



Atributos químicos de um Latossolo submetido a métodos de preparo e níveis de adubação por 23 anos⁽¹⁾

Letícia de Pierri⁽²⁾; Volnei Pauletti⁽³⁾; Antônio Carlos Vargas Motta⁽⁴⁾; Gabriel Barth⁽⁵⁾; Thiago Ranzan⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Parte do trabalho de dissertação da primeira autora, financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES);

⁽²⁾ Mestre em Ciência do Solo; Universidade Federal do Paraná (UFPR); Curitiba, Paraná; leticiapietri_agro@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor Doutor; UFPR; vpauletti@ufpr.br; ⁽⁴⁾ Professor Doutor; UFPR; mottaufpr@gmail.com; ⁽⁵⁾ Doutor; Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária; gabrielbarth@fundacaoabc.org.br; ⁽⁶⁾ Doutorando em Ciência do Solo; UFPR; thiagoranzan@gmail.com.

RESUMO: Diferentes sistemas de manejo do solo, incluindo métodos de preparo e estratégias de adubação, podem modificar os atributos químicos do solo em longo prazo. O objetivo do trabalho foi avaliar as alterações nos atributos químicos de um Latossolo submetido a métodos de preparo e níveis de adubação após 23 anos de manejo. Um experimento foi implantado em Ponta Grossa (PR) no ano de 1989, onde quatro métodos de preparo do solo (preparo convencional, PC; preparo mínimo, PM; plantio direto, PD; e plantio direto com escarificação, PDE), combinados com dois níveis de adubação (normal e reduzido), foram avaliados. No ano de 2012 foram determinados os atributos químicos do solo nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Os sistemas de preparo proporcionaram poucas modificações dos atributos químicos do solo após 23 anos, porém no PD, houve aumento da fração disponível de P e os métodos conservacionistas promoveram acúmulo de MO em relação ao PC, na camada 0-10 cm. A restrição de adubação reduziu os teores de P disponível e de K⁺ trocável e a condição geral de melhor fertilidade do solo ocorre nos métodos com nenhum (PD) ou com pouco (PDE) revolvimento, com manejo adequado da adubação.

Termos de indexação: Plantio direto. Reserva de nutrientes. Fertilização.

INTRODUÇÃO

Devido aos benefícios contra a erosão, os métodos conservacionistas de preparo do solo vêm sendo cada vez mais adotados nos solos agricultáveis do mundo (Derpsch et al., 2010).

O plantio direto (PD) altera as características químicas, físicas e biológicas do solo (Derpsch et al., 2010; Deubel et al., 2011), em função do não revolvimento da camada arável, que permite a decomposição mais gradual da matéria orgânica (MO). Além disso, é notadamente conhecido que o PD promove uma estratificação dos nutrientes (Pauletti et al., 2005), o que resulta no acúmulo

dos elementos nas camadas superficiais do solo (Pauletti et al., 2009; Deubel et al., 2011).

Contudo, os efeitos dos métodos conservacionistas de preparo sobre os atributos químicos do solo podem necessitar de longo prazo para serem observados e, portanto, experimentos de curto prazo podem não ser eficientes em detectá-los (Pauletti et al., 2005).

A fertilização é uma das práticas mais importantes na produção agrícola por sua influência na disponibilidade imediata de nutrientes às plantas (Liu et al., 2006). O fósforo (P), por ser um dos elementos mais limitantes ao desenvolvimento vegetal (Wang et al., 2014), representa, juntamente com o potássio (K), importante parcela dos fertilizantes solúveis aplicados na agricultura, e pode ter sua dinâmica alterada pelos métodos de preparo do solo (Deubel et al., 2011).

O objetivo do trabalho foi avaliar as alterações nos atributos químicos de um Latossolo submetido a métodos de preparo e níveis de adubação após 23 anos de manejo.

MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento de longa duração foi implantado no município de Ponta Grossa (PR) em 1989 (coordenadas 25°00'53"S e 50°09'07"O), sob um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico de textura argiloarenosa (450 g kg⁻¹ argila, 450 g kg⁻¹ areia e 100 g kg⁻¹ silte), com relevo suave ondulado e clima subtropical úmido (Cfb), segundo Köppen.

Os tratamentos foram organizados em esquema *split-block* sob delineamento de blocos ao acaso com três repetições, em parcelas de 104,12 m². Os tratamentos consistem na combinação de quatro métodos de preparo do solo (preparo convencional, com uma aração e duas gradagens leves – PC; preparo mínimo, com uma gradagem média e uma gradagem leve – PM; plantio direto, com semeadura sem preparo de solo – PD; e plantio direto com escarificação realizada no inverno a cada três anos – PDE) e dois níveis de adubação (nível normal, com



fertilização baseada na recomendação de pesquisa local; e nível reduzido, somente com adubação nitrogenada de cobertura nas culturas de milho, trigo e aveia branca).

No início do experimento, houve a aplicação de 304,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Yookarin) e de 162 kg ha⁻¹ de K₂O (KCl), incorporados até 30 cm, em todas as parcelas do experimento. A calagem também foi realizada igualmente em todos os tratamentos, nos anos de 1989 (7,3 Mg ha⁻¹), 1992 e 1994 (2,0 Mg ha⁻¹ em cada ano). No ano de 1989 o calcário foi incorporado a 30 cm de profundidade e nos demais anos, a calagem foi realizada antes do preparo do solo (nos tratamentos com revolvimento houve incorporação do calcário e nas parcelas sem revolvimento a calagem foi realizada em superfície). A adubação e o sistema de rotação de culturas realizados ao longo do experimento podem ser consultados em Pierri (2014).

No ano de 2012 foram realizadas amostragens de solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm, utilizando-se trado calador, com 15 sub-amostras por parcela para compor a amostra composta. Posteriormente, as amostras foram secas, tamisadas e analisadas quanto aos parâmetros de pH (CaCl₂), H⁺+Al³⁺, Al³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ trocável, P-resina, e MO (Raij et al. (2001).

Procedeu-se o teste de Bartlett para verificar a homogeneidade das variâncias (p>0,05). Os resultados foram submetidos à análise de variância dentro de cada profundidade e, quando encontrada significância, procedeu-se a comparação das médias pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas através do software estatístico R[®], versão 2.15.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar do longo tempo de adoção, não houve influência isolada do fator método de preparo do solo sobre os atributos químicos até 30 cm de profundidade (Tabela 1), havendo maior influência dos níveis de adubação, quase que restritamente na camada 0-10 cm. Porém, houve interação significativa entre os métodos de preparo e os níveis de adubação para os atributos Mg²⁺, P-resina e MO na profundidade de 0-10 cm (Tabela 2).

Alguns trabalhos têm apontado que modificações na fertilidade do solo em decorrência dos sistemas de preparo (Pauletti et al., 2005) e aplicação de fertilizantes (Pauletti et al., 2009) podem levar longos períodos para serem detectados. Dentro dessa visão, mesmo após 23 anos, não foram observadas modificações drásticas nos atributos avaliados (Tabela 1). É necessário, no entanto, considerar a

amostragem de solo realizada no presente trabalho. Apesar de não haver uma recomendação definitiva quanto à camada de amostragem em métodos conservacionistas, a avaliação dos 5 cm mais superficiais poderia ter sido eficaz na visualização dos efeitos (Blevins et al., 1983; Deubel et al., 2011).

