



Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Brasil

Costa, Mônica S. S. de M.; Pivetta, Laércio A.; Steiner, Fábio; Costa, Luiz A. de M.; Castoldi, Gustavo;  
Gobbi, Fernando Cesar

Atributos químicos do solo sob plantio direto afetado por sistemas de culturas e fontes de adubação

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 6, núm. 4, outubro-diciembre, 2011, pp. 579-587

Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119021237005>

- 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

## AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997

v.6, n.4, p.579-587, out.-dez., 2011

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI:10.5039/agraria.v6i4a997

Protocolo 997 - 25/06/2010 \*Aprovado em 01/07/2011

Mônica S. S. de M. Costa<sup>1</sup>

Laércio A. Pivetta<sup>2,3</sup>

Fábio Steiner<sup>2,4</sup>

Luiz A. de M. Costa<sup>1</sup>

Gustavo Castoldi<sup>2,5</sup>

Fernando Cesar Gobbi<sup>1</sup>

# Atributos químicos do solo sob plantio direto afetado por sistemas de culturas e fontes de adubação

## RESUMO

Sistemas de culturas e fontes de adubação podem afetar os atributos químicos do solo e, consequentemente, sua fertilidade. Com o objetivo de avaliar o efeito destas práticas de manejo, foram analisadas amostras de solos coletadas nas camadas de 0,0-0,10; 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade, no segundo ano de um experimento instalado em 2006, em um Latossolo Vermelho Eutroférrico sob sistema de plantio direto, localizado na Estação Experimental Agronômica da UNIOESTE, em Marechal Cândido Rondon, PR. O experimento foi constituído por dois sistemas de culturas (com e sem rotação de culturas de cobertura) e três fontes de adubação (mineral, orgânica e mineral+orgânica). As adubações orgânica e mineral+orgânica consistiram, respectivamente, da aplicação de esterco animal e de esterco animal combinado com fertilizante mineral. Os diferentes sistemas de culturas, associados à aplicação de diferentes fontes de adubação, não afetaram o pH, o potássio trocável ( $K^+$ ) e a capacidade de troca de cátions (CTC), porém, influenciaram a matéria orgânica (MO), a acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ), o alumínio trocável ( $Al^{3+}$ ), o fósforo (P), o cálcio ( $Ca^{2+}$ ), o magnésio ( $Mg^{2+}$ ) e a soma e saturação por bases (V%). As adubações orgânica e mineral+orgânica com esterco animal destacaram-se no incremento de Ca e Mg no solo.

**Palavras-chave:** Adubação orgânica, fertilizante, fertilidade do solo, rotação de culturas, plantas de cobertura.

## Chemical attributes of soil under no-till farming affected by crop systems and fertilization sources

## ABSTRACT

Crop systems and fertilization sources can affect the chemical properties of the soil and, consequently, its fertility. With the aim of evaluating the effect of such management practices, soil samples collected at 0.0-0.10; 0.10-0.20; and 0.20-0.40 m in depth were collected and analyzed in the second year of an experiment installed in 2006 in a Rhodic Hapludox under no-till farming, located in the Agronomic Experimental Station of UNIOESTE, in the city of Marechal Cândido Rondon, Parana, Brazil. The experiment consisted of two crop systems (with and without rotation of cover crops) and three fertilization sources (mineral, organic and mineral+organic). The organic and mineral+organic fertilizations consisted of the application of animal manure alone and animal manure mixed with mineral fertilizer, respectively. The values of pH, exchangeable potassium ( $K^+$ ) and cation exchange capacity (CEC) were not affected by the different crop systems, related to the application of different fertilization sources. However, they did influence the organic matter contents (OM), potential acidity ( $H^+ + Al^{3+}$ ), exchangeable aluminum ( $Al^{3+}$ ), phosphorus (P), calcium ( $Ca^{2+}$ ), magnesium ( $Mg^{2+}$ ), and the bases sum and saturation (V%). The organic and mineral+organic fertilizations, with animal manure promoted the highest increase in soil Ca and Mg.

**Key words:** Organic fertilization, fertilizer, soil fertility, crop rotation, cover crops.

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI), Rua Universitária, 2069, Jardim Universitário, CEP 85819-110, Cascavel-PR, Brasil. Fone: (45) 3220-3262. E-mail: Monica.Costa@unioeste.br; Imendo@ig.com.br;

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Rua José Barbosa de Barros, n 1780, Fazenda Lageado, CEP 18610-337, Botucatu-SP, Brasil. Caixa Postal 237. Fone: (14) 3811-7161. Fax: (14) 3811-7211. E-mail: laercio pivetta@yahoo.com.br; fsteiner@fca.unesp.br; castoldi@fca.unesp.br;

<sup>3</sup> Bolsista de Doutorado da CAPES

<sup>4</sup> Bolsista de Doutorado do CNPq

<sup>5</sup> Bolsista de Doutorado da FAPESP

## INTRODUÇÃO

A contínua expansão das áreas sob plantio direto no Brasil reflete o reconhecimento, entre técnicos e produtores, dos benefícios que este sistema proporciona. Dentre estes benefícios, destaca-se o aumento na eficiência da utilização dos nutrientes pelas plantas, sejam provenientes de fertilizantes ou do próprio solo, em razão das alterações na sua dinâmica em plantio direto. Os principais fatores que propiciam estas alterações são a manutenção dos resíduos vegetais na superfície, o aumento da população e da atividade microbiana, o não revolvimento do solo e a redução das perdas de solo por erosão (Muzilli et al., 1997; Silva et al., 2000).

O acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo, em decorrência da produção de palhada pelas plantas de cobertura, em sistema de plantio direto, apresenta-se como fator fundamental para que sejam obtidas vantagens como a melhoria dos atributos químicos do solo (Oliveira et al., 2002; Cavalieri et al., 2006), diminuição das perdas de solo por lixiviação e erosão, reciclagem e fornecimento gradativo de nutrientes para as culturas comerciais durante a decomposição (Amado, 2000). Assim, plantas de cobertura com elevada capacidade de produção de matéria seca, em cultivo isolado ou consorciado, que sejam compatíveis quanto à época de semeadura e não possuam efeitos alelopáticos, por exemplo, são recomendadas para a rotação de culturas (Denardin & Kochhann, 1993; Darolt, 1998).

