

# ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO COM DIFERENTES PLANTAS DE COBERTURA EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO ORGÂNICO<sup>1</sup>

Luiz Fernando Favarato<sup>2</sup>, Jacimar Luiz de Souza<sup>3</sup>, João Carlos Cardoso Galvão<sup>4</sup>, Caetano Marciano de Souza<sup>5</sup>, Rogério Carvalho Guarçoni<sup>6</sup>

**RESUMO** - O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de plantas de cobertura sobre os atributos químicos do solo cultivado com milho verde orgânico, sob plantio direto na palha. O trabalho foi desenvolvido no município de Domingos Martins, ES, Brasil (20° 22' 16.91" S e 41° 03' 41.83" O), sendo disposto no delineamento experimental de blocos casualizado, com seis repetições, seguindo um esquema de parcelas subdivididas 5x2, sendo as parcelas constituídas por três coberturas de solo no sistema plantio direto orgânico: com palha de aveia-preta, com palha de tremoço-branco, pelo consórcio com ambas espécies e dois sistemas sem cobertura do solo, sendo um orgânico e outro convencional. As subparcelas foram constituídas por duas épocas de coleta de solo, antes da sementeira das plantas de cobertura e após a colheita do milho verde. Foi utilizado o híbrido duplo de milho AG-1051 no espaçamento de 1,00 x 0,20 m. Foram realizadas determinações de pH em água, os macronutrientes (P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>), parâmetros de fertilidade (H+Al, SB, T, V) e matéria orgânica. Os tratamentos sob manejo orgânico proporcionaram incrementos nos valores de pH, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> do solo. As plantas de cobertura estudadas não alteraram os atributos químicos do solo e apresentaram comportamento semelhante entre si. Os sistemas orgânico e convencional promoveram redução nos teores de MOS. A análise de componentes principais revelou que as áreas sob SPD orgânico com diferentes plantas de cobertura e sistema orgânico promoveram alterações semelhantes nos atributos químicos do solo, que diferiram do sistema convencional.

Palavras chave: *Avena strigosa*, *Lupinus albus*, macronutrientes.

## ATTRIBUTES CHEMICAL SOIL ON DIFFERENT COVER CROPS IN NO-TILLAGE ORGANIC SYSTEM

**ABSTRACT** – This study aimed to evaluate the influence of cover crops on the chemical properties of soil under organic green corn under no-tillage in the straw. The study was conducted in the municipality of Domingos Martins, ES, Brazil, being arranged in the experimental design of randomized blocks with six replications, following a split plot scheme 5x2, with the plots consisted of three cover crops no-tillage organic: with straw oat, straw white lupin, by the consortium with both species and two systems without ground cover, an organic and other conventional. The subplots consisted of two soil samples before sowing cover crops and after harvesting the corn. We used the corn hybrid double AG -1051 spaced 1.00 x 0.20 m. Evaluations conducted were pH made in water, macronutrients (P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup>), fertility parameters (H+Al, SB, T, V) and organic matter. Treatments under organic management provided increments in pH, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>. The studied cover

<sup>1</sup> Este trabalho foi extraído da Tese de Doutorado do primeiro autor. Fonte financiadora: CNPq

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor, Centro Regional Centro-Serrano, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Br 262, Km 94, 29375-000 Venda Nova do Imigrante, Espírito Santo, Brasil. luiz.favarato@incaper.es.gov.br (Autor para correspondência)

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor, Centro Regional Centro-Serrano, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Br 262, Km 94, 29375-000 Venda Nova do Imigrante, Espírito Santo, Brasil. jacimarsouza@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, 36.570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. jgalvao@ufv.br

<sup>5</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, 36.570-000, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. cmsouza@ufv.br

<sup>6</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor, Centro Regional Centro-Serrano, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Br 262, Km 94, 29375-000 Venda Nova do Imigrante, Espírito Santo, Brasil. rogerio.guarconi@incaper.es.gov.br



crops did not change soil chemical properties and behaved similarly to each other. The organic and conventional systems promoted a reduction in organic matter levels. The principal component analysis revealed that the areas under organic SPD with different plant cover and organic system promoted similar changes in soil chemical properties that differ from the conventional system.

*Keywords: Avena strigosa, Lupinus albus, macronutrients.*

## 1. INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto é uma realidade na agricultura brasileira, trazendo benefícios quanto à conservação e melhoria das qualidades físicas, químicas e biológicas do solo. Contudo, para assegurar a sustentabilidade, é fundamental sua associação a um sistema de rotação e sucessão de culturas diversificado, que produza adequada quantidade de resíduos culturais na superfície do solo durante todo o ano (Ceretta et al., 2002).

A eficácia do sistema plantio direto está relacionada, dentre outros fatores, com a quantidade e a qualidade de resíduos produzidos pelas plantas de cobertura, persistência destes resíduos sobre o solo, velocidade de decomposição e liberação de nutrientes (Torres & Pereira, 2008).

