

PROPRIEDADES QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO DE CERRADO CULTIVADO COM ALGODÃO SOB DIFERENTES PREPAROS E ADUBAÇÕES[#]

Anny Rosi Mannigel*
Simone Maria Altoé Porto**
Marlene Cristina Alves***
Walter Veriano Valério Filho****

RESUMO: A alta taxa de mineralização da matéria orgânica nos solos do cerrado, a qual chega ser cinco vezes mais rápida do que nas regiões temperadas, leva-nos ao desafio de elegermos o melhor sistema de manejo que a mantenha e/ou aumente no solo, garantindo-lhe qualidade e sustentabilidade. Neste sentido o presente trabalho teve por objetivo estudar os efeitos das adubações verde, orgânica e mineral sobre as propriedades químicas de um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico de cerrado, de textura média, cultivado com algodão (*Gossypium hirsutum*), sob preparo convencional e semeadura direta em área sob pastagem (*Brachiaria decumbens*) há 20 anos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com parcelas subdivididas. As parcelas principais foram constituídas por dois tratamentos: preparo convencional e semeadura direta, e as subparcelas, por seis tratamentos: testemunha (sem adubação); adubação mineral recomendada para a cultura, de acordo com a análise química do solo; adubo orgânico (esterco bovino – 20 t ha⁻¹); adubo orgânico (esterco bovino – 20 t ha⁻¹) + 1/2 adubação mineral recomendada de acordo com a análise do solo; adubo verde-1 (*Crotalaria juncea*) e adubo verde-2 (*Pennisetum americanum*). Foram estudadas as seguintes propriedades químicas do solo: P, MO, pH, K, Ca Mg, Al, Al+H, S, CTC e V. As coletas do solo destinado às análises foram realizadas

[#] Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira FEIS/UNESP.

* Docente Doutora do Curso de Agronomia do Centro Universitário de Maringá - CESUMAR. E-mail: armannigel@gmail.com

** Docente Mestre do Colégio Agrícola Geração. E-mail: simonealtoe@onda.com.br

***Docente Adjunto da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira FEIS/UNESP. E-mail: mcalves@agr.feis.unesp.br

****Docente Adjunto da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira FEIS/UNESP. E-mail: wvrf@mat.feis.unesp.br

nas camadas de 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m. Chegou-se às seguintes conclusões: as adubações interferiram nas propriedades químicas do solo e os preparos não interferiram; o esterco de bovino e sua associação com a adubação mineral causaram maiores aumentos nos teores dos elementos no solo; o milho e a crotalária não se diferenciaram quanto às suas influências nas propriedades químicas do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Crotalária; Milheto; Esterco Bovino; Semeadura Direta; Preparo Convencional.

CHEMICAL PROPERTIES ON A SAVANNAH OXISOL CULTIVATED WITH COTTON UNDER DIFFERENT TILLAGE AND FERTILIZATION

ABSTRACT: The high rate of mineralization of organic matter on savannah soils, which is reached five times faster than in temperate regions, leads us to the challenge of electing the best system of management that maintains and/or increase it in soil, guaranteeing its quality and sustainability. In this sense the present research aimed to study the effects of green, organic and mineral manure on the chemical properties on the chemical properties of an Oxisol, on “Savannah” area, cultivated with cotton (*Gossypium hirsutum*) under conventional tillage and no-tillage in the pasture field (*Brachiaria decumbens*) for 20 years. The experimental design was a randomized block design with split plots. The main plots consisted of two treatments: conventional tillage and no-tillage, and the subplots of six treatments: control (no fertilizer), mineral fertilizer recommended for the crop, according to the soil chemical analysis, organic fertilizer (cattle manure - 20 t ha⁻¹), organic fertilizer (cattle manure - 20 t ha⁻¹) + ½ mineral fertilization recommended according to the analysis of soil, green manure-1 (*Crotalaria juncea*) and green manure-2 (*Pennisetum americanum*). There were studied the following soil chemical properties: P, OM, pH, K, Ca, Mg, Al, Al + H, S, exchange capacity cations and base saturation. The soil samples for the analysis were performed on layers of 0,00-0,05 m, 0,05-0,10 and 0,10-0,20 m. Then it came the following conclusions: the fertilization interfere in soil chemical properties and the preparation did not interfere, the cattle manure and its association with the mineral fertilizer caused increasing level elements in the soil, *Crotalaria juncea* and *Pennisetum americanum* did not influence on soil chemical properties.