Na região oeste do Estado do Paraná existe uma considerável quantidade de esterco animal (suíno, bovino e avícola) com potencial para a produção de adubos orgânicos. A adubação orgânica e sua associação desta com a adubação mineral, são alternativas economicamente viáveis para a maioria dos produtores, além de promover a melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo.

A aplicação de esterco animal no solo é uma alternativa promissora para aumentar a fertilidade de solos degradados, podendo contribuir para o melhoramento dos aspectos relacionados com a disponibilidade dos nutrientes, especialmente o nitrogênio, e promover condições que estimulem a atividade microbiana, visando à recuperação do potencial do solo, contribuindo para a sustentabilidade agrícola (Stamford et al. 2005; Moura et al. 2007).

Até o momento, poucos foram os estudos realizados no Estado do Paraná que abordaram o efeito de culturas de cobertura, associado à adubação orgânica nos atributos químicos do solo. Sabe-se que o excesso de íons  $H^+$  e ânions  $NO_3^-$  na solução do solo aumentam a lixiviação de bases, na forma de sais de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $K^+$  no solo (Grove, 1986), incrementando os teores destes elementos em profundidade. A adição de resíduos orgânicos na forma de restos de culturas ou esterco de animal tem propiciado, em diversas condições, maior movimentação de cátions em profundidade (Kinery et al., 1994).

A perda de bases para as camadas mais profundas pode, em alguns casos, favorecer o desenvolvimento radicular das plantas (Stone & Silveira, 2001), permitindo maior capacidade de absorção de água e de nutrientes (Pavan, 1999), tendo como consequência maior resistência a condições climáticas

adversas e melhor aproveitamento dos nutrientes.

O presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito de dois sistemas de culturas, com e sem rotação com plantas de cobertura, e de três fontes de adubação, mineral, orgânica e mineral+orgânica, nos atributos químicos de um Latossolo Vermelho Eutroférico em sistema de plantio direto.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agrônômica, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, em Marechal Cândido Rondon, PR (latitude: 24° 31' S, longitude: 54° 01' W e altitude: 420 m), no período de maio de 2006 a abril de 2008. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, caracterizado como subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes, invernos com geadas pouco frequentes, sem estação seca definida, com precipitação e temperatura média anual de 1.500 mm e 21,4°C, respectivamente.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef), profundo, bem drenado e de textura muito argilosa (630 g  $kg^{-1}$  de argila, 260 g  $kg^{-1}$  de silte e 110 g  $kg^{-1}$  de areia). Antes do início do experimento, a área vinha sendo cultivada, em plantio direto, por seis anos, com trigo (*Triticum aestivum*) no outono/inverno, e soja (*Glycine max*) no período de primavera/verão. Antes da implantação do experimento foi feita a coleta de amostras de solo nas camadas de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade, e os resultados são apresentados na Tabela 1.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições e seis tratamentos, distribuídos em esquema fatorial 2 x 3, constituído de dois sistemas de culturas (com e sem rotação com plantas de cobertura) e três fontes de adubação (mineral, orgânica e mineral+orgânica), totalizando 24 parcelas experimentais. Cada parcela experimental foi constituída por 12,0 m de comprimento por 7,4 m de largura (88,8 m<sup>2</sup>).

Em junho de 2006 foram instalados os dois sistemas de culturas do experimento, semeando-se a cultura do trigo (sistema em sucessão de culturas) e um consórcio de plantas de cobertura composto por aveia preta + ervilhaca peluda + nabo forrageiro (sistema em rotação com plantas de cobertura). O período em que foi realizado cada cultivo e a sequência de culturas empregadas no experimento é apresentado na Tabela 2. Todos os cultivos foram conduzidos de acordo com as especificações técnicas de cada cultura.

A fitomassa seca dos consórcios de plantas de cobertura deixada na superfície do solo por ocasião do manejo foi de  $5.184 \pm 514$  kg  $ha^{-1}$  para o consórcio entre aveia/ervilhaca/nabo e de  $10.296 \pm 1.030$  kg  $ha^{-1}$  para o consórcio entre mucuna/braquiária/crotalária. Ambas foram determinadas a partir de três amostras coletadas em locais representativos escolhidos aleatoriamente com gabaritos de 0,50 x 0,50 m, e secas a  $60 \pm 2^\circ C$  em estufa de circulação forçada por 72 horas.

As adubações das culturas destinadas à produção de grãos (trigo, milho, soja) foram realizadas com a aplicação de fertilizantes minerais e orgânicos, de forma isolada e

**Tabela 1.** Atributos químicos do Latossolo Vermelho Eutroférrico, nas camadas de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade**Table 1.** Chemical attributes of the Rhodic Hapludox at 0.0-0.10; 0.10-0.20; and 0.20-0.40 m in depth

Camada (m)	pH	P mg dm <sup>-3</sup>	M.O. g kg <sup>-1</sup>	H + Al ----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Al ----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	K ----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Ca ----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg ----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	CTC	V %
0,0-0,10	4,8	16,8	28,2	6,2	0,38	0,36	3,02	1,51	11,0	44
0,10-0,20	4,7	6,8	25,3	6,5	0,48	0,25	2,71	1,50	11,0	41
0,20-0,40	4,6	2,7	18,9	6,8	0,54	0,13	2,34	1,26	10,5	35

pH em CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>. Extrator de P e K Mehlich-1. M.O.: matéria orgânica método Walkley – Black

combinada, obtendo-se, assim, as três fontes de adubação: mineral, orgânica e mineral+orgânica, respectivamente. A quantidade de fertilizante orgânico aplicado na adubação orgânica foi baseada no nutriente que primeiro suprisse a demanda da cultura, segundo à análise do fertilizante e recomendação da cultura. A adubação mineral+orgânica foi realizada com a aplicação da dose do fertilizante orgânico e as necessidades dos demais nutrientes foi complementada com fertilizantes minerais, conforme recomendação. As quantidades e as fontes de fertilizantes empregados em todo o período do experimento (2 anos) são apresentadas na Tabela 3. As culturas de cobertura utilizadas (aveia, ervilhaca, nabo forrageiro, mucuna, braquiária e crotalária) não receberam aplicação de fertilizantes.

