

Impacto dos Sistemas de Plantio Direto e Preparo Convencional nas Interações entre Matéria Orgânica e Fertilidade do Solo

Rafael de Souza Nunes¹, Djalma Martinhão Gomes de Sousa², Wenceslau J. Goedert¹, João Ricardo Ramos Soares¹ (¹*Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Brasília, DF, rafaelsoouza_nunes@yahoo.com.br*; ²*Embrapa Cerrados, BR 020, Km 18, Caixa Postal 08223, 73010-970, Planaltina, DF.*)

Termos para indexação: Capacidade de troca catiônica, fracionamento da matéria orgânica, matéria orgânica mineral, análise de solo, química do solo.

Introdução

A matéria orgânica participa, de forma variada, de muitos tipos de interações com partículas minerais e nutrientes do solo, sendo responsável pela expressão das propriedades de fertilidade do solo (PEIXOTO, 1995). Nesse sentido, a matéria orgânica interfere drasticamente na dinâmica de suprimento de nutrientes às plantas e na manutenção de seus níveis ótimos no solo, seja por elevar a CTC dos solos reduzindo as perdas por lixiviação e insolubilização de compostos, seja por reduzir as perdas por erosão ao promover a agregação do solo (BURLE et al., 1997; ROSCOE et al., 2006).

O sistema de plantio direto difere do sistema de preparo convencional quanto à dinâmica e distribuição de matéria orgânica e de nutrientes, que são influenciadas pela manutenção ou não dos restos culturais na superfície do solo bem como aplicações de insumos, principalmente calcário, na superfície sem incorporação.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar a distribuição de nutrientes ao longo do perfil e a influência da matéria orgânica na capacidade de troca catiônica de um solo sob sistemas de preparo convencional (SPC) e plantio direto (SPD), após 10 anos de cultivo, tomando o Cerrado nativo como referência.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado numa área experimental localizada na Embrapa Cerrados, em Planaltina, DF, cujas coordenadas geográficas de referência são 47°42'W e 15°36'S. A área experimental encontra-se a 1.014 m do nível do mar, o clima é Cwa, a precipitação média

anual é de 1.570 mm e a temperatura média anual de 21,3 °C. O relevo é plano, e o solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LV) com conteúdo médio de argila, silte e areia de 571, 72 e 357 g kg⁻¹, respectivamente. A vegetação natural é o Cerrado.

As parcelas utilizadas na amostragem foram convertidas em sistema de cultivo no ano de 1976. No ano de 1996, foram convertidas em experimento quando se procedeu a correção dos níveis de acidez e fertilidade e se estabeleceu os sistemas de cultivo: preparo convencional e plantio direto, cultivados com sucessão soja-milho e o milho como planta de cobertura cultivado na entressafra. As adubações anuais foram 100 Kg/ha de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo aplicado no sulco de plantio e 100 Kg/ha de K₂O aplicados a lanço simultaneamente ao plantio da cultura da soja e milho, além da adição de 150 Kg/ha de N na cultura do milho na forma de uréia. Em junho de 2006, foi aplicado calcário em superfície sem incorporação nas doses de 1,7 Mg/ha e 1,4 Mg/ha de calcário dolomítico no SPD e SPC, respectivamente.

Nas últimas duas safras, a produção média das parcelas analisadas foi de 11,6 e 12,3 Mg/ha para a cultura do milho na safra 2004/2005 e 4,1 e 3,9 Mg/ha de soja na safra 2005/2006 para SPC e SPD, respectivamente. Ao longo dos 10 anos de cultivo, foram devolvidas ao sistema 134,5 Mg/ha e 130,2 Mg/ha de matéria seca no SPD e SPC, respectivamente.

As amostras foram coletadas, em agosto de 2006, com trado, em seis camadas de solo (0 cm a 2,5 cm; 2,5 cm a 5,0 cm; 5,0 cm a 10,0 cm; 10,0 cm a 20,0 cm; 20,0 cm a 40,0 cm; e 40,0 cm a 60,0 cm) com três repetições por tratamento e oito subamostras para cada amostra composta encaminhada para análise de laboratório. As amostras compostas, após serem secas ao ar e à sombra, foram passadas em peneira de 8 mm e depois em peneira de 2 mm.

As análises químicas e físicas foram feitas de acordo com Embrapa (1997).

Neste trabalho, utilizou-se o método de fracionamento granulométrico da matéria orgânica descrito por Cambardella e Elliott (1992) com a alteração de utilizar hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N na proporção 1:5 (solo:solução) como agente dispersante, seguido de agitação por 3 horas. A MOM foi definida em g de matéria orgânica associada à fração < 53 µm por kg de solo.