KEYWORDS: *Crotalaria juncea*; *Pennisetum americanum*; Cattle Manure; no-tillage; Conventional Tillage.

INTRODUÇÃO

Em solos degradados, os baixos teores de matéria orgânica podem determinar menor disponibilidade de nutrientes para as culturas, resultando numa das principais limitações à produtividade agrícola. A adoção de métodos de preparo (cultivo mínimo e semeadura direta) que promovem menor revolvimento do solo e de um sistema de rotação de culturas com a inclusão leguminosas e gramíneas que contêm maiores quantidades de nitrogênio na sua biomassa, acarreta, com o tempo, melhoria nas características químicas, restrita inicialmente às camadas superficiais (BAYER; MIELNICZUK, 1997).

Nos cerrados, como nas demais regiões tropicais, a mineralização da matéria orgânica chega a ser cinco vezes mais rápida do que aquela observada em regiões temperadas (SANCHEZ; LOGAN, 1992), o que, via de regra, impossibilita sua reposição nos sistemas convencionais de manejo do solo e das culturas (DERPSCH, 1997).

Nessas regiões, os Latossolos correspondem a aproximadamente 50% da área, os Argissolos a 15%, os Neossolos Quartzarênicos a 15%, os Neossolos Litólicos e Cambissolos a 10 % e os Plintossolos a 6%, ocupando mais de 95 % de sua superfície (REZENDE; KER; BAHIA FILHO, 1996). Em sua maioria estes solos são distróficos ou álicos, de baixa fertilidade e elevada acidez (ADÁ-MOLI et al., 1996).

A definição de espécies com elevada produtividade de fitomassa para cobertura do solo é um dos fatores de sucesso do sistema de semeadura direta, porém a produção de palhada para semeadura direta no cerrado brasileiro está sujeita a condições de umidade e temperatura elevadas em boa parte do ano, que causam a rápida decomposição da fitomassa depositada sobre o solo. Por esta razão, resíduos com maior relação C/N (carbono/nitrogênio), como os de culturas comerciais, ou de plantas de cobertura, deverão ser mais utilizados em semeadura direta, pois quanto maior essa relação, mais lenta a decomposição dos resíduos (CALEGARI et al., 1993).

Os efeitos promovidos pela adubação verde nas propriedades químicas do solo são bastante variáveis, dependendo de fatores como a espécie utilizada, o manejo dado à biomassa, a época de semeadura e o corte do adubo verde, o tempo de permanência dos resíduos no solo, as condições locais e a interação entre estes fatores (ALCÂNTARA et al., 2000). Os mesmos autores, num experimento realizado no Estado de Minas Gerais, observaram que em todas as profundidades estudadas (0,00-0,05 m; 0,05-0,10 m; 0,10-0,20 m; 0,20-0,4 m; 0,40-0,60 m e 0,60-0,80 m) o teor de K foi superior no solo sob guandu, seguido pelo solo sob crotalária, destacando-se, nos primeiros cinco centímetros, um teor aproximada-

mente 360% maior desse nutriente, no primeiro em comparação com o último.

Outra opção para o incremento de matéria orgânica é o uso de adubos orgânicos. Os esterco, em muitas circunstâncias, podem substituir completamente o adubo mineral, e em outras a combinação de ambos é a melhor medida para obter altos rendimentos das culturas (HOLANDA, 1981).

Ernani e Gianello (1983), em experimento em casa de vegetação com solo de textura franca, observaram que valores de P extraível, Ca, Mg e K trocáveis do solo aumentaram com a quantidade orgânica aplicada, o Al³⁺ decresceu linearmente e o pH aumentou de 4,8 para 6,5 na camada de 0,00-0,05 m.