O efeito da cobertura vegetal sobre atributos químicos do solo é influenciado pela espécie de planta usada, a classe do solo, as condições climáticas e, sobretudo, com o tipo de manejo dispensado à planta de cobertura (Andreola et al., 2000; Osterroht, 2002). Segundo Osterroht (2002), entre os efeitos do uso de plantas de cobertura sobre a fertilidade do solo estão a adição de carbono orgânico, a maior capacidade de troca de cátions e a menor acidez; o aumento do fósforo disponível pela ação combinada de micorrizas e exsudatos das raízes; a complexação orgânica do Al e Mn que encontram-se em níveis tóxicos no solo; a adição de N ao sistema pela fixação biológica; a disponibilização de micronutrientes, fixados e indisponíveis devido ao uso excessivo de calagem e adubos químicos e a melhoria no desenvolvimento dos cultivos, aumentando a estabilidade nas produções, ao longo dos anos.

Almeida et al. (2008) após três anos de implantação da semeadura direta e com preparo convencional do solo, não verificaram efeito significativo das plantas de cobertura guandu, crotalária, mucuna-preta, milheto e do pousio sobre o pH, acidez potencial e teor de matéria orgânica no solo. Correia e Durigan (2008) por outro lado e após dois anos de semeadura direta

comparando diversas espécies de gramíneas usadas como cobertura do solo e a vegetação espontânea, observaram que as plantas de cobertura proporcionaram maior concentração de fósforo e matéria orgânica no solo. Cardoso et al. (2013) trabalhando com plantas de cobertura e espaçamentos concluíram que o cultivo das espécies de plantas de cobertura altera os teores de potássio e fósforo e não modifica os demais atributos químicos do solo, independente do espaçamento utilizado entre as plantas.

É fundamental a utilização de espécies produtoras de palhada que mobilizem os nutrientes na camada agricultável, retendo-os em sua fitomassa e os devolvendo ao solo durante a decomposição (Denardin & Kochhann, 1993), mesmo havendo necessidade de se avaliar a real contribuição dessas espécies e do seu manejo, com a finalidade de manter ou elevar a fertilidade do solo em áreas sob produção orgânica e melhorar a produtividade das culturas comerciais. Assim, com o presente trabalho teve-se o objetivo de avaliar a influência de plantas de cobertura sobre os atributos químicos do solo cultivado com milho verde orgânico, sob plantio direto na palha.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido na Unidade de Referência em Agroecologia do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão - INCAPER, localizada no município de Domingos Martins-ES, a uma altitude de 950 m (20° 22' 16.91" S e 41° 03' 41.83" O). Na Figura 1 são apresentados os dados de precipitação e temperatura durante a condução do experimento.

Toda área da Unidade de Referência é cultivada sob manejo orgânico desde 1990, possuindo 2,5 ha, subdivididos em 15 talhões de solos, onde se realizam as experimentações. A presente pesquisa foi desenvolvida no Talhão 05 (Figura 2) em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico argiloso (Embrapa, 1999), no período de outubro de 2013 a fevereiro de 2014.



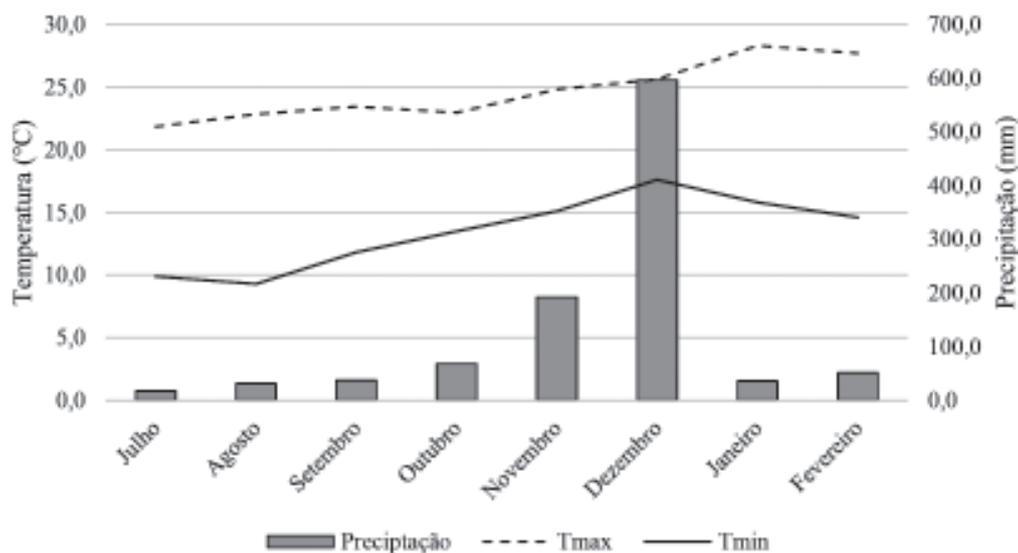


Figura 1 - Precipitação pluvial (mm) e temperaturas máxima e mínima (°C) durante a realização do experimento (22/10/2013 a 22/02/2014).

Fonte: INCAPER.



