



## Atributos físicos do solo e produtividade do milho sob sistemas de manejo e adubações

Mônica S. S. de M. Costa<sup>1</sup>, Laércio A. Pivetta<sup>2</sup>, Luiz A. de M. Costa<sup>1</sup>,  
Laerte G. Pivetta<sup>2</sup>, Gustavo Castoldi<sup>2</sup> & Fábio Steiner<sup>2</sup>

### RESUMO

O sistema plantio direto (SPD) é uma técnica eficiente no controle da erosão do solo porém alguns estudos indicam a ocorrência de compactação, principalmente na camada superficial. Estratégias que elevem o teor de matéria orgânica, como a rotação de culturas e a adubação orgânica, podem ser utilizadas para resolver este problema. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de sistemas de manejo (rotação e sucessão de culturas) e adubações (mineral, orgânica e organomineral) sobre as propriedades físicas do solo e a produtividade do milho, de 2006 a 2008. As avaliações foram realizadas em fevereiro de 2007, após a colheita do milho de verão, e em setembro de 2008, após a colheita do milho safrinha. A rotação de culturas promoveu redução na densidade e resistência do solo à penetração e elevação na macroporosidade e porosidade total. O uso de fontes orgânicas de adubação não apresentou efeito sobre os atributos físicos do solo. Na safra de verão a produtividade do milho foi superior na sucessão de culturas e na adubação mineral; entretanto, na safrinha não houve diferença entre os sistemas de manejo nem entre as adubações.

**Palavras-chave:** compactação do solo, rotação de culturas, adubação orgânica

## Soil physical attributes and corn yield as affected by soil managements and fertilization

### ABSTRACT

No-tillage system is an efficient technique in control of soil erosion, when compared with conventional tillage, however, some studies indicate higher compaction under no-tillage, mainly in the surface layer. Strategies that increase the organic matter content, as crop rotation and organic fertilization, can be used to solve the soil compaction. The aim of this study was to evaluate the effect of soil managements (crop succession and crop rotation) and fertilization (organic, mineral and organic-mineral) in the physical properties of the soil, under no-tillage system, from 2006 to 2008. The evaluations were carried out in February 2007, after the summer corn harvest, and in September 2008, after the winter corn harvest. Crop rotation decreased the soil density and soil resistance to penetration and increased the macroporosity and total porosity. The use of organic sources of fertilization did not affect any of the physical attributes of soil. The yield of summer corn was highest in succession crop and mineral fertilization, however, in the winter, there was no difference between the soil managements and among the fertilizations.

**Key words:** soil compaction, rotation crops, organic fertilization

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – PGEAGRI/UNIOESTE, Rua Universitária, 2069, Jardim Universitário. C.P. 711. CEP 85819-110 Cascavel, PR. Fone: (45) 3220-3000. E-mail: [mssmc@ig.com.br](mailto:mssmc@ig.com.br); [lmendo@ig.com.br](mailto:lmendo@ig.com.br)

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Agricultura, FCA/UNESP, Fazenda Experimental Lageado, Rua José Barbosa de Barros, 1780. C.P. 237. CEP 18610-370, Botucatu, SP. Fone: (14) 3811-7211. E-mail: [laerciopivetta@fca.unesp.br](mailto:laerciopivetta@fca.unesp.br); [castoldi@fca.unesp.br](mailto:castoldi@fca.unesp.br); [lgpivetta@fca.unesp.br](mailto:lgpivetta@fca.unesp.br); [fsteiner@fca.unesp.br](mailto:fsteiner@fca.unesp.br)

## INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto (SPD) é uma técnica eficiente no controle da erosão do solo quando comparado com o sistema convencional (Bertol et al., 1997), porém alguns estudos indicam uma compactação maior no SPD, provocada pelo efeito cumulativo do tráfego de máquinas e acomodação natural das partículas sólidas (Klein & Boller, 1995), sobretudo na camada superficial.