O esterco de bovinos e a cama de frangos, aplicados nas doses de 12 t ha⁻¹ e 36 t ha⁻¹, diminuíram o Al³⁺ (alumínio trocável) de 5,4 meq/100g para 4,8 e 2,5, respectivamente, mantendo-se esses valores inalterados durante o período experimental (120 dias). Esses dados evidenciam que a incorporação de grandes quantidades de resíduos orgânicos ao solo, apesar de não substituir satisfatoriamente o calcário na diminuição do Al³⁺, ocasiona decréscimo em seus teores.

De acordo com o exposto, desenvolveu-se um trabalho com o objetivo de estudar os efeitos de sistemas de preparo do solo combinado com adubações verde, orgânica e mineral sobre as propriedades químicas de um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico de cerrado, textura média, cultivado com algodão (*Gossypium hirsutum*), sob preparo convencional e semeadura direta em área sob pastagem (*Brachiaria decumbens*) há 20 anos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, setor de Produção Animal, localizada no município de Selvíria -MS, situada a 51°22' de longitude oeste de Greenwich e 20°22' de latitude sul, com altitude de 335 metros. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho-Escuro, textura média, relevo moderado plano a levemente ondulado (DEMATTE, 1980). De acordo com a nova nomenclatura do Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (EMBRAPA, 2006), é um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, textura média. Apresenta um histórico de 20 anos de pastagem com *Brachiaria decumbens*. A precipitação média anual é de 1370 mm, a temperatura média anual é de 23,5o C e a umidade relativa do ar está entre 70 e 80% (média anual).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com parcelas subdivididas, com doze tratamentos e quatro repetições. As parcelas princi-

pais foram constituídas por dois tratamentos: preparo convencional (preparo do solo com grade aradora e grade niveladora) e semeadura direta. As subparcelas foram constituídas por seis tratamentos: testemunha (sem adubação); adubação mineral recomendada para a cultura de algodão, de acordo com a análise química do solo (750 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16); adubo orgânico (esterco bovino-20 t ha⁻¹); adubo orgânico (esterco bovino-20 t ha⁻¹) + ½ adubação mineral recomendada de acordo com a análise do solo (375 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16); adubo verde crotalária (*Crotalaria juncea*) e adubo verde milheto (*Pennisetum americanum*).

Cada subparcela tinha dimensão de 7 m por 6 m e estavam espaçadas umas das outras por uma distância de 7 m, sendo a área útil constituída pela área central, desprezando-se 0,5 m nas extremidades de cada linha. A cultura de algodão foi implantada sobre uma pastagem (*Brachiaria decumbens*) de 20 anos, sem irrigação.

Antes do início da implantação do experimento foi realizada a caracterização química (tabela 1) e física (tabela 2) do solo, a primeira de acordo com Raij e Quaggio (1983) e a segunda em conformidade com a metodologia da EMBRAPA (1997).

Tabela 1. Análise química do solo antes da implantação do experimento (21/03/2001).

Prof. (m)	P resina mg dm ⁻³	M.O. g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
				mmolc dm ⁻³							%
0,00-0,05	9	20	5,2	1,0	11	7	20	1	19,2	39,6	47
0,05-0,10	10	18	5,1	0,4	11	5	22	1	16,5	38,2	42
0,10-0,20	6	16	5,0	0,4	10	5	22	2	15,7	37,4	40

Tabela 2. Valores médios de densidade do solo, porosidade total e macroporosidade do solo (21/03/2001)

Camada (m)	Densidade do solo (kg dm ⁻³)	Porosidade total (m ³ m ⁻³)	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)
0,00-0,05	1,61	0,36	0,07
0,05-0,10	1,59	0,36	0,08
0,10-0,20	1,56	0,37	0,11

Em maio de 2001 foram semeados os adubos verdes. No tratamento com preparo convencional o solo foi gradeado (grades pesada e leve) e na semeadura

46 Propriedades Químicas de um Latossolo Vermelho de Cerrado...

direta a braquiária foi dessecada e a semeadura realizada sobre a palha. No florescimento pleno os adubos verdes foram incorporados ao solo, no caso do preparo convencional, e roçados e deixados na superfície, no caso da semeadura direta. Em outubro de 2001, o restante da braquiária foi dessecado, para a semeadura direta, e incorporado no preparo convencional. O adubo orgânico (tabela 3) foi aplicado a lanço, sendo incorporado no preparo convencional e deixado na superfície na semeadura direta (07/10/2001).