Figura 2 - Área do experimento com parcelas isoladas com placas de concreto para avaliação dos efeitos acumulativos de cada tratamento.

O experimento foi conduzido no delineamento em blocos casualizados com seis repetições no esquema de parcelas subdivididas no tempo, sendo as parcelas, com dimensões de 6,0 x 4,0 m e área útil de 16 m<sup>2</sup>, constituídas por três coberturas de solo no sistema plantio direto - SPD orgânico: com a palha da espécie gramínea aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb) - (G), com palha da espécie leguminosa tremoço-branco (*Lupinus albus* L.) - (L) e pelo consórcio com ambas

espécies - (G+L) e dois sistemas sem cobertura e com revolvimento do solo, sendo um orgânico - (SO) e outro convencional - (SC). As subparcelas foram constituídas por duas épocas de coleta de solo, antes da semeadura das plantas de cobertura e após a colheita do milho verde.

As plantas de cobertura foram semeadas no mês de julho de 2013, em linhas espaçadas de 0,35 m, com densidade de sementes nos sistemas solteiros de: 144

g por parcela para a aveia-preta ( $60 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e 204 g por parcela para o tremoço ( $85 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Nos consórcios, as densidades de semeadura e os gastos de sementes foram reduzidos pela metade, devido aos plantios serem realizados em linhas alternadas.

Após o assentamento das plantas de cobertura sobre a superfície do solo, feito quando as mesmas apresentavam-se em pleno florescimento, foi realizada a adubação orgânica, com a aplicação de compostos orgânicos (Tabela 1) na dose de  $1,5 \text{ kg m}^{-1}$  (peso seco) distribuído uniformemente, a lanço, sobre todas as parcelas experimentais sob manejo orgânico, precedendo a semeadura do milho-verde. Nas parcelas com cultivo convencional sem cobertura do solo, a adubação de plantio para o milho verde foi realizada com  $800 \text{ kg ha}^{-1}$  do formulado NPK 04-14-08. Aos 35 dias após a emergência do milho foi feita uma adubação de cobertura com  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de N com a aplicação de sulfato de amônio a lanço nas parcelas.

O híbrido AG-1051, com aptidão para milho-verde, foi semeado no mês de outubro de 2013 com auxílio de semeadora manual, no espaçamento de 1,00 m entrelinhas e 0,20 m entre plantas, com densidade de três sementes por cova, posteriormente desbastado para uma planta por cova, estabelecendo 120 plantas por parcela, equivalendo a uma população de 50.000 plantas por hectare, sem emprego da adubação suplementar em cobertura para parcelas com cultivo orgânico.

Foram coletadas amostras de solo na camada de 0,00-0,20 m, sendo seis amostras simples por parcela, em duas épocas, antes da implantação das plantas de cobertura e após a colheita das espigas do milho. Em cada parcela, na correspondente época, foram formadas amostras compostas, advindas das seis repetições, posteriormente identificadas e levadas para o laboratório de análise de solo do INCAPER no qual foi feita a determinação do pH em água, os macronutrientes (P,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ ), parâmetros de fertilidade (H+Al, SB, T, V) e matéria orgânica, conforme Embrapa (1997).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, as médias das parcelas foram comparadas utilizando o teste de Tukey a 5 % de probabilidade, as médias das épocas, antes e depois, foram comparadas utilizando o teste t de Student a 5 % de probabilidade e foram realizadas análises de componentes principais para agrupar os tratamentos das parcelas, mediante exames visuais em dispersões gráficas. Para as análises estatísticas foi utilizado o programa SAEG (Ribeiro Júnior, 2001).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de matéria seca das coberturas de aveia-preta, tremoço-branco e do consórcio com ambas espécies foram respectivamente, 5.695, 6.280 e  $7.133 \text{ kg ha}^{-1}$ . Estes valores apresentam-se próximos aos  $6.000 \text{ kg ha}^{-1}$  propostos por Alvarenga et al. (2001), que consideram esta quantidade suficiente para se obter boa cobertura do solo e, conseqüentemente a manutenção do plantio direto.

Na figura 2A observa-se que os valores de P elevaram-se em 34, 36, 57 e 64 % após o cultivo do milho, respectivamente para os tratamentos sistema orgânico, SPD sobre palha de aveia-preta, SPD sobre palha de tremoço-branco e SPD sobre palha do consórcio aveia/tremoço. Este aumento deve-se ao efeito do maior aporte de P via composto orgânico ( $105 \text{ kg ha}^{-1}$  de P) quando comparada a adubação química ( $49 \text{ kg ha}^{-1}$  de P) aplicada no tratamento sistema convencional. Nota-se também que os teores de P, tanto iniciais, quanto finais, para o sistema convencional apresentaram-se inferiores os observados nos demais tratamentos, indicando que a adubação química realizada neste tratamento está garantindo apenas a manutenção dos teores de P no solo sem promover elevação dos mesmos.