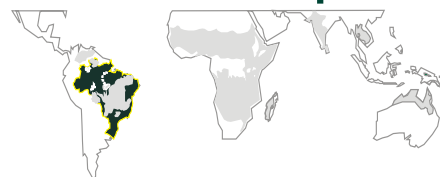
Para efetuar as comparações entre tratamentos foi utilizado o teste não-paramétrico de Wilcoxon a 10 %.

Resultados e Discussão

Os resultados de análise química e física do solo encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos e físicos de seis camadas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado sob sistema de preparo convencional e plantio direto durante 10 anos e sob vegetação nativa de Cerrado.

Atributo	Sistema	Profundidade					
		0-2,5 cm	2,5-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	20-40cm	40-60 cm
cmol_c dm⁻³							
Ca	SPD	6,29 aA	3,86 bA	2,65 cA	1,80 dB	1,87 dB	1,51 dA
	SPC	5,09 aB	3,17 bA	2,92 bcA	3,38 bcA	2,55 cA	1,65 dA
	Cerrado	0,67 aC	0,29 bB	0,21 bcB	0,19 cC	0,22 cC	0,21 cB
Mg	SPD	2,22 aA	1,03 bA	0,60 cA	0,46 cB	0,48 cB	0,40 cB
	SPC	1,93 aB	0,77 bB	0,70 bA	0,82 bA	0,81 bA	0,65 bA
	Cerrado	0,23 aC	0,04 bC	0,03 bcB	0,02 bcC	0,01 cC	0,01 cC
K	SPD	0,77 aA	0,48 bA	0,16 cA	0,11 cdA	0,08 deA	0,06 eA
	SPC	0,87 aA	0,54 bA	0,26 cA	0,15 cdA	0,10 deA	0,06 eA
	Cerrado	0,11 aB	0,10 aB	0,06 bB	0,06 bB	0,05 bB	0,03 cB
Al	SPD	0,00 eB	0,15 dB	0,50 bB	0,74 aB	0,36 bcB	0,28 cdB
	SPC	0,00 bB	0,13 aB	0,16 aC	0,14 aC	0,09 aC	0,15 aB
	Cerrado	1,70 abA	1,78 aA	1,53 bA	1,52 bA	1,30 cA	1,11 dA
H+Al	SPD	3,06 eB	6,95 bB	7,59 aA	7,57 aA	5,88 cdB	5,17 dAB
	SPC	3,66 cB	6,01 aC	6,06 aB	6,26 aB	5,02 bB	5,03 bB
	Cerrado	10,88 aA	10,05 bA	8,32 cA	7,43 dA	7,15 dA	5,88 eA
CTC total	SPD	12,34 aA	12,32 aA	11,00 bA	9,94 cB	8,31 dA	7,14 dA
	SPC	11,55 aB	10,49 bB	9,95 bB	10,61 bA	8,48 cA	7,39 dA
	Cerrado	11,89 aB	10,47 bB	8,62 cC	7,70 dC	7,43 dB	6,14 eB
g kg⁻¹							
MOS	SPD	38,61 aA	35,28 aA	30,95 bA	26,49 cA	22,08 dA	17,13 eA
	SPC	29,75 aB	27,91 aC	27,24 aB	27,40 aA	22,45 bA	17,89 cA
	Cerrado	38,66 aA	30,80 bB	26,55 cB	24,13 cdA	19,97 dB	15,85 eB
mg dm⁻³							
P	SPD	11,83 bA	12,13 bA	33,85 aA	6,33 cA	1,30 dA	0,47 eA
	SPC	8,73 aB	9,90 aA	7,57 abB	5,53 bA	1,43 cA	0,60 dA