Tabela 3. Propriedades físicas e químicas* do esterco bovino utilizado na pesquisa

Propriedades	Umidade natural	Base seca (110°C)
pH em CaCl ₂ 0,01 M	9,2	-
Densidade	0,47 g cm ⁻³	
Umidade perdida a 60-65oC	31,00 %	-
Umidade perdida entre 65 e 110oC	1,88 %	-
Umidade total	32,88 %	00,00 %
Matéria orgânica total (combustão)	25,20 %	37,54 %
Matéria orgânica compostável	24,75 %	36,87 %
Matéria orgânica resistente à compostagem	0,45 %	0,67 %
Carbono total (orgânico e mineral)	14,00 %	20,86 %
Carbono orgânico	13,75 %	20,49 %
Resíduo mineral total	41,92 %	62,46 %
Resíduo mineral insolúvel	33,08 %	49,28 %
Resíduo mineral solúvel	8,84 %	13,17 %
Nitrogênio total	1,01 %	1,50 %
Fósforo (P ₂ O ₅) total	0,48 %	0,72 %
Potássio (K ₂ O) total	1,51 %	2,25 %
Cálcio (Ca) total	1,52 %	2,26 %
Magnésio (Mg) total	0,27 %	0,40 %
Enxofre (S) total	0,16 %	0,24 %
Relação C/N (C total e N total)	14/1	14/1
Relação C/N (C orgânico e N orgânico)	14/1	14/1
Cobre (Cu) total	12 mg kg ⁻¹	18 mg kg ⁻¹
Manganês (Mn) total	99 mg kg ⁻¹	147 mg kg ⁻¹
Zinco (Zn) total	51 mg kg ⁻¹	76 mg kg ⁻¹
Ferro (Fé) total	7217 mg kg ⁻¹	10752 mg kg ⁻¹
Boro (Bo) total	1 mg kg ⁻¹	1 mg kg ⁻¹
Sódio (Na) total	3029 mg kg ⁻¹	4513 mg kg ⁻¹

*realizadas no Laboratório de análise de solos do Departamento de Solos da ESALQ/USP

Em 24 de setembro de 2001 foi realizada a calagem (1200 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico, PRNT 85 %). Em novembro de 2001 foi semeada a cultura de algodão (IAC 23). Aos 32 dias após a emergência efetuou-se a adubação em cobertura com a aplicação de 300 kg ha⁻¹ para o tratamento com adubação mineral e 150 kg ha⁻¹ para o tratamento esterco + adubo mineral da fórmula 20-00-20.

Em abril de 2002 (após a colheita de algodão) foram coletadas as amostras de solo, em três camadas (0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m) e em quatro pontos por subparcela, formando uma amostra composta. Foram determinados os teores de fósforo, potássio, magnésio e cálcio, pelo método de extração com resina trocadora de íons. O teor de matéria orgânica foi determinado pelo método colorimétrico e o pH, em cloreto de cálcio. Foram determinados ainda hidrogênio + alumínio (acidez potencial medida a pH 7,0) e alumínio. Foram calculadas a soma de bases (SB=Ca + Mg + K), a capacidade de troca catiônica (CTC) e a saturação por bases (V%= (100 x SB) / CTC). As análises foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Raij e Quaggio (1983).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância dos resultados verificados para o P, M.O., pH, K, Ca, Mg, H+Al, SB, CTC e V% (tabela 4, p. 48) mostrou que entre os preparos houve diferença significativa apenas para pH (0,05-0,10 m) e K (0,10-0,20 m).