Moreti et al. (2007) também obtiveram incremento de P na camada de 0,00-0,20 m, em relação a condição inicial, com aumento médio de  $63,2 \text{ mg dm}^{-3}$ , quando aplicado  $14 \text{ t ha}^{-1}$  de esterco de galinha no sistema plantio direto de feijão. Os autores atribuem este

Tabela 1 - Composição do composto orgânico usado nas adubações

Produto	M.O (dag $\text{kg}^{-1}$ )	C/N	pH	Macronutrientes (dag $\text{kg}^{-1}$ )				
				N	P	K	Ca	Mg
Composto	33	13/1	7,8	1,5	0,7	1,7	1,8	0,3



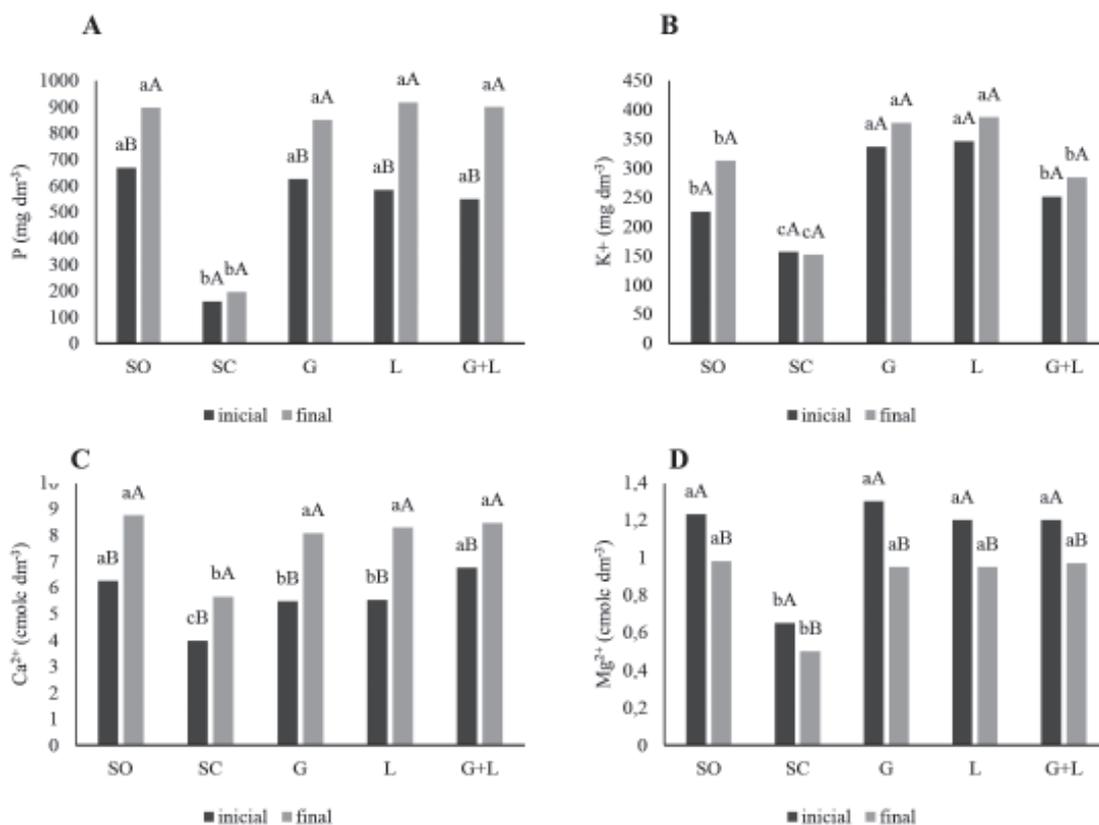


Figura 2 - Valores médios de macronutrientes do solo antes da semeadura das plantas de cobertura (inicial) e após o cultivo do milho verde (final) em diferentes sistemas de cultivo: (a) fósforo; (b) potássio; (c) cálcio e (d) magnésio. Barras seguidas pelas mesmas letras minúsculas não apresentaram diferença significativas, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade, entre tratamentos dentro da mesma época. Barras seguidas pelas mesmas letras maiúsculas não apresentaram diferença significativas, pelo teste de t de Student a 5 % de probabilidade, entre épocas (antes e depois) dentro do mesmo tratamento. SC – Sistema convencional sem palha; SO – Sistema orgânico sem palha; G – SPD orgânico com palha de gramínea; L – SPD orgânico com palha de leguminosa; G + L – SPD orgânico com palha de gramínea + leguminosa.

incremento à quantidade do nutriente fornecida pelo esterco de galinha (96,6 kg ha<sup>-1</sup> de P).

Para o potássio, nota-se que não houve diferença significativa entre os valores iniciais e finais (Figura 2B), sendo relacionada à extração deste nutriente pelo milho, visto que, o K é o nutriente mineral extraído em maior quantidade pelo milho, segundo Coelho (2006) sendo na ordem de 259 kg ha<sup>-1</sup>, valor semelhante ao aporte de 225 kg ha<sup>-1</sup> aplicado via composto orgânico e superior aos 64 kg ha<sup>-1</sup> aplicado via adubo químico, além disso, parte do K aplicado pode ter sido perdido via lixiviação, devido ao elevado volume de chuva observado durante a condução do experimento, principalmente no mês de dezembro (Figura 1).