Em abril de 2008, após a colheita e/ou manejo das culturas de verão no segundo ano de condução do experimento, amostras de solo foram coletadas nas camadas de 0,0-0,10,

0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade. As amostras foram coletadas com trado tipo caneco em cinco pontos por parcela, formando uma amostra composta representativa de cada tratamento. Essas amostras foram secas ao ar, passadas em peneira de 2 mm e submetidas às análises químicas seguindo métodos descritos por Pavan et al. (1992).

O pH foi determinado em solução de CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>, relação solo/solução 1:2,5. A acidez potencial (H + Al) foi estimada por meio da leitura do pH após a adição de solução tamponada SMP às amostras de solo, utilizando-se calibração apropriada. O fósforo (P) e o potássio (K) foram extraídos pelo Mehlich-1 e determinados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente. O cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>) e alumínio (Al<sup>3+</sup>) foram extraídos com KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica e por titulação com NaOH 0,01 mol L<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Tabela 2.** Período e sequência de culturas utilizadas no estudo**Table 2.** Crops period and sequence used in the study

Sistema de culturas	Período/Safra			
	Outono/inverno (2006)	Primavera/verão (2006/07)	Outono/inverno (2007)	Primavera/verão (2007/08)
Sucessão	Trigo	Milho	Trigo	Soja
Rotação	Aveia preta/ervilhaca	Milho	Trigo	Mucuna cinza/braquiária/ peluda/nabo forrageiro
				crotalária juncea

**Tabela 3.** Fontes e doses de fertilizantes aplicados em cada um dos cultivos durante o experimento**Table 3.** Sources and quantity of fertilizers applied in each of the crops during the experiment

Fonte de adubação	Cultura/ano			
	Trigo (2006)	Milho (2006/07)	Trigo (2007)	Soja (2007/08)
	----- Quantidade e fontes aplicadas -----			
Mineral <sup>1</sup>	50-20-30 kg ha <sup>-1</sup>	120-50-30 kg ha <sup>-1</sup>	50-10-30 kg ha <sup>-1</sup>	0-60-40 kg ha <sup>-1</sup>
Orgânica	25 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> dejetos	38 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> dejetos	2,0 Mg ha <sup>-1</sup> esterco	4,5 Mg ha <sup>-1</sup> composto
	líquido de suíno <sup>2</sup>	líquido de suíno <sup>3</sup>	de aves poedeira <sup>4</sup>	de esterco bovino <sup>5</sup>
Mineral + orgânica <sup>1</sup>	25 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> dejetos	38 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> dejetos	2,0 Mg ha <sup>-1</sup> esterco de	4,5 Mg ha <sup>-1</sup> composto de
	líquido de suíno <sup>2</sup> + 0-5-12 kg ha <sup>-1</sup>	líquido de suíno <sup>3</sup> + 0-2-5 kg ha <sup>-1</sup>	aves poedeira <sup>4</sup> + 9-0-19 kg ha <sup>-1</sup>	esterco bovino <sup>5</sup> + 0-51-0 kg ha <sup>-1</sup>

<sup>1</sup> Doses correspondentes a N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O e aplicadas na forma de ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente<sup>2</sup> 2,4% de matéria seca; 2,00 kg m<sup>-3</sup> de N; 0,60 kg m<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,72 kg m<sup>-3</sup> de K<sub>2</sub>O<sup>3</sup> 3,7% de matéria seca; 3,15 kg m<sup>-3</sup> de N; 1,26 kg m<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 0,66 kg m<sup>-3</sup> de K<sub>2</sub>O. <sup>4</sup> 92% de matéria seca; 20,7 kg Mg<sup>-1</sup> de N; 5,0 kg Mg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 5,5 kg Mg<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. <sup>5</sup> 87% de matéria seca; 15,4 kg Mg<sup>-1</sup> de N; 2,0 kg Mg<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 8,9 kg Mg<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O

Os resultados foram submetidos à análise de variância, aplicando-se o teste F ( $p < 0,05$ ). As médias dos sistemas de culturas foram comparadas pelo teste F, e as médias das fontes de adubação foram comparadas pelo teste Tukey, ambos a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de matéria orgânica (MO), pH, acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ) e alumínio trocável ( $Al^{3+}$ ) do solo nas camadas de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade são apresentados na Tabela 4.

Os sistemas de culturas afetaram o teor de matéria orgânica do solo. O maior teor de matéria orgânica foi obtido no sistema de cultura em rotação com plantas de cobertura (Tabela 4). Porém, estes dados devem ser observados com cuidado, uma vez que os teores médios das três camadas,

obtidos após o segundo ano do experimento (21,9 e 23,8 g  $kg^{-1}$ ) são inferiores à média observada antes da instalação do experimento (24,1 g  $kg^{-1}$ ) (Tabela 1). Assim, esta diferença entre os dois sistemas de culturas é uma consequência da menor oxidação ou da manutenção da matéria orgânica no sistema de cultura em rotação com plantas de cobertura.

A porcentagem de oxidação da matéria orgânica do solo, no presente estudo, para os sistemas de culturas em rotação com plantas de cobertura e em sucessão, foi de 1,24% e 9,13%, respectivamente. Tal evidência demonstra a importância da adoção de sistemas de culturas que produzam quantidades adequadas de palhada sobre a superfície do solo. Segundo Loss et al. (2009) sistemas de culturas capazes de manter e/ou até mesmo incrementar o teor de matéria orgânica no solo, podem contribuir para a manutenção da capacidade produtiva e diminuição da emissão de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) na atmosfera.

