos como Ca, Mg e K, apresentando correlações negativas significativas (Tabela 1). A CTC efetiva do solo (Tabela 2) foi maior na SDs em relação aos demais tratamentos,

Tabela 2 - CTC efetiva do solo sob diferentes sistemas de manejo incluindo preparo convencional (PC) e semeadura direta (SD) em rotação (r) e sucessão (s) de culturas em um Cambissolo Húmico, Lages, 2008.

Profundidade (cm)	Tratamento			
	PCr	PCs	SDr	SDs
-----CTC ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$)-----				
0-2,5	6,84	7,94	6,65	11,84
2,5 - 5	6,75	7,72	7,21	8,70
5 - 10	7,22	7,40	8,23	7,54
10-20	7,24	7,65	9,02	6,98

principalmente na camada de 0-2,5cm, este efeito pode ser atribuído aos maiores conteúdos de matéria orgânica também neste tratamento (Figura 1).

CONCLUSÃO

Há incremento no teor de carbono orgânico total do solo ao longo dos 12 anos de cultivo na semeadura direta, comparado aos teores no preparo convencional. A inclusão de leguminosas no sistema SDs aumenta os teores de carbono orgânico total e nitrogênio total na camada superficial do solo em comparação ao cultivo em rotação, sob semeadura direta.

O solo preparado sob semeadura direta tem maior concentração de Ca, P e K do que o solo sob PC, sem efeito da sequência de cultivos utilizada. Os teores de NT e Mg, além de serem afetados pelo preparo do solo, são também influenciados pela sequência de cultivos. Na SDs, a concentração de NT e Mg é maior em relação à SDr.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J.A. et al. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, p. 437-445, 2005. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_text&pid=S0100-06832005000300014&lng=pt&nrm=iso&tlang=pt>. Acesso em: 09 nov. 2011. doi: 10.1590/S0100-06832005000300014.

AMADO, T. J. C. et al. Potencial de plantas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a

- melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 189-197, 2001.
- ANGHINONI, I. Adubação fosfatada e potássica em plantio direto. In: FONTOURA, S.M.V.; BAYER, C. **Manejo e fertilidade de solos em plantio direto**. 2 ed. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2009, 231 p.
- BALESIDENT, J. et al. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. **Soil and Tillage Research**, v. 53, p. 215-230, 2000. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198799001075>>. Acesso em: 09 nov. 2011. doi:10.1016/S0167-1987(99)00107-5
- BARRETO, R.C. et al. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization and carbon loss as CO₂ in the surface layer of a Rhodic Ferrasol in Southern Brazil. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v.132, p. 243-251, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880909001091>> . Acesso em: 08 nov. 2011. doi:10.1016/j.agee.2009.04.008.
- BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo Húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 687-694, 1999.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Metropole, 2008. p. 7-18.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 9-26.
- BAYER, C. et al. Química de solos em plantio direto. In: FONTOURA, S.M.V.; BAYER, C. **Manejo e fertilidade de solo em plantio direto**. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2009, p.7-29.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Conteúdo de nitrogênio total num solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21,p 235-239, 1997.
- BERTOL, I. Índice de erosividade (EI₃₀) para Lages (SC) – 1^a aproximação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, p. 515-521, 1993.
- BERTOL, I. et al. Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas, comparadas às do campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 155-163, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832004000100015&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 09 nov. 2011. doi:10.1590/S0100-06832004000100015
- CASTRO FILHO, C. et al. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo Distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 527-538, 1998.
- CIOTTA, M.N. et al. Matéria orgânica e aumento da capacidade de troca de cátions em solo com argila de atividade baixa sob plantio direto. **Ciência Rural**, v. 33, p 1161-1164, 2003.
- CIOTTA, M.N. et al. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 1055-1064, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782003000600026&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 08 de nov. 2011. doi:10.1590/S0103-84782003000600026
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2004. 400p.
- DE MARIA, I.C.; CASTRO, O. M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo sob sistemas de manejo com milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 17, p. 465-470, 1993.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação do Solo**. 2 ed., Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306p.
- FRAZÃO, L.A. et al. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 5, p.641-648, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2008000500012&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 09 nov. 2011. doi:10.1590/S0100-204X2008000500012
- MIELNICZUK, J. et al. Manejo de solos e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Tópicos em Ciência do Solo**. v. III. Viçosa: SBCS, 2003. p. 209-248.
- PEIXOTO, R.T.G. et al. Manejo orgânico da fertilidade do solo no sistema de plantio direto. In : PEIXOTO, R.T.G. et al. **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: IAPAR, 1997, p. 186-205.
- ROSCOE, R.; BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 70, p. 107-119, 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198702001605>>. Acesso em: 09 nov. 2011. doi:10.1016/S0167-1987(02)00160-5.
- SANTOS, H.P.; TOMM, G.O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função dos sistemas de cultivo e manejo do solo. **Ciência Rural**, v. 33, p. 477-486, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782003000300013&lng=pt&nrm=iso&tlang=pt>. Acesso em: 09 nov. 2011. doi:10.1590/S0103-84782003000300013
- SAS LEARNING EDITION. **Getting started with the SAS learning edition**. Cary, 2002. 200p.
- SILVA, M.A.S. et al. Propriedades físicas e teor de carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob distintos sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 329-337, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832006000200013&lng=pt&nrm=iso&tlang=pt>. Acesso em: 09 nov. 2011. doi:10.1590/S0100-06832006000200013

- SIQUEIRA NETO, M. et al. Rotação de culturas no sistema plantio direto em Tibagi (PR). I – Sequestro de carbono no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1013-1022, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000400025&lng=pt&nrm=iso&tlang=pt>. Acesso em: 09 nov. 2011. doi:10.1590/S0100-06832009000400025
- 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.
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. **O solo como sistema**. 1.ed. Curitiba: Ed. dos autores, 2011a. 104p.
- VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 213-223, 2011b. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832011000100020&lng=pt&nrm=iso&tlang=pt>. Acesso em: 09 nov. 2011. doi:10.1590/S0100-06832011000100020.