Segundo Werle et al (2008), a lixiviação de K aumenta com o incremento da dose aplicada sendo maior em condições de solo que apresentam teor inicial mais elevado, nestas condições os autores observaram que cerca de 67 % do K aplicado na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> foi percolado no solo de textura argilosa sob aplicação de 1.600 mm de água.

Para valores de Ca<sup>2+</sup> observa-se na Figura 2C que em todos os tratamentos ocorreu incremento após o cultivo do milho, sendo relacionado ao aporte de cálcio via adubação, com a adição de 270 e 117,6 kg ha<sup>-1</sup> de Ca<sup>2+</sup>, respectivamente, para os tratamentos que receberam composto orgânico e adubo químico. Estes valores são bem superiores aos 32 kg ha<sup>-1</sup> de Ca extraído pelo



milho (Coelho, 2006), sendo suficientes para atender a demanda da cultura e promover o incremento dos teores deste nutriente no solo.

Diferentemente do ocorrido para  $\text{Ca}^{2+}$ , os valores do  $\text{Mg}^{2+}$  reduziram em todos os tratamentos, após o cultivo do milho, comparados aos valores iniciais, indicando que a aplicação de magnésio via composto orgânico ( $45 \text{ kg ha}^{-1}$ ) não foi suficiente para suprir a demanda do milho e manter os níveis deste nutriente no solo. No entanto pode ter ocorrido lixiviação de parte do  $\text{Mg}^{2+}$  no perfil do solo, dado aos elevados teores de  $\text{Ca}^{2+}$ , ocupando grande parte da CTC, e principalmente nos tratamentos com a presença de palhadas, como observado por Steiner et al. (2011), que atribuem a movimentação de cátions 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). Para os tratamentos sob sistema convencional a redução nos teores de  $\text{Mg}^{2+}$  deve-se ao não aporte deste nutriente via adubação.

Na Figura 3A, observa-se que, após o cultivo do milho, os valores de pH do solo elevaram-se em 9,17 %, no sistema orgânico; 7,32 % no SPD orgânico com palha de gramínea; 8,09 % no SPD orgânico com palha de leguminosa e 9,70 % no SPD orgânico com palha do consórcio gramínea/leguminosa, sendo superiores ao tratamento sob manejo convencional.

Este resultado pode estar relacionado à adubação realizada nos diferentes tratamentos, no caso dos tratamentos sob manejo orgânico, com a adição do composto orgânico, nota-se incremento nos valores de CTC efetiva e total do solo após o cultivo do milho (Figura 3C e D), proporcionando maior número de sítios com cargas negativas, favorecendo a adsorção de íons  $\text{H}^+$  (Mantovani et al., 2005). Alguns trabalhos encontrados na literatura relatam a elevação de pH em razão da aplicação de adubos orgânicos (Silva et al., 2008; Pimentel et al., 2009).

Segundo Heckler et al. (1998), quando a matéria orgânica do solo é mineralizada, ocorre a transformação do material orgânico em substâncias orgânicas (ácidos orgânicos e húmus) e minerais (nitratos, fosfatos, sulfatos, formas amoniacais, gás carbônico, água, etc.).

promovendo aumento das cargas negativas do solo e elevação do pH. A ocorrência de sítios negativamente carregados responde à habilidade de MO reter cátions no complexo sortivo do solo, cuja contribuição pode atingir até 80 % da CTC do solo, ou seja, a mineralização aplica-se às transformações dos elementos C, N, P e S (Silva & Resck, 1997).

No sistema convencional observa-se que o pH não variou entre o início e o final do experimento (Figura 3A), tal efeito pode ser explicado pela adubação ter sido realizada com adubos químicos, com a adição de N via sulfato amônio que apresenta o potencial de promover a acidificação do solo através do processo de nitrificação (Sousa & Silva, 2009).

Para valores de soma de bases (Figura 3B), observa-se incrementos de  $2,28 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  no sistema orgânico;  $1,35 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  no sistema convencional;  $2,18 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  no SPD orgânico com palha de gramínea;  $2,46 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  no SPD orgânico com palha de leguminosa e  $1,14 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  no SPD orgânico com palha do consórcio gramínea/leguminosa. Estes incrementos podem ser explicados pelo aumento nos valores do  $\text{Ca}^{2+}$  observados no solo dos diferentes tratamentos (Figura 2C), visto que, os valores deste macronutriente representaram a maior proporção das bases para determinação dos valores de soma de bases no presente trabalho.

Nota-se também que os valores inicial e final de soma de bases do tratamento sistema convencional apresentaram-se inferiores aos observados para os demais tratamentos, fato explicado pelos menores teores de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  obtidos no solo deste tratamento em relação aos demais (Figura 2B, C e D). Além disso, observa-se que os valores de soma de bases são os mesmos obtidos para CTC efetiva, indicando que os sítios de troca catiônica encontram-se saturados pelas bases presentes no solo.