Para preservar a qualidade do solo e eliminar a necessidade de mobilizações no SPD, é aconselhável o uso da rotação de culturas, a qual diminui a densidade e aumenta a porosidade, a condutividade hidráulica saturada e a estabilidade de agregados do solo (Genro Júnior et al., 2009). Albuquerque et al. (1995), observaram menor densidade do solo e maior porosidade total nos sistemas de rotação de culturas, comparados com os das sucessões.

Muzilli (2006), relata que é possível prevenir o problema da compactação no SPD com base na rotação de culturas com plantas de cobertura que possuam características de rusticidade e sistema radicular vigoroso. A melhoria nas propriedades do solo pela rotação de culturas também pode promover o aumento da produtividade das culturas. Genro Júnior et al. (2009), avaliaram rotações de cultura com guandu-anão, crotalária e aveia em comparação com a sucessão soja/trigo, durante três anos e encontraram maiores produtividades quando utilizada a crotalária.

Além da rotação de culturas outra forma de melhorar as propriedades físicas do solo é o uso de resíduos orgânicos como adubação, elevando o teor de matéria orgânica e melhorando a fertilidade e as características físicas do solo. A adubação com composto orgânico elevou os níveis de carbono orgânico do solo enquanto a adubação mineral reduziu o tamanho médio dos agregados, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, em experimento conduzido por Gomes et al. (2005).

Segundo Mosaddeghi et al. (2009), a adubação orgânica pode reduzir a vulnerabilidade do solo à erosão e à compactação, diminuir a densidade e a resistência do solo à penetração e elevar a capacidade de retenção de água. Edmeades (2003), em uma revisão sobre ensaios de adubação orgânica com longa duração (20-120 anos), concluiu que os adubos orgânicos elevam o conteúdo de carbono orgânico e a atividade microbiana, o que pode levar à melhoria nas propriedades físicas do solo.

Objetivou-se, com o experimento, avaliar o efeito de dois sistemas de manejo (rotação e sucessão de culturas) e três adubações (mineral, orgânica e organomineral) sobre alguns atributos físicos do solo e a produtividade do milho, em sistema plantio direto.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Prof. Dr. Antônio Carlos dos Santos Pessoa, pertencente ao Núcleo de Estações Experimentais, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), localizada no município de Marechal

Cândido Rondon, PR. As coordenadas geográficas são 54° 01'45" W e 24° 31'42" S, com altitude média de 420 m.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho eutroférico, de textura muito argilosa (EMBRAPA, 2006), cuja composição granulométrica na camada de 0,0 a 0,2 m foi de 629 g kg<sup>-1</sup> de argila, 264 g kg<sup>-1</sup> de silte e 107 g kg<sup>-1</sup> de areia. Antes do início do experimento a área vinha sendo cultivada em plantio direto, por seis anos, com trigo (*Triticum aestivum*) no inverno e soja (*Glycine max*) no verão. Os resultados da análise química do solo antes da implantação do experimento na camada de 0,0 a 0,2 m, foram: pH (CaCl<sub>2</sub>) = 4,69; P (Mehlich-1) = 31,25 mg dm<sup>-3</sup>; H<sup>+</sup>+Al<sup>3+</sup> = 4,87 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> = 0,25 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup> = 0,41 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 3,69 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 1,81 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC = 10,78 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V = 54,82%.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cfa (subtropical úmido com temperaturas médias anuais variando entre 17 e 19 °C e precipitações totais entre 1200 e 2000 mm bem distribuídos durante o ano e verões quentes).

Para caracterizar a área experimental coletou-se, com anel volumétrico, uma amostra de solo em cada parcela, em três profundidades, e se determinaram a densidade e a porosidade inicial do solo (Tabela 1).