**Tabela 4.** Matéria orgânica, pH, acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ) e alumínio trocável ( $Al^{3+}$ ) em Latossolo Vermelho, nas camadas de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade, após dois anos, afetado por sistemas de culturas e fonte de adubação. Marechal Cândido Rondon, PR, 2006/08

**Table 4.** Organic matter, pH, potential acidity ( $H^+ + Al^{3+}$ ) and exchangeable aluminum ( $Al^{3+}$ ) in an Rhodic Hapludox at 0.0-0.10; 0.10-0.20; and 0.20-0.40 m in depth, after two years, affected by crop systems and fertilization sources. Marechal Cândido Rondon, Parana, Brazil, 2006/08

Camada (m)	Sistemas de culturas <sup>1</sup>					
	Sucessão			Rotação		
	Mineral	Orgânica	Mineral+orgânica	Mineral	Orgânica	Mineral+orgânica
Matéria orgânica (g $kg^{-1}$ )						
0,0-0,10	25,5 aA	26,8 aA	27,8 aA	28,4 aA	27,2 aA	27,0 aA
0,10-0,20	23,1 aA	24,8 aA	21,5 aA	25,3 aA	25,9 aA	26,5 aA
0,20-0,40	15,0 bA	15,2 bA	17,8 bA	17,8 bA	18,7 bA	17,8 bA
Média		21,9 B			23,8 A	
CV (%)			12,37			
pH						
0,0-0,10	4,4 aA	4,9 aA	5,1 aA	4,6 aA	5,0 aA	5,0 aA
0,10-0,20	5,1 aA	4,9 aA	5,3 aA	5,0aA	5,1 aA	5,3 aA
0,20-0,40	5,0 aA	5,1 aA	5,2 aA	4,8 aA	5,1 aA	5,0 aA
Média		5,0 A			5,0 A	
CV (%)			8,03			
$H^+ + Al^{3+}$ (cmol <sub>c</sub> $dm^{-3}$ )						
0,0-0,10	8,8 bC	6,7 aB	5,2 aA	7,6 bB	5,7 aA	5,4 aA
0,10-0,20	7,8 bB	6,1 aA	5,7 aA	7,4 bB	7,5 bB	5,5 aA
0,20-0,40	5,5 aA	6,6 aB	5,3 aA	6,3 aA	5,3 aA	6,3 aA
Média		6,4 A			6,3 A	
CV (%)			13,57			
$Al^{3+}$ (cmol <sub>c</sub> $dm^{-3}$ )						
0,0-0,10	0,44 bC	0,20 bB	0,01 aA	0,35 bB	0,10 aA	0,09 aA
0,10-0,20	0,04 aA	0,15 aA	0,01 aA	0,06 aA	0,05 aA	0,03 aA
0,20-0,40	0,06 aA	0,06 aA	0,02 aA	0,14 aA	0,10 aA	0,12 aA
Média		0,11 A			0,10 A	
CV (%)			11,37			

<sup>1</sup> Sucessão: trigo/milho/trigo/soja. Rotação: aveia preta+ervilhaca peluda + nabo forrageiro/milho/trigo/mucuna cinza+brachiária+crotalária juncea. Média seguida da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha para cada atributo, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Estudos demonstram que a matéria orgânica do solo se altera numa velocidade muito baixa e há a necessidade de vários anos de plantio direto com cobertura do solo para que sejam percebidas alterações expressivas nos teores de matéria orgânica (Xavier et al., 2006). Segundo Pillon et al. (2007), nos sistemas de manejo conduzidos sob plantio direto, as taxas anuais potenciais de acúmulo de matéria orgânica variam entre 0,5 e 1,0 Mg ha<sup>-1</sup>, valores observados para intervalos entre 0 e 16 anos.

Maria & Castro (1993), estudando a influência de sistemas de culturas, de sucessão e rotação de culturas, não observaram diferenças significativas nos teores de matéria orgânica na camada de 0,0-0,20 m de profundidade, e atribuíram este fato às condições climáticas da região, com verão quente e úmido, além do inverno seco, condições estas que contribuem para a rápida mineralização da matéria orgânica.

Amado (2000), estudando vários sistemas de culturas em plantio direto, verificou que as alterações nos teores de matéria orgânica ocorreram na camada de 0,0-0,05 m e que o plantio direto associado ao uso de plantas de cobertura demonstrou potencial para recuperar o teor de matéria orgânica e sequestrar carbono no solo, e contribuir para a mitigação do efeito estufa.

As fontes de adubação não influenciaram significativamente o teor de matéria orgânica do solo (Tabela 4). Apesar de terem sido aplicadas diferentes fontes orgânicas (dejetos líquidos de suíno, esterco de aves poedeira e composto de esterco bovino), verifica-se que estas não modificaram o teor de matéria orgânica do solo. Resultados diferentes foram observados por Marchi et al. (2008), os quais obtiveram aumentos no teor de matéria orgânica em um Cambissolo adubado com esterco de aves. Esta ausência de aumento do teor de matéria orgânica pode ser explicada devido à baixa relação carbono/nitrogênio (C/N) dos estercos de animais utilizados, que tem rápida decomposição, servindo mais como fonte de nutriente do que como condicionante do solo. Segundo Souto et al. (2005), a atividade microbiana no solo é extremamente estimulada com a aplicação de esterco animal, principalmente quando o material adicionado apresenta baixa relação C/N, indicando que a decomposição do esterco animal, de relação C/N menor, é rápida e que os nutrientes são rapidamente disponibilizados para as plantas, após a adição ao solo.

O pH do solo não foi influenciado significativamente pelo sistema de culturas e fonte de adubação (Tabela 4), corroborando os resultados encontrados por Silva (1999) que, trabalhando com diferentes fontes de adubação orgânica (composto de resíduo de frigorífico, esterco líquido de bovino e biofertilizante de suíno), além de adubação mineral e um tratamento sem adubação, também não encontrou diferença nos valores de pH ao final de duas safras de milho. De modo similar, Ernani & Gianello (1983), trabalhando em casa de vegetação, com aplicação de esterco de aves e gado de leite ao solo, também não encontraram alteração do pH nos diversos tratamentos analisados, verificando diminuição do teor de Al trocável no solo com o aumento do material orgânico aplicado.

Entretanto, os efeitos da adição de resíduos orgânicos no aumento do pH do solo são apresentados por outros autores. Silva et al. (2008), avaliando o efeito do esterco líquido bovino

nos atributos do solo, verificaram que o pH aumentou com o aumento das doses aplicadas, na camada de 0,0-0,05 m. Os autores ainda verificaram que a adubação mineral reduziu os valores de pH nas profundidades de 0,0-0,05 e 0,05-0,10 m. Burin (2002) também observou aumento do pH com a aplicação de cama de aviário e composto de carcaça de aves, comparado à fertilização mineral e ao tratamento controle. Segundo o autor, este efeito foi em decorrência do aumento dos teores de cálcio e magnésio no solo, proveniente dos adubos orgânicos utilizados.