Para saturação por bases (Figura 3E), observam-se incrementos dos valores obtidos nos solos de todos os tratamentos após o cultivo do milho-verde, que pode ser explicado pelo aumento dos valores de soma de bases, sendo estes superiores aos incrementos observados para valores de CTC total, visto que, para a obtenção dos valores de saturação por bases utiliza-se a razão entre soma de bases pela CTC total.

Na Figura 3 F, observa-se que os teores de matéria orgânica do solo reduziram nos tratamentos sob sistema



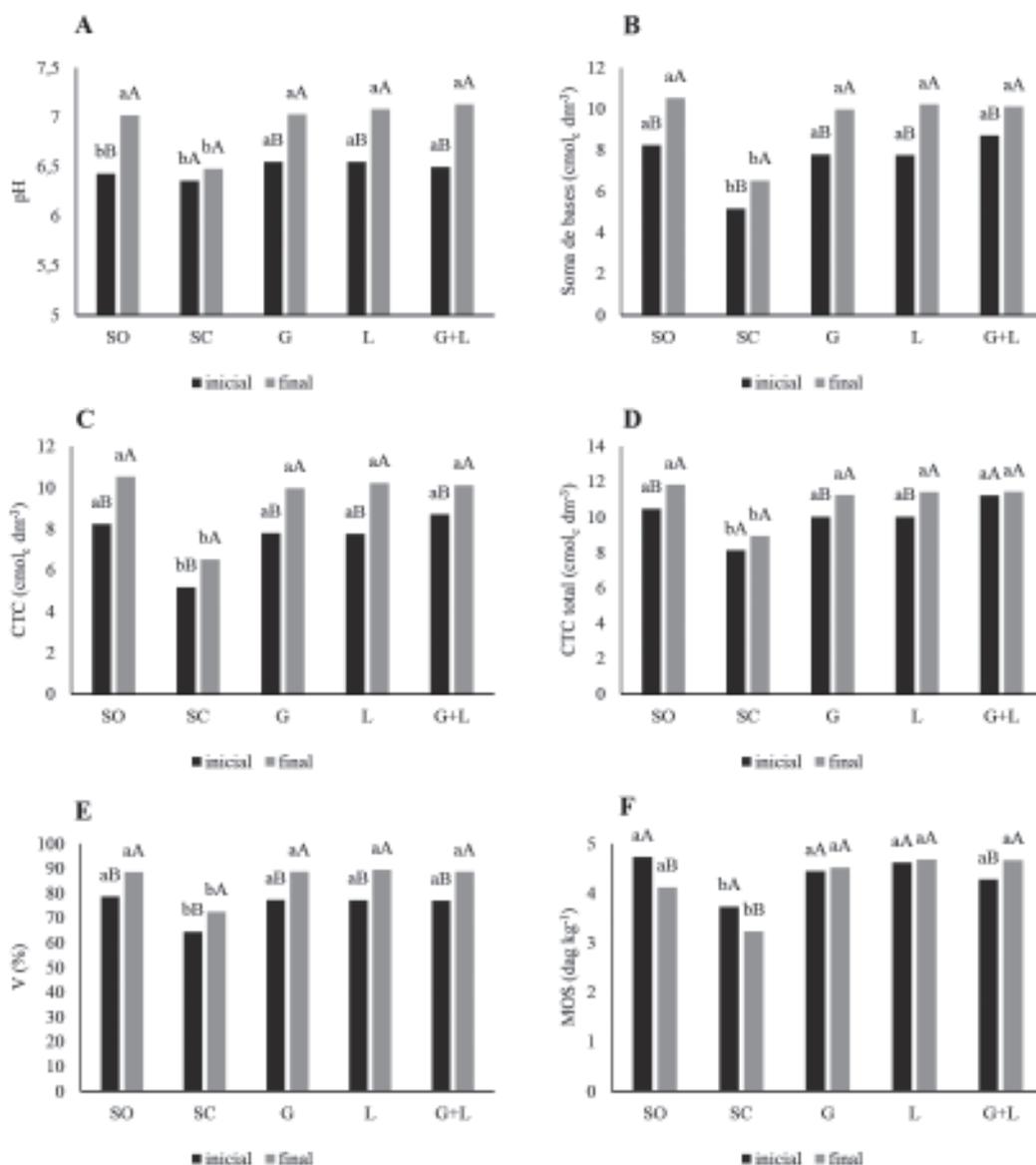


Figura 3 - Valores médios de parâmetros de fertilidade do solo antes da semeadura das plantas de cobertura (inicial) e após o cultivo do milho verde (final) em diferentes sistemas de cultivo: (a) pH; (b) soma de bases; (c) CTC (t); (d) CTC total (T); (e) saturação por bases e (f) matéria orgânica do solo. Barras seguidas pelas mesmas letras minúsculas não apresentaram diferença significativas, pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade, entre tratamentos dentro da mesma época. Barras seguidas pelas mesmas letras maiúsculas não apresentaram diferença significativas, pelo teste de t de Student a 5 % de probabilidade, entre épocas (antes e depois) dentro do mesmo tratamento. SC – Sistema convencional sem palha; SO – Sistema orgânico sem palha; G – SPD orgânico com palha de gramínea; L – SPD orgânico com palha de leguminosa; G + L – SPD orgânico com palha de gramínea + leguminosa.