**Tabela 1.** Densidade (Ds), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), porosidade total (PT) e matéria orgânica (MO) do solo antes da instalação do experimento

Profundidade (m)	Ds (Mg m <sup>-3</sup> )	Macro		PT	MO (g dm <sup>-3</sup> )
		Macro	Micro (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )		
0,0 - 0,1	1,41	0,04	0,45	0,49	28,20
0,1 - 0,2	1,43	0,04	0,45	0,49	23,14
0,2 - 0,3	1,42	0,03	0,46	0,49	16,19

O experimento foi conduzido do inverno de 2006 até o inverno de 2008, totalizando cinco cultivos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 3, utilizando-se dois sistemas de manejo (sucessão de culturas e rotação de culturas) e três fontes de adubação (orgânica, mineral e organomineral), sob sistema plantio direto, com quatro repetições, totalizando 24 parcelas. Cada unidade experimental apresentava 12 m de comprimento por 7,4 m de largura, compreendendo uma área de 88,8 m<sup>2</sup>.

No tratamento com rotação a sequência de culturas foi: aveia preta+nabo forrageiro+ervilhaca peluda/milho/trigo/Brachiaria ruziziensis+mucuna cinza+crotalária juncea/milho. No tratamento em sucessão a sequência de culturas foi: trigo/milho/trigo/soja/milho. Em ambos os sistemas as culturas receberam adubação, exceto as parcelas em que foram semeadas as plantas de cobertura. A adubação era realizada segundo a necessidade da cultura, mediante análise de solo, cuja recomendação está apresentada na Tabela 2.

**Tabela 2.** Recomendação de adubação para cada cultura, em kg ha<sup>-1</sup>

Culturas	Ano/safra				
	Trigo 2006	Milho 2006/2007	Trigo 2007	Soja 2007/2008	Milho 2008
N	50	120	50	0	120
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	20	52	10	60	60
K <sub>2</sub> O	30	30	30	40	60

**Tabela 3.** Fonte de adubo orgânico utilizado em cada cultura, com suas respectivas doses e a complementação com fontes minerais na adubação organomineral

Culturas		Trigo	Milho	Trigo	Soja	Milho
Fonte		dejeito suíno	dejeito suíno	dejeito de poedeiras	composto	dejeito de poedeiras
Dose		25 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	38 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	2,94 Mg ha <sup>-1</sup>	4,5 Mg ha <sup>-1</sup>	5,8 Mg ha <sup>-1</sup>
Complementação (Organomineral) (kg ha <sup>-1</sup> )	N	-	-	9,0	-	-
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5,0	2,0	-	51,0	32,0
	K <sub>2</sub> O	12,0	5,0	19,0	-	29,0

Na adubação orgânica a dose era calculada de acordo com o nutriente que atingisse primeiro a dose recomendada, mediante a análise da fonte utilizada. Na adubação organomineral a dose do adubo orgânico era a mesma da adubação orgânica, com uma complementação de fontes minerais dos nutrientes que ficavam abaixo da necessidade da cultura (Tabela 3).

As avaliações das propriedades físicas do solo foram realizadas em duas épocas, a primeira em fevereiro de 2007, após a colheita do milho de verão e a segunda em setembro de 2008, após a colheita do milho safrinha. Foram realizadas as análises de macroporosidade, microporosidade, porosidade total e densidade do solo, com duas repetições por parcela, em três profundidades: 0,0 a 0,1; 0,1 a 0,2; 0,2 a 0,3 m. A análise da resistência do solo à penetração foi realizada até 0,4 m de profundidade, dividida em camadas de 0,025 m, em três repetições por parcela.

Para determinar a densidade e a porosidade do solo, amostras com estrutura indeformada foram retiradas utilizando-se anéis com volume de 50 cm<sup>3</sup>. As amostras foram saturadas durante 48 h em bandeja com água, até dois terços da altura do anel; em seguida, as amostras foram drenadas na tensão equivalente a 60 cm, utilizando-se uma mesa de tensão. Os valores de macro, micro e porosidade total do solo foram obtidos de acordo com EMBRAPA (1997). Após a secagem das amostras a densidade do solo foi determinada de acordo com EMBRAPA (1997).

