

Atributos químicos do solo modificados por diferentes sistemas de cultivo associados a culturas antecessoras ao cultivo do milho, nos Tabuleiros Costeiros

¹Alceu Pedrotti, ¹Tácio Oliveira da Silva (*In memoriam*), ²Eloá Moura Araújo, ³Renisson Neponuceno de Araújo Filho, ¹Francisco Sandro Rodrigues Holanda

¹Universidade Federal de Sergipe, Departamento de Engenharia Agrônômica, Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Rosa Elze, Campus Universitário, CEP 49.100-000, São Cristóvão, SE, Brasil. E-mail: alceupedrotti@gmail.com, fholanda@infonet.com.br

² Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Av. Pádua Dias, 11, CEP 13.418-260, Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: eloama_@hotmail.com

³ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua D. Manoel Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52.171-900, Recife, PE, Brasil. E-mail: nepoaraujo@gmail.com

Resumo: Os sistemas de manejo conservacionista do solo, quando associadas a culturas antecessoras a cultura do milho podem promover significativa melhoria dos atributos químicos do solo, condicionando maiores níveis de produtividade do milho. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de atributos químicos do solo influenciados por diferentes sistemas de manejo, associado ao uso de culturas antecessoras ao cultivo do milho em espigas (*Zea mays* L.) sob experimento de longa duração em um Argissolo Vermelho-Amarelo nos Tabuleiros Costeiros no estado de Sergipe. Para isto, analisou-se um experimento implantado em 2001, como delineamento de faixas experimentais (onde implantou-se os sistemas de cultivo) com parcelas subdivididas (onde implantou-se as culturas antecedentes), resultando 12 tratamentos que associam três sistemas de manejos de solos - cultivo convencional (CC), cultivo mínimo (CM) e o plantio direto (PD) e, quatro culturas antecedentes ao milho doce (duas comerciais: amendoim (*Arachis hypogaeae*) e feijão (*Phaseolus vulgaris*); e duas plantas de cobertura: guandu (*Cajanus cajan*) e crotalária (*Crotalaria juncea*), com três repetições. Para as condições do experimento, as culturas antecedentes contribuem com aumento nos teores de macro e micronutrientes, nas camadas mais superficiais do solo (principalmente nos sistemas mais conservacionistas), o PD favorece os maiores incrementos para CTC a pH 7,0, fósforo e matéria orgânica quando comparado ao CM e CC. Em termos gerais, o PD promove maiores incrementos de macro e micronutrientes quando comparado ao CM e CC, nas diferentes camadas do perfil do solo. A adoção de sistemas conservacionistas quando associados a culturas antecedentes eficientes na absorção de nutrientes, promovem maior ciclagem destes, contribuindo para a elevação de níveis mais elevados de produtividade do milho.

Palavras chave: *Zea mays* L., Manejo do solo, Plantio direto

Chemical attributes of soil under different tillage systems associated with preceding crops to maize cultivation in the Coastal Table lands

Abstract: The conservationist soil management systems when associated with preceding crop to maize cultivation can promote significant improvement in chemical attributes of soil, conditioning highest maize productivity levels. The objective of this study was to evaluate the behavior of soil chemical properties influenced by different management systems associated with the use of previous crops to the cultivation of sweet corn (*Zea mays* L.) under long-term experiment in an Ultisol in Coastal Plains in the state of Sergipe (Northeast of Brazil). For this, an experiment implemented in 2001 was analyzed with experimental design in tracks (where the farming systems were set up) with split plots (previous cropping), resulting in 12 treatments combination of three management systems of soil - conventional tillage (CC), minimum tillage (MT) and no-tillage (NT) and four crops preceding the corn (two commercial: Peanut (*Arachis hypogaeae*) and beans (*Phaseolus vulgaris*), and two green manure: pigeon pea (*Cajanus cajan*) and sunhemp (*Crotalaria juncea*), with three replications. For the experimental conditions, preceding crop contribute to increase the levels of macro and micronutrients, in the upper layers of the soil (mainly in the conservation systems), the No Tillage (NT) favors larger increments for CEC at pH 7.0, phosphorus and organic matter compared to the minimum

tillage (MT) and conventional tillage (CT). overall, the NT promotes higher increments of macro and micronutrients when compared to the MT and CT in the different layers of the profile soil. The adoption of conservation systems when associated with preceding crops efficient in nutrient absorption, promotes greater recycling of these nutrients, contributing to increase the corn productivity levels.