	Cerrado	1,10 aC	0,30 bB	0,20 bC	0,15 bcB	0,10 cB	0,10 cB
S	SPD	17,49 bA	17,03 bA	15,65 bA	17,96 bA	23,94 bA	40,06 aA
	SPC	17,96 bA	17,04 bA	14,27 cAB	14,27 cAB	19,80 bA	35,45 aA
	Cerrado	14,50 aB	13,81 abB	12,43 bB	12,43 bB	12,43 bB	12,43 bB
B	SPD	0,43 aA	0,31 bA	0,28 bA	0,26 bcA	0,15 cdA	0,13 dA
	SPC	0,31 aB	0,18 bB	0,18 bB	0,18 bA	0,13 bA	0,10 bA
	Cerrado	0,35 aB	0,31 aA	0,27 bA	0,19 cA	0,15 cdA	0,12 dA
Mn	SPD	13,30 aA	11,27 aA	7,10 bA	4,83 cA	3,60 cdA	2,67 dA
	SPC	9,10 aB	6,77 bB	6,67 bA	6,60 bA	3,37 cA	2,67 cA
	Cerrado	11,03 aA	6,00 bB	4,19 cB	3,15 dB	2,35 eB	2,32 eA
Cu	SPD	0,57 bB	0,63 bAB	0,67 abAB	0,77 aA	0,63 bA	0,53 bB
	SPC	0,73 aA	0,73 aA	0,73 aA	0,70 aA	0,70 aA	0,70 aA
	Cerrado	0,45 aC	0,50 aB	0,45 aB	0,45 aB	0,50 aB	0,45 aB
Zn	SPD	2,52 aA	2,19 aA	1,7 abA	1,67 abA	0,87 bA	0,27 cA
	SPC	2,05 aA	1,93 abA	1,60 abA	1,20 bA	0,40 cAB	0,23 cA
	Cerrado	0,50 aB	0,20 bB	0,15 bcB	0,10 cB	0,10 cB	0,10 cA
pH H ₂ O	SPD	6,55 aA	5,41 bB	5,06 dB	4,89 eB	5,18 cdB	5,25 bcB
	SPC	6,75 aA	5,76 bA	5,52 bcA	5,34 cA	5,51 bcA	5,43 cA
	Cerrado	4,93 dB	4,84 cdC	5,00 cB	5,05 cC	5,18 bB	5,29 aB
pH CaCl ₂	SPD	6,14 aA	4,78 bA	4,44 cdB	4,33 dB	4,59 bcB	4,67 bA
	SPC	6,26 aA	4,93 bA	4,76 bA	4,76 bA	4,95 bA	4,83 bA
	Cerrado	4,15 cB	4,12 cB	4,15 cC	4,15 cC	4,20 bC	4,23 aB

Médias seguidas da mesma letra na coluna (maiúscula) e na linha (minúscula), para cada atributo, não diferem entre si pelo teste de Wilcoxon ($p < 0,10$).

As respostas da acidez potencial e do pH CaCl₂ foram diferentes entre os sistemas. No Cerrado, o aumento do teor de MOS elevou a acidez potencial sem alteração do pH CaCl₂. Isso se deve a natureza ácida dos solos de Cerrado que permitem a manutenção da protonação de grande parte dos grupos funcionais doadores de prótons da MOS, de modo que o saldo de liberação líquida de H⁺ para a solução do solo seja baixo. Além disso, o elevado teor de Al³⁺ e a baixa saturação por bases justificam que as cargas negativas do solo estejam preenchidas preferencialmente por H⁺ + Al.

Em direção à superfície do solo, o aumento na acidez potencial ocorre em escala muito maior que o aumento no Al trocável. Percebe-se que há um aumento nos grupos funcionais doadores de H⁺ e, por conseguinte, geradores de cargas negativas, caracterizando a importância da MOS na geração da CTC e justificando o seu aumento em direção à superfície em todos os sistemas analisados.

No SPD e SPC, a calagem feita um mês antes da amostragem promoveu a elevação do pH verificada na primeira camada e completa precipitação do Al^{3+} . A acidificação verificada nas camadas seguintes deve-se à mineralização da MOS e liberação de H^+ no processo de absorção radicular, justificando os teores de Al^{3+} . Nas camadas seguintes, até 20 cm, o revolvimento anual no SPC permite que os teores de Al^{3+} mantenham-se constantes, já que o calcário é incorporado. Já, no SPD, há uma estratificação em virtude da calagem superficial. A partir de 20 cm, os baixos teores de Al^{3+} são devido à aplicação de gesso nos dois sistemas.

Observa-se, em todos os sistemas analisados, acúmulo de nutrientes na primeira camada de solo. Isso se deve ao efeito reciclador das plantas cultivadas e do Cerrado, sendo que no SPC consiste naqueles nutrientes liberados na palhada do último ano agrícola, bem como da adubação a lanço da cultura, no caso do K^+ , já que ainda não havia sido feito o preparo da área. No sistema de plantio direto SPD, consiste nos nutrientes reciclados, adubações de K^+ e aplicação de calcário promovidos na superfície do solo ao longo dos 10 anos de cultivo, resultando, portanto, em maiores teores que o SPC. Além disso, os elevados teores de matéria orgânica e baixos teores de Al permitem que, em meio a $\text{pH} < 6$, os ácidos fúlvicos da matéria orgânica comportem-se como doadores de prótons aumentando a CTC desta camada e haja maior retenção dos cátions.