A resistência do solo a penetração foi avaliada com um penetrômetro construído com base no modelo de Stolf (1991), com massa de impacto de 2,880 kg e massa dos demais componentes de 1,185 kg, altura de queda da massa de impacto de 40 cm, cone com ângulo de 30° e área da base de 1,287 cm<sup>2</sup>. Para minimizar diferenças de umidade do solo entre os tratamentos e entre as profundidades, realizou-se a avaliação três dias após uma precipitação, com a umidade próxima da capacidade de campo; enfim, foi determinada a produtividade do milho na safra de verão (2006/2007) e na safrinha (2008).

Os dados foram submetidos a análise de variância pelo teste F, para cada camada; quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, para adubações, e pelo teste F, para sistemas de manejo, ambos a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os sistemas de manejo e adubações não foi significativa para nenhuma das variáveis, nos dois anos avaliados. A matéria orgânica não foi alterada significativamente pelos sistemas de manejo nem pelas adubações, nas três

profundidades e em ambos os anos avaliados (Tabela 4). A taxa de acúmulo de matéria orgânica do solo depende de muitos fatores, entre eles: as culturas componentes de cada rotação, a quantidade e o tipo de palhada formada, o grau de mobilização do solo na semeadura, o regime climático, o tipo de solo e o manejo da fertilidade (Anghinoni, 2007). Para Sá et al. (2001), sistemas de cultivo com menor perturbação do solo, como o plantio direto, tendem ao aumento do teor de matéria orgânica do solo com o tempo de adoção.

No primeiro ano a densidade e a resistência à penetração apresentaram diferenças entre as adubações, nas camadas subsuperficiais (Tabelas 4 e 5), resultado este associado a algum fator aleatório de ocorrência anterior à instalação do experimentos, pois, devido ao reduzido período de condução e em virtude da adubação ter sido realizada em superfície, as prováveis alterações ocorreriam apenas na camada superficial. Este comportamento com relação às adubações ocorreu também para a densidade, macroporosidade e resistência à penetração, no segundo ano (Tabelas 4 e 5).

Albuquerque et al. (2005) encontraram, estudando diferentes plantas de cobertura em associação com o milho durante cinco anos, maiores valores de carbono orgânico no solo quando o milho foi cultivado com mucuna cinza e guandu anão, associando este resultado com o maior aporte de matéria seca dessas plantas de cobertura.

As plantas de cobertura produziram, em média, 5184 e 10296 kg ha<sup>-1</sup>, e as culturas comerciais 2834 e 4767 kg ha<sup>-1</sup>, no inverno de 2006 e verão de 2007, respectivamente. Apesar do maior aporte de resíduos proporcionado pelas plantas de cobertura, o reduzido tempo de implantação dos sistemas de manejo não foi suficiente para promover diferenças no teor de matéria orgânica do solo, sobretudo pelo fato dos sistemas não apresentarem revolvimento do solo, diferenciando-se apenas pelas culturas utilizadas.

Mesmo com diferenças no aporte de matéria seca por plantas de cobertura (crotalária, milheto e lab-lab) antecedentes à cultura do milho, Sousa Neto et al. (2008) não encontraram efeito sobre o teor de matéria orgânica do solo atribuindo este fato ao clima quente e chuvoso, o que promove a rápida decomposição dos restos vegetais e diminui os efeitos sobre a matéria orgânica do solo, assim como nas condições do presente experimento.