Whalen et al. (2000) afirmaram que modificações no pH de solos, com a adição de esterco bovino, são devidas não só ao tamponamento por carbonatos e bicarbonatos, mas também a outros compostos, como os ácidos orgânicos com grupos carboxil e hidroxil fenólicos, os quais têm importante papel no tamponamento da acidez do solo e na variação do pH de solos ácidos manejados com esterco.

O valor de pH não se alterou com a profundidade (Tabela 4). Resultados diferentes são reportados na literatura. Ciotta et al. (2002), trabalhando em sistema de plantio direto, evidenciaram os menores valores de pH na camada de 0,0-0,10 m. Caires et al. (2002) também constataram aumento significativo nos valores de pH em plantio direto, aumentando de 4,5 para 4,9, nas camadas de 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m. Esses autores atribuíram este fato à movimentação descendente de cálcio e magnésio para camadas mais profundas de solo. Já, Oliveira et al. (2002) observaram que no sistema de plantio direto os maiores valores de pH são encontrados na camada superficial até 0,10 m.

O alumínio trocável (Al<sup>3+</sup>) do solo foi apenas influenciado pelas fontes de adubação na camada de 0,0-0,10 m (Tabela 4). A adubação mineral proporcionou os maiores teores de Al<sup>3+</sup> no solo. Nas camadas de 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m não foi possível verificar o efeito dos sistemas de culturas e das fontes de adubação nos teores de Al<sup>3+</sup> devido ao valor de pH em CaCl<sub>2</sub> estar próximo de 5,0, sobretudo até 0,20 m de profundidade (Tabela 4). Nestas condições o Al trocável normalmente encontra-se precipitado na forma de hidróxido de alumínio, Al(OH)<sub>3</sub> (Raij, 1991).

A acidez potencial (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>) teve comportamento inverso ao do pH (Tabela 4), como era esperado, pois à medida que o pH se eleva, a acidez potencial tende a diminuir.

A aplicação de esterco animal (adubação orgânica e mineral+orgânica) proporcionou redução da acidez potencial, principalmente na camada de 0,0-0,10 m. Isto pode ser consequência da natureza dos estercos de animais alimentados por rações e concentrados ricos em carboidratos, que provavelmente estão contribuindo com hidroxilas para a solução do solo (Whalen et al., 2000), e com isso neutralizando a acidez ativa. Estes dados corroboram os encontrados por Hue (1992), Iyamuremye et al. (1996), e Silva et al. (2008), que também observaram decréscimo da acidez potencial, trabalhando com esterco animal.

Os teores de fósforo (P), potássio (K<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>) nas camadas de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade são apresentados na Tabela 5.

Os teores de P no solo não foram influenciados pelos diferentes sistemas de culturas (Tabela 5); porém, as fontes



**Tabela 5.** Teor de fósforo (P), potássio (K<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>) em Latossolo Vermelho, nas camadas de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade, após dois anos, afetado por sistemas de culturas e fonte de adubação. Marechal Cândido Rondon, PR, 2006/08

**Table 5.** Phosphorus (P), potassium (K<sup>+</sup>), calcium (Ca<sup>2+</sup>) and magnesium (Mg<sup>2+</sup>) amounts, in Rhodic Hapludox at 0.0-0.10; 0.10-0.20; and 0.20-0.40 m in depth, after two years, affected by crop systems and fertilization source. Marechal Cândido Rondon, Parana, Brazil, 2006/08

Camada (m)	Sistemas de culturas <sup>1</sup>					
	Sucessão			Rotação		
	Mineral	Orgânica	Mineral+orgânica	Mineral	Orgânica	Mineral+orgânica
Fósforo (Mehlich-1) (mg dm <sup>-3</sup> )						
0,0-0,10	20,6 aB	35,7 aA	33,7 aA	15,8 aB	23,7 aA	24,2 aA
0,10-0,20	12,7 bA	7,2 bA	10,7 bA	7,5 bA	5,3 bA	6,5 bA
0,20-0,40	2,4 cA	2,0 cA	2,4 cA	2,4 cA	2,1 cA	2,5 cA
Média		14,5 A			10,1 A	
CV (%)			30,87			
Potássio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )						
0,0-0,10	2,18 aA	1,66 aA	2,25 bA	1,88 aA	2,44 aA	2,13 aA
0,10-0,20	0,31 bA	0,28 bA	0,43 bA	0,34 bA	0,28 bA	0,23 bA
0,20-0,40	0,18 bA	0,13 bA	0,19 bA	0,14 bA	0,11 bA	0,10 bA
Média		0,84 A			0,76 A	
CV (%)			21,42			
Cálcio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )						
0,0-0,10	3,6 bB	4,4 bA	4,7 bA	3,6 bB	4,5 bA	4,5 bA
0,10-0,20	4,4 aB	5,4 aA	5,6 aA	4,2 aB	4,9 aA	5,3 aA
0,20-0,40	3,6 bB	4,3 bA	4,3 bA	3,4 bB	4,2 bA	4,1 bA
Média		4,5 A			4,1 A	
CV (%)			13,61			
Magnésio (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )						
0,0-0,10	1,1 aB	1,8 aA	1,7 aA	1,1 aB	1,8 aA	1,9 aA
0,10-0,20	1,2 aB	2,0 aA	2,0 aA	1,2 aB	1,9 aA	2,1 aA
0,20-0,40	1,5 aA	1,6 bA	1,8 aA	1,5 aA	1,4 aA	1,9 aA
Média		1,6 A			1,7 A	
CV (%)			15,70			

<sup>1</sup> Sucessão: trigo/milho/trigo/soja. Rotação: aveia preta+ervilhaca peluda + nabo forrageiro/milho/trigo/mucuna cinza+brachiaria+crotalária juncea. Média seguida da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha para cada atributo, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

de adubação influenciaram o teor de P na camada superficial de 0,0-0,10 m (Tabela 5). Os maiores teores de P, na camada de 0,0-0,10 m, foram obtidos com a aplicação da adubação orgânica e mineral+orgânica. Este fato é uma decorrência da liberação gradual deste elemento das fontes orgânicas (esterco animal), deixando-o menos sujeito à reação de adsorção no solo. Segundo Severino et al. (2004), se o P for imediatamente disponibilizado no solo, como ocorre com os fertilizantes químicos, este pode ser adsorvido ao solo, o que diminui sua disponibilidade.