Ao se executar o teste de Tukey para pH (0,00-0,05 m) e K (0,10-0,20 m), notou-se (tabela 5, p. 49) no preparo convencional um valor mais elevado de pH do que na semeadura direta. Provavelmente isso ocorreu em virtude da incorporação do calcário no preparo convencional. Contudo, estes dados discordam dos obtidos por Markert (2001), que não obteve diferença significativa entre os sistemas de preparo para pH. Já para o K (tabela 6, p. 49), o maior valor foi verificado para a semeadura direta, o que pode ter ocorrido em virtude de o K ser um elemento facilmente lixiviado. Como na semeadura direta, pelo não revolvimento do solo há continuidade de poros, o que provavelmente contribuiu para maior movimento de água no perfil, levando o K para a camada de 0,10-0,20 m.

Tabela 4. Valores de quadrados médios para P¹, M.O.¹, pH, K¹, Ca¹, Mg¹, H+Al, Al¹, SB¹, CTC¹ e V %¹, para os tratamentos e camadas

Tratamento	(m)	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V%
Preparo	0,00-0,05	0.0131 ns	0.3881 ns	0.3675 *	0.0276 ns	0.0862 ns	0.0467 ns	30.0833 ns	0.0034 ns	0.0216 ns	0.0000 ns	0.0249 ns
	0,05-0,10	0.0773 ns	0.1946 ns	3.0502 ns	0.0787 ns	2.1995 ns	0.1484 ns	243.0000 ns	0.8387 ns	1.0048 ns	0.0598 ns	0.6587 ns
	0,10-0,20	0.0000074 ns	0.1812 ns	4.3199 ns	0.2457 *	1.3223 ns	0.4490 ns	420.0833 ns	1.4320 ns	0.7901 ns	0.0013 ns	1.0021 ns
Adubação	0,00-0,05	0.8747 *	0.0248 ns	0.4148 *	0.4751 *	0.1797 ns	0.1041 ns	18.5833 *	0.0144 ns	0.1501 ns	0.0457 ns	0.0346 ns
	0,05-0,10	0.0729 ns	0.0415 *	0.2739 *	0.5254 ns	0.0450 ns	0.0524 ns	27.3333 *	0.0517 ns	0.0524 ns	0.0181 ns	0.0421 ns
	0,10-0,20	1.1014 ns	0.1167 *	0.2435 ns	0.4065 *	0.1362 ns	0.0487 ns	32.7833 *	0.0753 ns	0.0602 ns	0.0697 ns	0.0259 ns
Preparo x	0,00-0,05	0.1321 ns	0.0100 ns	0.1560 ns	0.0325 ns	0.5271 *	0.0094 ns	7.1833 ns	0.0034 ns	0.2794 ns	0.1378 ns	0.0332 ns
	0,05-0,10	0.0350 ns	0.0013 ns	0.0852 ns	0.1111 ns	0.2706 ns	0.0912 ns	7.0000 ns	0.0517 ns	0.1274 ns	0.0425 ns	0.0369 ns
	0,10-0,20	0.03892 ns	0.0260 ns	0.1370 ns	0.0501 ns	0.1621 ns	0.0405 ns	8.5333 ns	0.0362 ns	0.0818 ns	0.0365 ns	0.0149 ns
Adubação (CV%)	0,00-0,05	11,096	17,146	2,731	10,075	9,578	11,642	15,280	8,145	6,636	3,839	2,881
	0,05-0,10	14,400	13,230	11,505	16,441	44,294	12,150	47,971	60,351	26,712	11,593	13,399
	0,10-0,20	23,229	14,254	17,587	10,041	58,756	21,778	52,576	78,641	36,662	14,121	18,457
Adubação (CV%)	0,00-0,05	10,116	4,729	5,123	14,538	12,802	8,872	13,522	14,418	9,181	5,881	3,013
	0,05-0,10	10,777	4,341	5,618	11,372	11,374	11,082	12,390	21,967	7,635	3,928	3,467
	0,10-0,20	19,612	6,182	7,068	19,088	14,829	7,958	18,289	20,098	10,482	5,924	4,054

* e ns é respectivamente, significativo a 5% e não significativo no Teste F.