Em experimento de curta duração, com três anos de aplicação, o uso de adubação orgânica (vermicomposto, dejeito bovino e de frangos), promoveu elevação no carbono orgânico do solo, na camada de 0 a 0,15 m; contudo, não influenciou a densidade nem a agregação do solo, comparada com a adubação mineral e a testemunha não adubada (Ramesh et al., 2009). Após 25 anos de aplicação o uso de adubação com dejeito suíno (75 Mg ha<sup>-1</sup>)

**Tabela 4.** Efeito de sistemas de manejo e adubações nos valores médios de matéria orgânica (MO), densidade do solo (Ds), macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro) e porosidade total (PT), em diferentes profundidades, nos dois anos avaliados

	2007					2008				
	MO	Ds	Macro	Micro	PT	MO	Ds	Macro	Micro	PT
	(g dm <sup>-3</sup> )	(Mg m <sup>-3</sup> )		(m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )		(g dm <sup>-3</sup> )	(Mg m <sup>-3</sup> )		(m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	
Sistemas	0,0 - 0,1 m									
Rotação	30,44	1,29	0,08	0,42	0,50	26,73	1,16 B	0,18 A	0,41	0,59 A
Sucessão	31,10	1,28	0,07	0,43	0,50	26,32	1,28 A	0,12 B	0,43	0,55 B
Adubações										
Orgânica	31,08	1,26	0,08	0,43	0,51	27,00	1,24	0,14	0,42	0,56
Mineral	29,60	1,28	0,08	0,42	0,50	25,40	1,20	0,15	0,42	0,57
OrgMin	31,64	1,31	0,07	0,42	0,49	27,17	1,22	0,16	0,42	0,58
CV(%)	7,75	5,03	32,79	2,50	3,05	11,78	7,33	30,39	6,29	4,03
Sistemas	0,1 - 0,2 m									
Rotação	26,08	1,36	0,05	0,42	0,47	23,13	1,36	0,09	0,43	0,52
Sucessão	25,65	1,34	0,05	0,42	0,47	26,09	1,42	0,07	0,44	0,51
Adubações										
Orgânica	26,21	1,33 b	0,05	0,42	0,47	23,84	1,40	0,07	0,44	0,51
Mineral	24,94	1,34 b	0,04	0,42	0,46	25,72	1,39	0,08	0,43	0,51
OrgMin	26,45	1,39 a	0,04	0,43	0,47	24,26	1,37	0,08	0,43	0,51
CV(%)	13,37	2,06	27,80	1,74	2,31	19,07	6,61	58,56	4,81	4,99
Sistemas	0,2 - 0,3 m									
Rotação	18,53	1,32	0,04	0,44	0,48	16,01	1,41	0,04	0,46	0,50
Sucessão	18,92	1,33	0,05	0,44	0,49	19,08	1,40	0,04	0,46	0,51
Adubações										
Orgânica	18,56	1,32	0,05	0,44	0,49	18,45	1,39 b	0,04 ab	0,47	0,51
Mineral	18,31	1,31	0,05	0,44	0,49	16,40	1,44 a	0,03 b	0,47	0,50
OrgMin	19,31	1,35	0,04	0,45	0,49	17,77	1,39 b	0,05 a	0,46	0,51
CV(%)	14,29	2,45	33,56	2,35	2,56	22,70	2,17	33,00	2,10	1,61

Letras maiúsculas diferentes para sistemas e minúsculas para adubações, diferem entre si pelo teste F e de Tukey, respectivamente, a 5% de probabilidade

**Tabela 5.** Efeito de sistemas de manejo e adubações nos valores médios de resistência do solo a penetração, em MPa, para diferentes profundidades, nos dois anos avaliados