Observou-se efeito significativo dos níveis de adubação sobre o pH do solo até a profundidade de 20 cm, sendo este sempre superior no nível reduzido. A adubação nitrogenada é considerada fonte primária de acidificação do solo, devido ao processo de nitrificação (Blevins et al., 1983). Isso pode explicar o resultado observado, já que o nível normal de adubação recebe uma quantidade maior de N durante a fertilização de semeadura. Contudo, a maior contribuição para o processo de acidificação do solo, neste caso, pode ser atribuída à maior exportação de cátions básicos pela colheita no nível normal de adubação. Como a calagem foi realizada igualmente em todas as parcelas do experimento, em condição adequada de suprimento de nutrientes, as plantas produzem mais e, conseqüentemente, exportam mais bases do solo. Apesar da não significância estatística, os menores teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ foram encontrados sempre no nível normal, em todas as profundidades do solo (Tabelas 1 e 2).

Os componentes da acidez (H⁺+Al³⁺, H⁺ e Al³⁺) foram significativamente maiores no nível normal de adubação, na camada superficial do solo (Tabela 1). Contudo, é importante destacar que, de uma maneira geral, quanto ao pH do solo e aos níveis de Ca²⁺ e Mg²⁺, não há limitação severa ao crescimento das culturas em qualquer dos métodos de preparo e níveis de adubação.

Observou-se, no nível reduzido, maiores teores de MO nos métodos sem (PD) ou com pouco revolvimento (PDE e PM) na camada superficial do solo. O acúmulo de MO em superfície em sistemas conservacionistas de solo é relatado em diversos trabalhos (Liu et al., 2006; Derpsch et al., 2010), fato que também está relacionado à menor velocidade de decomposição nesses sistemas em comparação aos preparos com revolvimento do solo.

A adubação potássica reduziu o K trocável do solo até a profundidade de 30 cm (Tabela 1). Este resultado indica a alta mobilidade do elemento em comparação a outros cátions (Fontoura et al., 2011), e ocorreu devido ao aumento da concentração de K⁺ na solução em função da adição anual de fertilizantes potássicos, o que pode ter favorecido o deslocamento vertical do nutriente com o fluxo descendente de água (Flora et al., 2007). Contudo, não houve influência dos métodos de preparo sobre os teores de K do solo. Segundo Silveira & Stone (2001), em relação ao K, as pesquisas são divergentes no que tange à influência do preparo do solo, já que este



elemento é bastante afetado pelo tipo de solo (textura e mineral de argila), regime de drenagem e quantidade adicionada pela adubação.

Os maiores teores de P-resina são observados na camada de 0-10 cm (Tabela 2). A concentração de nutrientes na camada superficial do solo em sistemas sem revolvimento, especialmente em relação ao P, é amplamente relatada e discutida na literatura (Silveira & Stone, 2001; Pauletti et al., 2009), o que pode ser atribuído à baixa mobilidade desse elemento no solo e à aplicação superficial dos fertilizantes, sem incorporação ou incorporado a no máximo 10 cm de profundidade na linha de semeadura. Nesta camada de solo, no nível normal de adubação, o PD proporcionou os maiores teores de P-resina (Tabela 2), não diferindo dos demais métodos de preparo nas camadas mais profundas (Tabela 1).

Após 23 anos sem a aplicação de P ao solo, o teor disponível deste nutriente na camada superficial foi reduzido para 18, 33, 34 e 22 % dos teores observados no nível normal de adubação, para os sistemas PD, PC, PM e PDE, respectivamente (Tabela 2), havendo influência da adubação até a profundidade de 20 cm (Tabela 1). Percebe-se que quanto maior o nível de revolvimento do solo, menor é a redução percentual em relação ao nível normal de adubação. No entanto, o teor de P disponível na camada superficial das parcelas adubadas no PD é 2,7 vezes maior que no PC (Tabela 2). Este efeito se deve principalmente ao maior contato deste nutriente com os sítios de adsorção (Wang et al., 2014) proporcionado pelo revolvimento (uma vez que não ocorre perdas por erosão devido ao relevo suave ondulado do local do ensaio) e também pela contribuição da MO na camada superficial nos sistemas PD e PDE, que podem aumentar a disponibilidade de P devido à diminuição da adsorção desse elemento nos minerais (Deubel et al., 2011).