¹ transformação das observações segundo LOG(X + 2).

Tabela 5. Valores médios de pH em função do preparo do solo, na camada de 0,00 a 0,05 m.

Preparo	pH (CaCl ₂)
Convencional	6,0 a
Semeadura Direta	5,8 b

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem no nível de 5 % pelo teste de Tukey.

Tabela 6. Valores médios de K em função do preparo do solo, na camada de 0,10 a 0,20 m.

Preparo	K (mmolc dm ⁻³)
Semeadura Direta	1,18 a
Convencional	0,75 b

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem no nível de 5 % pelo teste de Tukey.

Os tratamentos com as diferentes adubações, ao serem analisados pelo teste F, apresentaram diferenças significativas para as variáveis P (0,00-0,05 m), M.O. (0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m), pH (0,00-0,05 m e 0,05-0,10 m), K (0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m) e H+Al (0,00-0,05 m, 0,05-0,10 m e 0,10-0,20 m). Ao se analisarem estes resultados pelo teste de Tukey (tabela 7, p. 50) para detectar as diferenças no nível de 5%, notou-se que os tratamentos esterco bovino e esterco bovino + ½ adubação mineral proporcionaram as médias mais altas para o P, concordando com os dados obtidos por Nuernberg (1983). Este comportamento pode ser atribuído à riqueza deste nutriente na composição do adubo orgânico (tabela 3, p. 46). Quanto ao pH, os tratamentos esterco bovino e esterco bovino + ½ adubação mineral diferiram apenas da testemunha, sendo maior. Este efeito de elevação do pH pode ser atribuído aos óxidos de Ca e Mg presentes nos esterco, conferindo-lhes certo valor de neutralização, e também ao deslocamento do H⁺ pelas bases contidas nos resíduos orgânicos e posterior lixiviação para camadas mais profundas (LUND; DOSS, 1980). O K tornou-se mais elevado para o tratamento esterco bovino + ½ adubação mineral, que não diferiu estatisticamente de esterco, o que concorda com os dados de Holanda, Torres Filho e Bezerra Neto (1984), os quais citam aumento de disponibilidade de K nos solos conforme aumento de dose de adubo orgânico. O resultado dos teores de H+Al apresentou comportamento estatístico semelhante ao pH.

Na segunda camada de estudo do solo (0,05-0,10 m) o teste F (tabela 4, p. 48) indicou que a M.O., pH, K e H+Al, em função da adubação, tiveram diferença significativa. Entretanto, ao serem submetidos ao teste de Tukey (tabela 8, p. 50), este não detectou diferenças entre os tratamentos para M.O. e pH. O K apresentou maiores médias para os tratamentos esterco bovino e esterco bovino + ½ adubação mineral, que diferiram dos demais tratamentos. Segundo Holanda,

Torres Filho e Bezerra Neto (1984), a disponibilidade de K no solo aumenta proporcionalmente à dose de esterco aplicada. O H+Al apresentou a menor média para esterco bovino + ½ adubação mineral, que não diferiu estatisticamente de esterco, que por sua vez não diferiu dos demais tratamentos.

Tabela 7. Valores médios de P, pH, K e H+Al em função da adubação na camada de 0,00 a 0,05 m.

Adubação	P (mg dm ⁻³)	pH	K (mmolc dm ⁻³)	H+Al (mmolc dm ⁻³)
Testemunha	7 b	5,6 b	0,7 c	18 a
Mineral	7 b	5,7 ab	1,5 bc	17 ab
Esterco	16 a	6,2 a	2,0 ab	14 b
Esterco + ½ ad. mineral	15 a	6,2 a	3,2 a	14 b
Crotalaria	8 b	5,8 ab	0,9 c	16 ab
Milheto	8 b	5,9 ab	0,9 c	15 ab

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem no nível de 5 % pelo teste de Tukey.