Profundidade (m)	2007						2008					
	Sistemas		Adubações			CV (%)	Sistemas		Adubações			CV (%)
	Rot	Suc	Org	Min	OrgMin		Rot	Suc	Org	Min	OrgMin	
0,000 - 0,025	0,89	1,12	0,99	0,86	1,16	38,93	0,67	0,84	0,72	0,72	0,84	33,85
0,025 - 0,050	1,74	1,84	1,69	1,66	2,01	28,36	1,44 B	2,04 A	1,68	1,71	1,84	16,61
0,050 - 0,075	2,09	2,14	2,09	1,94	2,32	24,85	1,78 B	2,77 A	2,37	2,10	2,35	17,78
0,075 - 0,100	2,25	2,36	2,31	2,06	2,53	17,19	2,31 B	3,11 A	2,91	2,58	2,63	15,20
0,100 - 0,125	2,49	2,71	2,62	2,32	2,86	16,32	2,51 B	3,35 A	3,07	2,98	2,74	11,23
0,125 - 0,150	2,80	2,85	2,97	2,60	2,91	17,90	2,68 B	3,36 A	3,20 a	3,06 ab	2,80 b	9,56
0,150 - 0,175	3,12	3,15	3,26	3,04	3,10	14,29	2,78 B	3,29 A	3,20 a	3,06 ab	2,85 b	8,12
0,175 - 0,200	3,23	3,12	3,33	3,21	2,98	15,60	2,77 B	3,08 A	3,07 a	3,05 a	2,65 b	8,55
0,200 - 0,225	3,14	3,05	3,27	3,19	2,82	12,86	2,66	2,82	2,93 a	2,84 a	2,44 b	11,01
0,225 - 0,250	2,95	2,91	3,18 a	2,92 ab	2,68 b	12,80	2,36	2,52	2,58	2,48	2,26	11,97
0,250 - 0,275	2,96	2,82	3,07	2,90	2,71	14,76	2,15	2,35	2,41	2,20	2,13	14,47
0,275 - 0,300	2,76	2,73	2,98	2,80	2,46	17,62	2,06	2,15	2,33	1,97	2,01	19,13
0,300 - 0,325	2,66	2,62	2,87 a	2,74 ab	2,30 b	16,58	1,98	2,06	2,26	1,86	1,93	19,99
0,325 - 0,350	2,75	2,59	2,93	2,78	2,29	20,95	1,84	2,01	2,13	1,80	1,84	19,80
0,350 - 0,375	2,71	2,61	2,78	2,89	2,31	19,07	1,80	1,97	2,13	1,68	1,84	18,90
0,375 - 0,400	2,78	2,69	2,96	2,97	2,27	22,17	1,74	1,95	2,08 a	1,66 b	1,79 ab	16,47

Letras maiúsculas diferentes para sistemas e minúsculas para adubações, diferem entre si pelo teste F e de Tukey, respectivamente, a 5% de probabilidade

combinada com adubação mineral promoveu elevação da matéria orgânica, porosidade total e agregação do solo e redução da densidade, na camada de 0 a 0,15 m, em comparação com a adubação mineral e a testemunha (Zhao et al., 2009).

No segundo ano avaliado a rotação de culturas reduziu a densidade do solo, elevou a macroporosidade e a porosidade total, na camada de 0 a 0,10 m (Tabela 4) e reduziu a resistência à penetração, na camada de 0,025 a 0,20 m (Tabela 5). Este

resultado se deve principalmente ao sistema radicular agressivo das plantas de cobertura de verão; entretanto, não há como distinguir um possível efeito das plantas de cobertura de inverno, cultivadas em 2007. Destaca-se, desta forma, a importância do uso contínuo de plantas de cobertura no sistema plantio direto, assim como o acompanhamento das condições físicas do solo ao longo do tempo, fundamental para a avaliação e desenvolvimento dos sistemas de manejo.

Avaliando o sistema plantio direto com 2, 8 ou 14 anos após a implantação, Ralisch et al. (2008) encontraram, aos 14 anos, valores de resistência do solo à penetração semelhantes aos das condições naturais. Kubota et al. (2005), avaliaram o efeito do nabo forrageiro e do trigo cultivados anteriormente à soja, sobre as propriedades físicas do solo, após três anos. Após o manejo do nabo forrageiro a densidade do solo e a resistência à penetração foram maiores e a porosidade total menor, em comparação com o trigo, na camada de 0 a 0,05 m. Na avaliação após a soja não houve mais diferenças para as variáveis citadas anteriormente, enquanto o nabo forrageiro promoveu maior estabilidade de agregados na camada de 0 a 0,05 m.