convencional e orgânico após o cultivo do milho-verde, evidenciando que além do menor aporte de carbono ao solo, via composto orgânico no sistema orgânico, o revolvimento intenso do solo para o preparo do mesmo

proporcionou a elevação da taxa de mineralização da MOS, reduzindo seus teores. Bayer et al. (2000) verificou aumento, em praticamente o dobro, da taxa de decomposição da matéria orgânica no solo em sistema



de preparo convencional em comparação ao sistema plantio direto em um Argissolo Vermelho.

Observa-se também, pela Figura 3F, que os teores de MOS do tratamento sob manejo convencional apresentam-se inferiores os teores dos demais tratamentos, tanto no início quanto no final do cultivo do milho-verde, indicando que, além do revolvimento intensivo do solo, a adubações realizadas com fertilizantes químicos com sulfato de amônio, podem ter proporcionado aumento da taxa de mineralização da MOS.

Na Figura 4, pode-se observar que a dispersão dos tratamentos com base nas respectivas coordenadas relativas aos dois primeiros componentes principais, CP1 e CP2, que os tratamentos sob manejo orgânico, ou seja, sistema orgânico, SPD orgânico sobre palha de gramínea, leguminosa e do consórcio formam um grupo e o tratamento sistema convencional outro grupo e que os dois componentes absorveram 94,26 % da variação existentes nas características originais antes do cultivo das plantas de cobertura. Esses resultados corroboram com os encontrados por Ferreira et al. (2010), que relataram um efeito claro do sistema de manejo do solo no agrupamento dos tratamentos porém sem efeito das plantas de cobertura e das rotações de culturas.

Na Figura 5, observa-se que após o cultivo do milho, com base nas respectivas coordenadas relativas aos dois primeiros componentes principais, CP1 e CP2, ocorreu a formação de dois grupos distintos, sendo

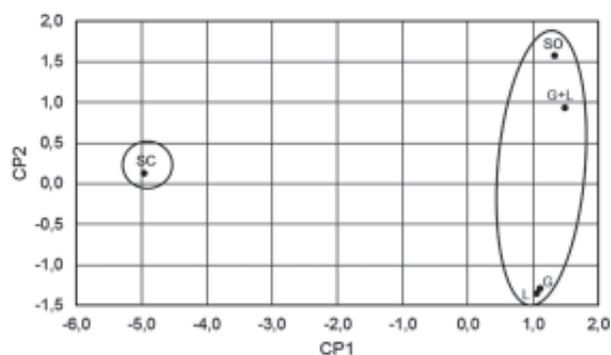


Figura 4 - Diagrama de dispersão em relação aos dois primeiros componentes principais antes da cultura de cobertura. SC – Sistema convencional sem palha; SO – Sistema orgânico sem palha; G – SPD orgânico com palha de gramínea; L – SPD orgânico com palha de leguminosa; G + L – SPD orgânico com palha de gramínea + leguminosa.

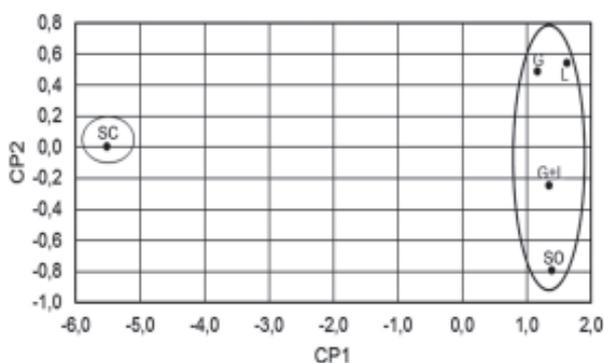


Figura 5 - Diagrama de dispersão em relação aos dois primeiros componentes principais após o cultivo do milho. SC – Sistema convencional sem palha; SO – Sistema orgânico sem palha; G – SPD orgânico com palha de gramínea; L – SPD orgânico com palha de leguminosa; G + L – SPD orgânico com palha de gramínea + leguminosa.

o primeiro composto pelos tratamentos sob manejo orgânico, ou seja, sistema orgânico, SPD orgânico sobre palha de gramínea, leguminosa e do consórcio e o segundo pelo tratamento sistema convencional. Os dois primeiros componentes escolhidos, absorveram 98,35% da variação existentes nas características originais.

As características que mais influenciaram na separação dos grupos foram P, K, Ca, Mg e MOS, com menores valores para o tratamento sistema convencional. Valarini et al. (2007) relataram em trabalho realizado com solos de propriedades orgânicas (SO) e convencionais (SC), que a análise de componentes principais permitiu concluir que há maior grau de similaridade entre os solos sob SO e aqueles das bases referenciais (matas), com respeito aos indicadores químicos (V%, pH, teores de Mg, Ca e Mn) e biológicos (polissacarídeos, desidrogenase e FDA – Hidrólise de Acetato de Fluoresceína).