Tabela 8. Valores médios de M. O., pH, K e H+Al em função da adubação na camada de 0,05 a 0,10 m.

Adubação	P (mg dm ⁻³)	pH	K (mmolc dm ⁻³)	H+Al (mmolc dm ⁻³)
Testemunha	16 a	5,4 a	0,6 b	19 a
Mineral	19 a	5,5 a	1,0 b	20 a
Esterco	17 a	5,7 a	2,0 a	17 ab
Esterco + ½ ad. mineral	15 a	5,8 a	2,6 a	15 b
Crotalaria	16 a	5,4 a	0,6 b	20 a
Milheto	15 a	5,4 a	0,5 b	19 a

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem no nível de 5 % pelo teste de Tukey.

Com relação à terceira camada de solo analisada, apesar de o Teste F (tabela 4) indicar diferença para H+Al, o teste de Tukey (tabela 9) não conseguiu identificá-la. Para a M.O. e o K, houve, no caso da primeira, diferença significativa apenas entre a adubação mineral e o milheto, enquanto os demais tratamentos não diferiram daqueles nem entre si. É possível que a adubação mineral tenha proporcionado melhor desenvolvimento da cultura e esta, conseqüentemente, tenha conseguido atingir essa profundidade, influenciando o teor de matéria orgânica. A variável K manteve o comportamento apresentado na profundidade de 0,05-0,10 m, ou seja, esterco bovino e esterco bovino + ½ adubação mineral não diferiram entre si, mas diferiram dos demais.

Tabela 9. Valores médios de M.O., K e H+Al em função da adubação na camada de 0,10 a 0,20 m.

Adubação	M.O. (g dm ⁻³)	K (mmolc dm ⁻³)	H+Al (mmolc dm ⁻³)
Testemunha	18 ab	0,7 b	21a
Mineral	18 a	0,6 b	21 a
Esterco	14 ab	1,8 a	17 a
Esterco + ½ ad. mineral	14 ab	2,1 a	17 a
Crotalária	14 ab	0,5 b	20 a
Milheto	13 b	0,4 b	18 a

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem no nível de 5 % pelo teste de Tukey.

A interação significativa entre preparo e adubação ocorreu para Ca na camada de 0,00-0,05 m e para K (tabela 4, p. 48) na profundidade 0,05-0,10 m. Nas tabelas 10 e 11 apresentam-se os desdobramentos, sendo que houve efeito significativo para as médias de preparo dentro do tratamento mineral e do tratamento esterco bovino + ½ adubação mineral para o Ca. O efeito levou a maior média de Ca no preparo convencional para o tratamento esterco bovino + ½ adubação mineral e a maior média de Ca na semeadura direta para o tratamento mineral. Quando se analisaram os tratamentos de adubação dentro de preparo, observou-se que não houve diferenças.

Tabela 10. Desdobramento da interação entre preparo e adubação referente às médias de Ca (mmolc dm⁻³) na camada de 0,00 a 0,05 m.

Adubação	Convencional	Semeadura Direta
Testemunha	24 A a	24 A a
Mineral	22 B a	43 A a
Esterco	44 A a	33 A a
Esterco + ½ ad. mineral	44 A a	21 B a
Crotalária	36 A a	21 A a
Milheto	28 A a	40 A a

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey no nível de 5 %.

A interação detectada pelo teste F (tabela 4, p. 48) referente à variável K na profundidade 0,05-0,10 m foi analisada pelo teste de Tukey (tabela 11, p. 52) no nível de 5% e observou-se efeito significativo para as médias de preparo dentro dos tratamentos esterco bovino e esterco bovino + ½ adubação mineral, com a semeadura direta obtendo as maiores médias. Provavelmente houve a lixiviação do K na semeadura direta da camada superficial, além disso, os adubos orgânicos

cos aumentam a disponibilidade de K no solo (HOLANDA; TORRES FILHO; BEZERRA NETO, 1984). Já analisando-se adubações, dentro de preparo, no preparo convencional houve diferença significativa entre esterco bovino + ½ adubação mineral e os tratamentos testemunha, crotalária e milheto, o que, possivelmente, é devido ao teor mais alto de K nos adubos orgânicos. Na semeadura direta os tratamentos esterco e esterco + mineral se diferenciaram dos demais, provavelmente em virtude da concentração de K nestes adubos.