Os maiores teores de P no solo foram encontrados na camada de 0,0-0,10 m de profundidade, e decresceram com a profundidade amostrada. Os valores que na camada de 0,0-0,10 m variaram de 15 a 35 mg dm<sup>-3</sup> de P, passaram para valores abaixo de 3 mg dm<sup>-3</sup> de P na camada de 0,20-0,40 m. Esse fato é atribuído à não incorporação dos fertilizantes no sistema plantio direto e à grande capacidade de adsorção de P dos

solos ricos em óxidos de ferro e alumínio. Resultados semelhantes foram obtidos por Santos & Tomm (2003) e Santos et al. (2003), os quais verificaram, após oito anos, que em todos os sistemas de culturas, os teores de P decresceram em profundidade.

Os diferentes sistemas de culturas e fontes de adubação não influenciaram significativamente os teores de potássio no solo (Tabela 5).

Em profundidade, o K apresentou comportamento muito semelhante ao P. A maior concentração de K na camada superficial de 0,0-0,10 m de profundidade ficou evidente. Santos & Tomm (2003) observaram que os teores de K encontrados no sistema de plantio direto tiveram seus maiores valores na camada de 0,0-0,05 m de profundidade quando comparados ao sistema convencional.

Segundo Salton & Hernani (1994) a maior concentração de K na superfície do solo, pode estar relacionada com a atuação

**Tabela 6.** Soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V%) de um Latossolo Vermelho, nas camadas de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade, após dois anos, afetado por sistemas de culturas e fonte de adubação. Marechal Cândido Rondon, PR, 2006/08

**Table 6.** Sum of bases (S), cation exchange capacity (CEC) and base saturation (V%) of Rhodic Hapludox at 0.0-0.10; 0.10-0.20; and 0.20-0.40 m in depth, after two years, affected by crop systems and fertilization source. Marechal Cândido Rondon, Parana, Brazil, 2006/08

Camada (m)	Sistemas de culturas <sup>1</sup>					
	Sucessão			Rotação		
	Mineral	Orgânica	Mineral+orgânica	Mineral	Orgânica	Mineral+orgânica
Soma de bases (B) (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )						
0,0-0,10	5,9 aB	7,5 aA	8,6 aA	6,9 aB	8,4 aA	8,4 aA
0,10-0,20	6,4 aB	7,7 aA	8,0 aA	6,3 aA	7,0 aA	7,7 aA
0,20-0,40	5,3 aA	6,1 bA	6,3 bA	5,1 bA	5,6 bA	6,1 bA
Média		6,5 A			6,6 A	
CV (%)	15,35					
Capacidade de troca catiônica (CTC) (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )						
0,0-0,10	14,8 aA	14,3 aA	13,8 aA	14,5 aA	14,1 aA	13,7 aA
0,10-0,20	14,2 aA	13,9 aA	13,7 aA	13,7 aA	14,4 aA	13,3 aA
0,20-0,40	10,9 bA	12,6 bA	11,5 aA	11,4 bA	10,9 bA	12,4 aA
Média		13,0 A			12,9 A	
CV (%)	10,36					
Saturação por bases (V%)						
0,0-0,10	40 aB	49 aB	62 aA	48 aA	56 aA	61 aA
0,10-0,20	45 aA	52 aA	58 aA	46 aA	49 aA	58 aA
0,20-0,40	48 aA	44 aA	54 aA	45 aA	47 aA	48 aA
Média		50 A			51 A	
CV (%)	9,45					

<sup>1</sup> Sucessão: trigo/milho/trigo/soja. Rotação: aveia preta+ervilhaca peluda + nabo forrageiro/milho/trigo/mucuna cinza+brachiaria+crotalaria juncea. Média seguida da mesma letra, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha para cada atributo, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

do sistema radicular das culturas de cobertura do solo, que promove ciclagem deste elemento no solo, com o retorno das folhas e restos culturais à superfície.

Os teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> foram afetados pelas fontes de adubação (Tabela 5). As adubações orgânica e mineral+orgânica proporcionaram aumentos significativos nos teores de Ca e Mg no solo. Tal evidência foi atribuída à presença destes elementos nas fontes orgânicas aplicadas e o não fornecimento deles pela adubação mineral. Silva et al. (2008) também encontraram aumentos nos teores de Ca e de Mg no solo, com a aplicação de esterco bovino.

Comparando as camadas de 0,0-0,10 e 0,10-0,20 m, verifica-se que os teores de Ca<sup>2+</sup> são mais elevados para a segunda camada (Tabela 5). A explicação para esta mobilização de Ca no perfil do solo pode ser atribuída à presença de resíduos orgânicos na superfície do solo. A movimentação desse cátion é atribuída à formação de complexos com ligantes orgânicos originados dos resíduos vegetais presentes na superfície do solo. Tais complexos apresentam cargas negativas ou nulas, e como o complexo de troca do solo possui predominantemente cargas negativas, a retenção dessas moléculas é baixa (Pavan & Miyazawa, 1998; Ziglio et al., 1999). Este processo também ocorre para o Mg, mas, neste caso, ficou evidente apenas para o Ca. Outro ponto importante

a ser destacado é que este comportamento, para o Ca, não foi verificado na amostragem realizada antes da implantação do experimento (Tabela 1).