Nas camadas seguintes, o SPC apresentou teores de nutrientes semelhantes até 20 cm de profundidade, mostrando eficiência na homogeneização do solo pelo efeito do arado de discos. No SPD, os teores dos nutrientes foram decrescentes e diferentes entre as camadas mostrando acúmulo e estratificação promovidos pelo não revolvimento. Para o P, o elevado teor encontrado no SPD na camada 5 cm-10 cm deve-se ao fato de a aplicação de adubo fosfatado no sulco de plantio ocorrer nesta camada. Resultados semelhantes têm sido obtidos em vários tipos de solos e seqüência de cultivos (TRIPLETT e VAN DOREN, 1969; HARGROVE, 1985; SIDIRAS e PAVAN, 1985; SÁ, 1999; LOPES et al. 2004), no entanto, Hargrove et al., (1982) afirmam que tal conclusão só é possível após algum período de implantação do sistema, de modo que só pode ser mensurado em experimentos de longa duração. No caso do S, os elevados teores observados na última camada estão relacionados à

aplicação de gesso agrícola. Nas camadas superiores, os elevados teores de fósforo e matéria orgânica permitem a lixiviação para camadas subsuperficiais. O fosfato compete com o enxofre pelos sítios positivos de adsorção (CHAO, 1964), e os compostos orgânicos podem gerar cargas negativas no solo, bloqueando esses sítios, além de repelir o sulfato (MITCHELL et al., 1992).

Inúmeros trabalhos têm mostrado relação estreita entre CTC e MOS (BAYER e MIELNICZUK, 1999; SÁ, 2001). No entanto, a matéria orgânica utilizada nessa relação nem sempre compreende aquela que realmente está participando dos processos geradores de cargas no solo.

Uma relação mais confiável entre CTC e MOS pode ser obtida utilizando a fração da matéria orgânica que realmente influencia na geração de cargas no solo, de caráter mais humificado, que constitui as menores frações da MOS associadas às partículas de argila e silte formando interações organo-minerais, ou seja, a matéria orgânica mineral (MOM).

A Fig. 1 retrata a relação entre MOM e CTC do solo, ambos expressos por kg de solo e evidencia estreita relação entre os dois parâmetros, porém sem a usual contaminação conferida pela matéria orgânica mais grosseira quando se utiliza a MOS nesse tipo de relação.