Tabela 11. Desdobramento da interação entre preparos e adubação referente às médias de K na camada de 0,05 a 0,10 m.

Adubação	Convencional	Semeadura Direta
Testemunha	0,6 A b	0,5 A b
Mineral	1,2 A ab	0,8 A b
Esterco	1,1 B ab	3,0 A a
Esterco + ½ ad. mineral	2,1 B a	3,2 A a
Crotalária	0,6 A b	0,5 A b
Milheto	0,5 A b	0,5 A b

Médias seguidas de mesma letra, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey no nível de 5 %.

4 CONCLUSÕES

Considerando-se o período de um ano de ação do manejo estudado, conclui-se que:

1. as adubações verde, orgânica e mineral causaram em geral alterações nas propriedades químicas do solo estudado;
2. o esterco de bovino e a associação esterco de bovino + metade da adubação mineral foram os tratamentos que causaram maiores aumentos nos teores dos elementos no solo;
3. o milheto e a crotalária não se diferenciaram quanto às suas influências nas propriedades químicas do solo;
4. os sistemas de preparo não influenciaram as propriedades químicas do solo.

REFERÊNCIAS

ADÂMOLI, J. et al. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDFERT, W. M. (Ed.) **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1996. p. 33-74.

ALCÂNTARA, F. A. et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 235-239, 1997.

CALEGARI, A. et al. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. (Coord.) **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1993. p. 1-56.

DEMATTÊ, J. L. I. **Levantamento detalhado dos solos do "CAMPUS" experimental de Ilha Solteira**. Piracicaba, SP: [S.n.], 1980. 131p. (Mimeogr.).

DERPSCH, R. Importância de la siembra directa para obtener la sustentabilidad de la producción agrícola. In: CONGRESSO NACIONAL DE AAPRESID, 5, 1997, Mar del Plata. **Anais...** Mar del Plata: [S.n.], 1997. p.153-176.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. rev. Brasília, DF; Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA-SPI; EMBRAPA-CNPS, 2006. 306 p.

_____. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa/CNPSO, 1997. 212p.

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**, Viçosa, v. 7, p. 161-165, 1983.

HOLANDA, J. S. **Utilização de esterco e adubo mineral em quatro seqüências de culturas em solo da encosta basáltica do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1981. 67p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande

do Sul.

HOLANDA, J. S.; TORRES FILHO, J.; BEZERRA NETO, F. Alterações na fertilidade de dois solos adubados com esterco de curral e cultivados com caupi. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, p. 301-304, 1984.

LUND, Z. F.; DOSS, B. D. Residual effects of dairy cattle manure on plant growth and soil properties. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, p. 123-30, 1980.

MARKERT, R. C. **Efeitos do preparo sobre algumas propriedades físicas, químicas e biológicas de um Latossolo Vermelho da região de Cerrado**. Ilha Solteira, 2001, 64 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

NUERNBERG, N. J. **Efeito de sucessões de culturas e tipos de adubação no rendimento e características de um solo na encosta basáltica sulrio-grandense**. Porto Alegre, 1983. 146 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Agronomia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RAIJ, B. Van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas, SP: Instituto Agronômico da Campinas, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).

REZENDE, M., KER, J. V. C.; BAHIA FILHO, F. C. Desenvolvimento sustentado do cerrado. In: ÁLVARES, V. H. V. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: SBCS, 1996. p. 169-200.

SANCHEZ, P. A.; LOGAN, T. J. Myths and science about the chemistry and fertility of soils in the tropics. In: LAL, R.; SANCHEZ, P. A. (Ed.). **Myths and science of soil of the tropics**. Madison: SSSA/ASA, 1992. p. 35-46. (Special Publication, 29).

Recebido em 16 dez. 08

Aceito em 19 jan. 09