Kingery et al. (1994), trabalhando com esterco de aves em solos arenosos, constataram aumento dos teores de Ca até uma profundidade de 1,40 m, mostrando a mobilidade deste elemento no perfil do solo. No mesmo trabalho, constatou-se incremento dos níveis de Mg até a profundidade de 2,90 m, sendo o efeito mais pronunciado nos primeiros 0,15 m de profundidade, confirmando assim a maior mobilidade do Mg em relação ao Ca. Esses acréscimos nos teores de Ca e Mg em profundidade também foram verificados por Franchini et al. (1999), trabalhando com resíduos vegetais, e Anjos & Mattiazzo (2000), com lodo de esgoto. Possivelmente, a menor lixiviação desses cátions neste estudo deve-se ao alto poder-tampão do solo, cuja textura é muito argilosa e possui elevados teores de matéria orgânica (Tabela 4).

A mobilidade do Ca e do Mg, em profundidade, favorece o desenvolvimento radicular das plantas (Stone & Silveira, 2001), permitindo maior capacidade de absorção de água e nutrientes do solo (Pavan, 1999), tendo como consequência maior resistência a condições climáticas adversas e melhor aproveitamento dos nutrientes.



Os valores da soma de bases, capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases nas camadas de 0,0-0,10, 0,10-0,20 e 0,20-0,40 m de profundidade são apresentados na Tabela 6.

A soma de bases foi influenciada significativamente pelas fontes de adubação (Tabela 6). Verifica-se que a soma de bases apresentou comportamento muito semelhante aos teores de Ca e Mg no solo, seus principais componentes.

A CTC do solo não foi afetada pelos sistemas de culturas e fontes de adubação (Tabela 6). Resultados contrários foram observados em outros estudos. Testa et al. (1992), após cinco anos, observaram que nos sistemas com maior produção de matéria seca (milho/guandu e milho/lab-lab), ocorreu aumento da CTC do solo na camada superficial de 0,0-0,05 m. De modo similar, Bayer & Mielniczuk (1997) verificaram aumentos na CTC, à medida que se elevou a quantidade de resíduos vegetais produzidos pelos sistemas de culturas. Contudo, os autores relataram que este aumento se restringiu às camadas superficiais.

A saturação por bases foi afetada apenas pelas fontes de adubação na camada superficial de 0,0-0,10 m (Tabela 6). Os menores valores de saturação por bases foram observados com a aplicação mineral e orgânica. Contudo, as camadas inferiores não foram afetadas pelas diferentes fontes de adubação. Schjonning et al. (1994) constataram diminuição da saturação por bases na camada de 0,0-0,20 m pelo uso de esterco, em razão do acréscimo da acidez potencial.

De forma geral, a melhoria da fertilidade do solo, quando a análise realizada antes da instalação do experimento foi comparada com os resultados obtidos após a colheita, foi devida, principalmente, ao efeito das plantas de cobertura e do uso de esterco animal (adubação orgânica e mineral+orgânica).

## CONCLUSÕES

Os sistemas de sucessão e rotação, associados à aplicação de diferentes fontes de adubação, não afetaram o pH, o potássio trocável ( $K^+$ ) e a capacidade de troca de cátions (CTC), influenciando, por outro lado, a matéria orgânica (MO), acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ), alumínio trocável ( $Al^{3+}$ ), cálcio ( $Ca^{2+}$ ), magnésio ( $Mg^{2+}$ ), soma de bases e saturação de bases (V%).

As adubações orgânica e mineral+orgânica, com esterco animal, destacaram-se no aumento dos teores de cálcio e magnésio no solo.

## LITERATURA CITADA

- Amado, T.J.C. Manejo da palha, dinâmica da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes em plantio direto. In: Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha, 2000, Foz do Iguaçu. Resumos... Foz do Iguaçu: FEBRAPDP, 2000. p.105-111.
- Anjos, A.R.M.; Mattiazzi, M.E. Lixiviação de íons inorgânicos em solos repetidamente tratados com bio sólido. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.24, n.4, p.927-938, 2000.
- Bayer, C.; Mielniczuk, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.21, n.1, p.105-112, 1997.
- Burin, A. Desenvolvimento do sorgo grânifero (*Sorghum bicolor*) e do feijão (*Phaseolus vulgaris*) em resposta a diferente adubação (orgânica e mineral). Marechal Cândido Rondon: Universidade do Oeste do Paraná, 2002. 61p. Trabalho Conclusão de Curso (Agronomia).
- Caires, E.F.; Barth, G.; Garbui, F.J.; Kusman, M.T. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.26, n.4, p.1011-1022, 2002.
- Cavaleri, K.M.V.; Tormena, C.A.; Vidigal Filho, P.S.; Gonçalves, A.C.A.; Costa, A.C.S. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.30, n.1, p.137-147, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832006000100014>
- Ciotta, M.N.; Bayer, C.; Ernani, P.R.; Fontoura, S.M.V.; Albuquerque; Wobeto, C. Acidificação de um latossolo sob plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.26, n.4, p.1055-1064, 2002.
- Darolt, M.R. Princípios para implantação e manutenção do sistema. In: Darolt, M.R. (Ed.). Plantio direto: pequena propriedade sustentável. Londrina: IAPAR, 1998. p.16-45. (Circular, 101).
- Denardin, J.E.; Kochhann, R.A. Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1993. p.19-27.
- Ernani, P.R.; Gianello, C. Diminuição do alumínio trocável do solo pela incorporação de esterco de bovinos e camas de aviário. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.7, n.2, p.161-165, 1983.
- Franchini, J.C.; Malavolta, E.; Miyazawa, M.; Pavan, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.23, n.3, p.533-542, 1999.
- Grove, J.H. The development and control of surface soil acidity under conservation tillage. Journal of Fertilized Issues, v.3, n.2, p.52-61, 1986.
- Hue, N.V. Correcting soil acidity of highly weathered ultisol with chicken manure and sewage sludge. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v.23, n.3-4, p. 241-264, 1992. <http://dx.doi.org/10.1080/00103629209368586>
- Iyamuremye, F.; Dick, R.P.; Baham, J. Organic amendments and phosphorus dynamics: I. Phosphorus chemistry and sorption. Soil Science, v.161, n.7, p.426-435, 1996. <http://dx.doi.org/10.1097/00010694-199607000-00002>
- Kingery, W.L.; Wood, C.W.; Delaney, D.P.; Williams, J.C.; Mullins, G.L. Impact of long-term land application of broiler litter on environmentally related soil properties. Journal of Environment Quality, v.23, n.1, p.139-147, 1994. <http://dx.doi.org/10.2134/jeq1994.00472425002300010022x>
- Loss, A.; Pereira, M.G.; Teixeira, M.B.; Lima, F.M.; Oliveira, A.B.; Cru, R.B. Frações orgânicas do solo em áreas sob manejo agroecológico em Capivari, Duque de Caxias, RJ. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.4, n.3, p.245-251,