Cunha et al. (2007) estudaram sistemas de rotação com a inclusão da *Brachiaria brizantha* após três anos e não encontraram efeito sobre a densidade e a macroporosidade do solo; contudo, a associação de gramíneas de verão com a *B. brizantha* contribuiu para diminuir a resistência do solo à penetração.

Não houve interação significativa entre os sistemas de manejo e adubações para a produtividade do milho, em nenhuma das avaliações (Tabela 6). Entre os sistemas de manejo na safra de verão (2006/2007), a sucessão de culturas apresentou maior produtividade do milho devido as plantas de cobertura de inverno não terem recebido adubação, ao contrário do trigo. Na safrinha (2008) a produtividade do milho não se diferenciou entre a rotação e a sucessão de culturas, demonstrando efeito cumulativo das plantas de cobertura.

**Tabela 6.** Produtividade do milho submetido a sistemas de manejo e adubações, nos dois anos avaliados

Sistemas	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Safra verão (2006/2007)	Safrinha (2008)
Rotação	6179 B	2921
Sucessão	6820 A	2695
Adubações		
Orgânica	6335 b	3018
Mineral	7277 a	2628
Organomineral	5887 b	2777
CV (%)	8,54	18,87

Letras maiúsculas diferentes para sistemas e minúsculas para adubações, diferem entre si pelo teste F e de Tukey, respectivamente, a 5% de probabilidade

Com relação às adubações, na safra de verão (2006/2007) a maior produtividade do milho foi obtida pela adubação mineral devido à maior disponibilidade dos nutrientes, em comparação com a fonte orgânica. Na safrinha (2008) a produtividade não apresentou diferença entre as adubações, em virtude da liberação gradual dos nutrientes das fontes orgânicas utilizadas.

Durante 25 anos a aplicação combinada de dejetos suíno (75 Mg ha<sup>-1</sup>) com fontes minerais apresentou maiores produtividades do milho e trigo, em comparação com a adubação mineral e a testemunha (Zhao et al., 2009). Ensaios de longa duração (20-120 anos) demonstraram que com o uso da adubação orgânica a produtividade das culturas é igual à adubação mineral, exceto quando o adubo orgânico é aplicado em altas doses, atingindo produtividade superior à adubação mineral (Edmeades, 2003). Apesar disto, o mesmo autor afirma

que a aplicação de altas doses de adubo orgânico deve ser realizada com critério, pois pode gerar excesso de nutrientes no solo e conseqüente eutrofização das águas.

Apesar da complementação dos nutrientes que se encontravam abaixo da recomendação, não houve diferença na produtividade do milho entre a adubação orgânica e a organomineral, nas duas avaliações. Como os principais nutrientes complementados na adubação organomineral foram o fósforo e o potássio e o solo apresentava altos teores desses nutrientes na instalação do experimento, a diferença entre a adubação orgânica e a organomineral sobre a produtividade das culturas deve ocorrer em longo prazo.

## CONCLUSÕES

1. O uso de adubo orgânico não apresentou potencial para melhorar as condições físicas do solo em curto prazo.
2. A rotação de culturas promoveu redução na densidade e resistência do solo a penetração e elevação na macroporosidade e porosidade total.
3. No primeiro ano avaliado a produtividade do milho foi superior na sucessão de culturas e na adubação mineral e, no segundo ano, não houve diferença entre os sistemas de manejo e entre as adubações, o que demonstra o efeito residual da rotação de culturas e dos adubos orgânicos; necessita-se, contudo, de estudos com maior duração.