#### 4. CONCLUSÕES

Os tratamentos sob manejo orgânico proporcionaram incrementos nos valores de pH, P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> do solo.

As plantas de cobertura estudadas não alteraram os atributos químicos do solo e apresentaram comportamento semelhante entre si.

Os sistemas orgânico e convencional promoveram redução nos teores de MOS.



A análise de componentes principais revelou que as áreas sob SPD orgânico com diferentes plantas de cobertura e sistema orgânico promoveram alterações semelhantes nos atributos químicos do solo, que diferiram do sistema convencional.

## 5. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural pelo apoio físico-financeiro. Aos funcionários do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural pelo auxílio na condução dos experimentos de campo.

## 6. LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, V.P.; ALVES, M.C.; SILVA, E.C. et al. Rotação de culturas e propriedades físicas e químicas em Latossolo Vermelho de cerrado sob preparo convencional e semeadura direta em adoção. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, p.1227-1237, 2008.
- ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v.22, p.25-36, 2001.
- ANDREOLA, F.; COSTA, L.M.; MENDONÇA, E.S. et al. Propriedades químicas de uma Terra Roxa Estruturada influenciadas pela cobertura vegetal de inverno e pela adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.24, p.609-620, 2000.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C. et al. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v.54, p.101-109, 2000.
- CARDOSO, D.P.; SILVA, M.L.N. CARVALHO, G.J. et al. Espécies de plantas de cobertura no condicionamento químico e físico do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, p.375-382, 2013.
- CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; HERBES, M.G. et al. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v.32, p.49-54, 2002.
- COELHO, A.M. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10p. (Circular Técnica,78).
- CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C. Culturas de cobertura e sua influência na fertilidade do solo sob sistema de plantio direto (SPD). **Bioscience Journal**, v.24, p.20-31, 2008.
- DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A. Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto. In: CNPT-EMBRAPA, FUNDACEP-FECOTRIGO, Fundação ABC. **Plantio Direto no Brasil**. Passo Fundo, Aldeia Norte, 1993. p.19-27.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999. 412p.
- FERREIRA, E.P.B.; SANTOS, H.P.; COSTA, J.R. et al. Microbial soil quality indicators under different crop rotations and tillage managements. **Revista de Ciência Agrônômicas**, v.41, p.177-183, 2010.
- HECKLER, J.C.; HERNANI, L.C.; PITOL, C. Palha. In: SALTON, J.C.; HERNANI, L.C.; FONTES, C.Z., (Eds). **Sistema de plantio direto**. Brasília, Embrapa-Agropecuária Oeste, 1998. p.38-49.
- MANTOVANI, J.R.; FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. et al. Alterações nos atributos de fertilidade em solo adubado com composto de lixo urbano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.817-824, 2005.
- MORETI, D. ALVES, M.C.; VALÉRIO FILHO, W.V. et al. Atributos químicos de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.167-175, 2007.
- OSTERROHT, M. VON. O que é uma adubação verde: Princípios e ações. **Agroecologia. Hoje**, v.14, p.9-11, 2002.



PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M. Mobilidade de calcário no solo através de resíduo de aveia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE AVEIA, 18. Londrina, 1998. **Anais...** Londrina, Reunião Brasileira de Aveia, 1998, p.72-78.

PIMENTEL, M.S.; DE-POLLI, H. LANA, A.M.Q. Atributos químicos do solo utilizando composto orgânico em consórcio de alface-cenoura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.39, p.225-232, 2009.

RIBEIRO JUNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa, Editora UFV, 2001. 301p.

SILVA, J.C.P.M.; MOTTA, A.C.V.; PAULETTI, V. et al. Esterco líquido de bovinos leiteiros combinado com adubação mineral sobre atributos químicos de um Latossolo Bruno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.3, p.2563-2572, 2008.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M., (Ed). **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina, Embrapa-CPAC, 1997. p.466-524.

SOUSA, R.A.; SILVA, T.R.B. Acidificação de um Latossolo Vermelho Distroférico em função da aplicação de nitrogênio oriundo de uréia, sulfato de amônio e sulfammo. **Cultivando o Saber**, v.2, p78-83, 2009.

STEINER, F. COSTA, M.S.S.M.; COSTA, L.A.M. et al. Atributos químicos do solo em diferentes sistemas de culturas e fontes de adubação. **Global Science and Technology**, v.4, p.16-28, 2011.

TORRES, J.L.R.; PEREIRA, M.G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.1609-1618, 2008.

VALARINI, P.J.; FRIGHETTO, R.T.S.; SCHIAVINATO, R.J. et al. Análise integrada de sistemas de produção de tomateiro com base em indicadores edafobiológicos. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.60-67, 2007.

WERLE, R.; GARCIA, R.A.; ROSOLEM, C.A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2297-2305, 2008.

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, p.257-262. 1999.

Recebido para publicação em 11/10/2015 e aprovado em 09/12/2015.