2009. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v4i3a2>
- Marchi, E.C.S.; Alvarenga, M.A.R.; Marchi, G.; Silva, C.A.; Souza Filho, J.L. Efeito da adubação orgânica sobre as frações de carbono de solos cultivados com alface americana. *Ciência e Agrotecnologia*, v.32, n.6, p.1760-1766, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000600013>
- 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, n.3, p.471-477, 1993.
- Moura, P.M.; Stamford, N.P.; Santos, C.E.R.S.; Duenhas, L.H.; Glauber, H.S.N. Eficiência de biofertilizantes de rochas com *Acidithiobacillus* em melão no vale do São Francisco. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.2, n.1, p.1-7, 2007.
- Muzilli, O.; Borges, G.O.; Miranda, M. Síntese das questões de como viabilizar a sustentabilidade da agricultura tendo o plantio direto como carro chefe. In: Peixoto, R.T.G.; Ahrens, D.C.; Samaha, M.J. (Eds.). *Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável*. Ponta Grossa: IAPAR, 1997. p.48-50.
- Oliveira, F.H.T.; Novais, R.F.; Alvarez, V.V.H.; Cantarutti, R.B.; Barros, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: Alvarez, V.V.H.; Barros, N.F.; Costa, L.M.; Mello, J.W.V.; Schaefer, C.E.G.R. (Eds.). *Tópicos em ciência do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. v. 2, p.393-486, 2002.
- Pavan, M.A. Mobilização orgânica do calcário no solo através de adubo verde. In: Pauletti, V.; Segnfredo, R. (Eds.). *Plantio direto: Atualizações tecnológicas*. Campinas: Fundação Cargill, 1999. p.45-52.
- Pavan, M.A.; Bloch, M.; Zempulski, H.D.; Miyazawa, M.; Zocoler, D. Manual de análises químicas de solo e controle de qualidade. Londrina: IAPAR, 1992. 32p. (Circular, 76).
- Pavan, M.A.; Miyazawa, M. Mobilidade de calcário no solo através de resíduo de aveia. In: Reunião Brasileira de Aveia, 18., Londrina. Anais... Londrina: IAPAR, 1998. p. 72-78.
- Pillon, C.N.; Scivittaro, W.B.; Potes, M.L.P.; Moraes, C.S.; Michels, G.H.; Pereira, J.S. Acúmulo de carbono orgânico por sistemas de cultura sob plantio direto em terras baixas. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v.2, n.1, p.1040-1043, 2007.
- Raij, B.van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991. 343p.
- Salton, J.C.; Hernani, L.C. Cultivos de primavera: alternativa para a produção de palha no Mato Grosso do Sul. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 10, 1994, Florianópolis. Resumos... Florianópolis: SBCS, 1994. p.248-149.
- Santos, H.P.; Fontaneli, R.S.; Tømm, G.O.; Spera, S.T. Efeito de sistemas de produção mistos sob plantio direto sobre fertilidade do solo após oito anos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.3, p.545-552, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000300016>.
- Santos, H.P.; Tømm, G.O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. *Ciência Rural*, v.33, n.3, p.477-486, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782003000300013>
- Schjonning, P.; Christensen, B.T.; Carstensen, B. Physical and chemical properties of a sandy loam receiving animal manure, mineral fertilizer or no fertilizer for 90 years. *European Journal of Soil Science*, v.45, n.3, p.257-268, 1994. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2389.1994.tb00508.x>
- Severino, L.S.; Costa, F.X.; Beltrão, N.E.; Lucena, M.A.; Guimarães, M.M.B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v.5, n.1, 2004. <http://eduep.uepb.edu.br/rbct/sumarios/pdf/esterco.pdf>
- Silva, C.J. Produtividade de milho em Latossolo Vermelho eutroférrico em resposta a adubação orgânica e mineral. Marechal Cândido Rondon: Universidade do Oeste do Paraná, 1999. 47p. Trabalho Conclusão de Curso (Agronomia).
- Silva, J.C.P.M.; Motta, A.C.V.; Pauletti, V.; Favaretto, N.; Barcellos, M.; Oliveira, A.S.; Veloso, C.M.; Silva, L.V.C. Esterco líquido de bovinos leiteiros combinado com adubação mineral sobre atributos químicos de um latossolo bruno. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.6, p.2563-2572, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832008000600033>
- Silva, M.L.N.; Curi, N.; Blancaneaux, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, n.12, p.2485-2492, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2000001200019>
- Souto, P.C.; Souto, J.S.; Santos, R.V.; Araújo, G.T.; Souto, L.S. Decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.1, p.125-130, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832005000100014>
- Stamford, N.P.; Santos, C.E.R.S.; Santos, P.R.; Santos, K.S.R.; Montenegro, A. Effects of rock phosphate, sulphur with and without *Acidithiobacillus* and organic by-products on mimosa (*Mimosa caesalpiniiifolia*) grown in a Brazilian tableland soil. *Tropical Grasslands*, v.39, n.1, p.54-61, 2005.
- Stone, L.F.; Silveira, P.M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, n.2, p. 395-401, 2001.
- Testa, V.M.; Teixeira, L.A.J.; Mielniczuk, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.16, n.1, p.107-114, 1992.
- Whalen, J.K.; Chang, C.; Clayton, G.W.; Carefoot, J.P. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. *Soil Science Society of America Journal*, v.64, n.3, p.962-966, 2000. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2000.643962x>
- Xavier, F.A.S.; Maia, S.M.F.; Oliveira, T.S.; Mendonça, E.S. Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba - CE. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, n.2, p.247-258, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832006000200006>
- Ziglio, C.M.; Miyazawa, M.; Pavan, M.A. Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.42, n.2, p.257-262, 1999. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89131999000200016>