## LITERATURA CITADA

- Albuquerque, J. A.; Argenton, J.; Bayer, C.; Wildner, L. P.; Kuntze, M. A. G. Relação de atributos do solo com a agregação de um Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de verão para cobertura do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.415-424, 2005.
- Albuquerque, J. A.; Reinert, D. J.; Fiorin, J. E.; Ruedell, J.; Petre, C.; Fontinelli, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: Efeito sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 19, p.115-119, 1995.
- Anghinoni, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; Barros, N. F. de; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. (eds.) *Fertilidade do solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. cap.15, p.873-928.
- Bertol, I.; Cogo, N. P.; Levien, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e na ausência dos resíduos culturais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.21, p.409-418, 1997.
- Cunha, E. de Q.; Balbino, L. C.; Stone, L. F.; Leandro, W. M.; Oliveira, G. C. Influência de rotações de culturas nas propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho em plantio direto. *Engenharia Agrícola*, v.27, p.665-674, 2007.
- Edmeades, D. C. The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: A review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v.66, p.165-180, 2003.

- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual e métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 212p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- Genro Júnior, S. A.; Reinert, D. J.; Reichert, J. M.; Albuquerque, J. A. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho e produtividade de culturas cultivadas em sucessão e rotação. *Ciência Rural*, v.39, p.65-73, 2009.
- Gomes, J. A.; Scapim, C. A.; Braccini, A. L.; Vidigal Filho, P. S.; Sagrilo, E.; Mora, F. Adubações orgânica e mineral, produtividade do milho e características físicas e químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo. *Acta Scientiarum, Agronomy*, v.27, p.521-529, 2005.
- Klein, V. A.; Boller, W. Avaliação de diferentes manejos de solo e métodos de semeadura em áreas sob sistema de plantio direto. *Ciência Rural*, v.25, p.395-398, 1995.
- Kubota, A.; Hoshiba, K.; Bordon, J. Green-manure turnip for soybean based no-tillage farming systems in eastern Paraguay. *Scientia Agricola*, v.62, p.150-158, 2005.
- Mosaddeghi, M. R.; Mahboubi, A. A.; Safadoust, A. Short-term effects of tillage and manure on some soil physical properties and maize root growth in a sandy loam soil in western Iran. *Soil & Tillage Research*, v.104, p.173-179, 2009.
- Muzilli, O. Manejo do solo em sistema plantio direto. In: Casão Junior, R.; Siqueira, R.; Mehta, Y. R.; Passini, J. J. (eds.) *Sistema Plantio Direto com qualidade*. 1.ed. Londrina/Foz do Iguaçu: IAPAR/ITAIPU Binacional, 2006. cap.2, p.9-27.
- Ralisch, R.; Miranda, T. M.; Okumura, R. S.; Barbosa, G. M. de C.; Guimarães, M. de F.; Scopel, E.; Balbino, L. C. Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, p.381-384, 2008.
- Ramesh, P.; Panwar, N. R.; Singh, A. B.; Ramana, S.; Rao, A. S. Impact of organic-manure combinations on the productivity and soil quality in different cropping systems in central India. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, v.172, p.577-585, 2009.
- Sá, J. C. M.; Cerri, C. C.; Dick, W. A.; Lal, R.; Venzke Filho, S. P.; Piccolo, M. C.; Feigl, B. E. Organic matter dynamic and carbon sequestration rates for a tillage chronosequences in a Brazilian Oxisol. *Soil Science Society of America Journal*, v.65, p.1486-1499, 2001.
- Sousa Neto, E. L. de; Andrioli, I.; Beutler, A. N.; Centurion, J. F. Atributos físicos do solo e produtividade de milho em resposta a culturas de pré-safra. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.255-260, 2008.
- Stolf, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.15, p.229-235, 1991.
- Zhao, Y.; Wang P.; Li, J.; Chene, Y.; Yingf, X.; Liu, S. The effects of two organic manures on soil properties and crop yields on a temperate calcareous soil under a wheat–maize cropping system. *European Journal of Agronomy*, v.31, p.36-42, 2009.