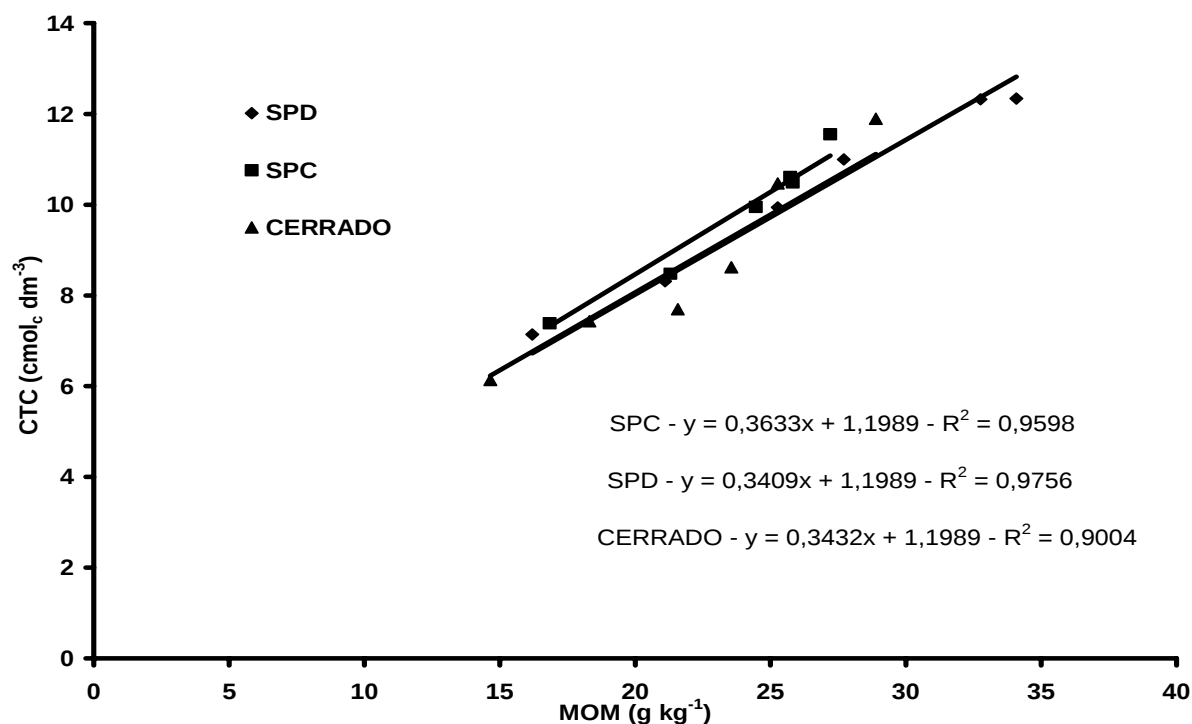


Fig. 1. Relação entre os teores de matéria orgânica mineral do solo e capacidade de troca catiônica a pH 7 de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado sob sistema de preparo convencional e plantio direto durante 10 anos e sob vegetação nativa de Cerrado.

Para cada grama de MOM existente nos sistemas, a sua contribuição na CTC foi de aproximadamente 0,3432, 0,3409 e 0,3633 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ para Cerrado, SPD e SPC, respectivamente. Houve, portanto, um aumento significativo na atividade da matéria orgânica no sistema que proporciona maior revolvimento do solo, ou maior velocidade de ciclagem da matéria orgânica do solo, sendo que o SPD foi semelhante ao Cerrado nesse aspecto (Wilcoxon, $p < 0,10$).

Conclusões

Observou-se acúmulo de nutrientes nas camadas superficiais do solo cultivado por 10 anos em plantio direto, ao contrário do sistema de preparo convencional, que apresentou uma distribuição de nutrientes mais uniforme.

A contribuição da matéria orgânica mineral na capacidade de troca catiônica do solo sob sistema de preparo convencional foi maior do que sob sistema de plantio direto e Cerrado, que apresentaram contribuições semelhantes.

Referências

- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica.. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Editora Gênese. Porto Alegre, 1999. p.9-23.
- BURLE, M. L.; MIELNICZUK, J.; FOCCHI, S. Effect of cropping systems on soil chemical characteristics with emphasis on soil acidification. **Plant and Soil**, v.190, p.309-316, 1997.
- CAMBARDELLA, C.A; ELLIOT, E.T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, v.56, p.77-783, 1992.
- CHAO, T. T. Anionic effects on sulfate adsorption by soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.28, p.581-583, 1964.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. 2nd ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- HARGROVE, W.L. Influence of tillage on nutrient uptake and yield of corn, **Agron. J.**, 77:763- 768, 1985.
- HARGROVE, W.L.; REID, J.T.; TOUCHTON, J.T.; GALLAHER, R.N. Influence of tillage practices on the fertility status of an acid soil double-cropped soybean production. **Agron. J.**, 74:674-684, 1982.
- LOPES, A.S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L.R.G.; SILVA, C.A. **Sistema Plantio Direto: Bases para o manejo da fertilidade do solo**. Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA), São Paulo. 2004. 115 p.
- MITCHELL, M. J.; DAVID, M. B.; HARRISON, R. B. Sulphur dynamics of forestry ecosystems. In: HOWARTH, R. W.; STEWART, J. W. B.; IVANOV, M. V. (Eds) **Sulphur cycling on the continents: Wetlands, terrestrial ecosystems & associated water bodies**. SCOPE 48. Scientific Committee on Problems of the Environment, 1992. (www.icsu-scope.org/downloadpubs/scope48/chapter09.html)
- PEIXOTO, R. T. dos G. Matéria Orgânica: Frações e transformações no solo. In: Curso sobre manejo do solo no sistema Plantio Direto. **Anais**. Castro-Paraná. 04 a 08 de Dezembro de 1995.
- ROSCOE, R.; MADAR, B. E.; MACHADO, P. L. O. A. Fracionamento físico do solo na obtenção de frações mensuráveis para uso em simuladores da dinâmica da matéria orgânica.

In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F. M.; SALTON, J. S. (Eds) **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. p.107-132.

SÁ, J.C.M. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas de manejo convencional e plantio direto**. 2001. 141p. Tese. (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: (SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F. M. S.; Lopes, A. S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIM, V.; FURTINI NETO, A.E.E.; CARVALHO, J.G.; Eds.). **Interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. SBCS, Lavras, 1999. p. 267-319.

SIDIRAS, N., PAVAN, M.A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, SP, 9:249-254, 1985.

TRIPLETT, G.B., JR.; VAN DOREN, D.M.JR. Nitrogen, phosphorus and potassium fertilization for no-tilled maize. **Agron. J.**, Madison, 61:637-639, 1969.