CONCLUSÕES

A adoção de diferentes sistemas de preparo por 23 anos proporcionam poucas modificações nos atributos químicos do solo, considerando uma amostragem de 0-10 cm.

O PD aumenta a disponibilidade de P do solo e os métodos conservacionistas proporcionam maiores teores de MO na camada superficial do solo.

A restrição da adubação por 23 anos reduz o K trocável até 30 cm de profundidade e o P disponível até 20 cm de profundidade.

A condição geral de melhor fertilidade ocorre nos métodos conservacionistas de preparo do solo com manejo adequado de adubação.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à Fundação ABC para Assistência e Divulgação Técnica Agropecuária pela parceria e à CAPES pela bolsa de estudos à primeira autora.

REFERÊNCIAS

BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; SMITH, M.S.; FRYE, W.W. & CORNELIUS, P.L. Changes in soil properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn. *Soil & Tillage Research*, 3:135-146, 1983.

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T.; KASSAM, A. & HONGWEN, L. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 3:1-26, 2010.

DEUBEL, A.; HOFMANN, B. & ORZESSEK, D. Long-term effects of tillage on stratification and plant availability of phosphate and potassium in a loess chernozem. *Soil & Tillage Research*, 117:85-92, 2011.

FLORA, L.P.D.; ERNANI, P.R. & CASSOL, P.C. Mobilidade de cátions e correção da acidez de um cambissolo em função da aplicação superficial de calcário combinado com sais de potássio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31 :1591-1598, 2007.

FONTOURA, S.M.V.; VIEIRA, R.C.B.; BAYER, C. & MORAES, R.P. Camada diagnóstica e critérios de manejo da fertilidade de solos em plantio direto na região Centro-Sul do Paraná. 1. Ed. Guarapuava, Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2011. 64p.

LIU, X.; HERBERT, S.J.; HASHEMI, A.M.; ZHANG, X. & DING, G. Effects of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation – a review. *Plant, Soil and Environmental*, 52:531-543, 2006.

PAULETTI, V.; LIMA, M.R.; BARCIK, C. & BITTENCOURT, A. Evolução nos atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes métodos de preparo do solo. *Scientia Agraria*, 6:9-14, 2005.

PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V.; SERRAT, B.M.; FAVARETTO, N. & ANJOS, A. Atributos químicos de um Latossolo Bruno sob sistema plantio direto em função da estratégia de adubação e do método de amostragem de solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33:581-590, 2009.

PIERRI, L. Energia da biomassa residual de aveia branca e soja em resposta ao sistema de preparo do solo e níveis de adubação [Dissertação]. Curitiba: Paraná; 2014.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. Análise química do solo para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 285 p.



SILVEIRA, P.M. & STONE, L.F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistema de preparo do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 25:387-394, 2001.

WANG, E.; BELL, M.; LUO, Z.; MOODY, P. & PROBERT, M.E. Modelling crop response to phosphorus inputs and phosphorus use efficiency in a crop rotation. Field Crops Research, 155:120-132, 2014.

Tabela 1. Atributos químicos nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm de um Latossolo submetido a quatro métodos de preparo (plantio direto, PD; preparo convencional, PC; preparo mínimo, PM; e plantio direto escarificado, PDE) e dois níveis de adubação (normal e reduzido), após vinte e três anos de manejo (média de três repetições). Valores seguidos de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente (Tukey; $p < 0,05$); ns: não significativo; traços indicam interação entre os fatores.

	pH ⁽¹⁾		H+Al ³⁺		H ⁺		Al ³⁺		Ca ²⁺		Mg ²⁺		K ⁺		P ⁽²⁾		MO ⁽³⁾	
	----- cmol _c dm ⁻³ -----																	
	----- mg kg ⁻¹ -----												g dm ⁻³					
0-10 cm																		
PD*	5,3	ns	3,7	ns	3,7	ns	0,07	ns	2,6	ns	-	-	91,2	ns	-	-	-	-
PC	5,0		3,5		3,4		0,07		1,7		-	-	117,3		-	-	-	-
PM	5,0		3,5		3,4		0,08		1,6		-	-	104,3		-	-	-	-
PDE	5,0		3,5		3,4		0,07		1,5		-	-	114,0		-	-	-	-
normal**	4,8	b	4,2	a	4,1	a	0,12	ns	1,4	ns	-	-	163,6	a	-	-	-	-
reduzido	5,3	a	2,9	b	2,9	b	0,03		2,3		-	-	49,8	b	-	-	-	-
10-20 cm																		
PD*	5,4	ns	2,6	ns	2,5	ns	0,04	ns	2,6	ns	1,4	ns	65,8	ns	15,5	ns	25,0	ns
PC	5,2		2,8		2,8		0,03		2,5		1,1		67,1		10,7		26,5	
PM	5,2		2,8		2,8		0,03		2,0		1,1		63,2		8,7		23,5	
PDE	5,2		2,9		2,8		0,07		2,4		1,1		67,8		10,3		25,0	
normal**	5,0	b	3,3	ns	3,2	ns	0,09	ns	1,7	ns	0,9	ns	105,9	a	17,9	a	23,8	ns
reduzido	5,5	a	2,3		2,3		0,00		3,1		1,5		26,1	b	4,7	b	26,2	
20-30 cm																		
PD*	5,6	ns	2,4	ns	2,3	ns	0,03	ns	2,1	ns	1,2	ns	53,4	ns	6,7	ns	18,0	ns
PC	5,3		2,3		2,2		0,04		1,7		1,0		54,7		4,7		16,5	
PM	5,3		2,4		2,4		0,02		2,1		1,0		45,6		4,7		18,5	
PDE	5,3		2,5		2,5		0,02		2,1		1,0		52,1		4,8		19,8	
normal**	5,2	ns	2,7	ns	2,7	ns	0,05	ns	1,7	ns	0,9	ns	83,4	a	6,9	ns	16,8	ns
reduzido	5,6		2,1		2,1		0,00		2,3		1,3		19,6	b	3,5		19,6	

⁽¹⁾pH em CaCl₂; ⁽²⁾P = fósforo extraído por resina; ⁽³⁾MO = matéria orgânica; *valores médios dos dois níveis de adubação; **valores médios dos quatro métodos de preparo do solo.

Tabela 2. Desdobramento da interação entre os fatores para os atributos químicos (0-10 cm) de um Latossolo submetido a quatro métodos de preparo (plantio direto, PD; preparo convencional, PC; preparo mínimo, PM; e plantio direto escarificado, PDE) e dois níveis de adubação (normal e reduzido), após vinte e três anos de manejo (média de três repetições). Valores seguidos de letras minúsculas (na linha) e maiúsculas (na coluna), para cada atributo, diferem estatisticamente (Tukey; $p < 0,05$).

	Mg ²⁺				P ⁽¹⁾				MO ⁽²⁾							
	----- cmol _c dm ⁻³ -----								----- mg kg ⁻¹ -----				----- g dm ⁻³ -----			
	normal		reduzido		normal		reduzido		normal		reduzido		normal		reduzido	
PD	0,6	Ab	1,7	Aa	38,6	Aa	7,1	Ab	30,7	Ab	36,7	Aa				
PC	0,8	Aa	1,1	Aa	14,2	Ba	4,8	Ab	31,3	Aa	27,0	Ba				
PM	0,7	Ab	1,3	Aa	15,9	Ba	5,5	Ab	32,0	Aa	34,3	ABa				
PDE	0,8	Aa	1,3	Aa	22,5	Ba	4,9	Ab	33,7	Aa	34,7	Aa				

⁽¹⁾P = fósforo extraído por resina; ⁽²⁾MO = matéria orgânica.