Keys word: *Zea mays* L., Soil management, Zero tillage

Introdução

A produção de grãos, em especial o milho, tem um papel de destaque no desenvolvimento do Nordeste Brasileiro, principalmente na Bahia e Sergipe onde cada vez mais, tem sido empregado sistemas de cultivo aliado ao elevado emprego de tecnologia, atingindo produtividades de até 10 Mg ha⁻¹ (Carvalho, 2009). O Estado de Sergipe era o terceiro maior produtor de milho no Nordeste até o ano de 2008 com uma produção de 584.786 Mg, porém em 2009 obteve um aumento de produção para 703.292 Mg, superando o Estado do Ceará (538.962 Mg), que atualmente é o terceiro maior produtor do Nordeste. Na última safra, o Estado de Sergipe atingiu uma produção de 1.055.166 Mg, confirmando o seu segundo lugar, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], (2010).

O milho está entre as culturas anuais mais importantes por gerarem renda e emprego nos Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil, o qual perfaz cerca de 45% da região Nordeste. Apesar de sua importância, os solos dos Tabuleiros Costeiros apresentam limitações naturais nos aspectos químicos e físicos, associado à predominância da caulinita na fração argila, com consequente baixa fertilidade natural (Cintra et al., 2001). A implementação de práticas de manejo do solo que favoreçam um maior aporte de matéria orgânica, que disponibilize fósforo e outros nutrientes no solo favorecerá a melhoria de sua fertilidade, resultando em níveis mais elevados de sustentabilidade destas explorações agrícolas.

Uma tecnologia eficiente nas principais regiões agrícolas do país, para aumentar a capacidade produtiva dos solos é a adoção de sistemas conservacionistas associados ao uso da sucessão de culturas de espécies vegetais, pois incrementarem resíduos ao solo, aspecto da prevenção de erosão e melhoria da reciclagem de nutrientes, principalmente das camadas mais profundas para superfície do solo. As leguminosas são conhecidas pela sua capacidade de fixar nitrogênio da atmosfera, que pela menor

relação C/N, resulta em rápida decomposição, com a consequente liberação de N acumulado, de P e K reciclados e outros nutrientes ao solo (Marcelo et al., 2009), como o Ca presente na lamela média da parede celular dos vegetais (Epstein, Bloom, 2006 & Scherer et al., 2007).

Segundo Pedrotti e Holanda (2003), as leguminosas mais promissoras para a região nordeste, pelas suas condições edafoclimáticas específicas, são a mucuna preta, *Crotalaria juncea*, feijão-de-porco, feijão bravo do Ceará e feijão Guandu. No entanto, a inexistência de resultados de pesquisa para a região dos Tabuleiros Costeiros sergipano, marcadamente de longa duração é um impedimento à adoção do uso mais efetivo e corriqueiro desta prática agrônômica. A utilização das mesmas é muito importante, pois os solos desta região, na maioria das vezes, são ácidos e perdem rapidamente a matéria orgânica pelas suas condições climáticas, sofrendo degradação, agravado por explorações inadequadas.

Dentro deste cenário, o objetivo neste estudo foi avaliar o comportamento de atributos químicos do solo influenciados por diferentes sistemas de manejo de solo associados com culturas antecedentes ao milho doce (*Zea mays* L.) em experimento de longa duração, em um Argissolo Vermelho-Amarelo nos Tabuleiros Costeiros no estado de Sergipe.

Material e métodos

O experimento, objeto do presente estudo, foi implantado em 2001, na Estação Experimental Campus Rural, do Departamento de Engenharia Agrônômica [DEA], da Universidade Federal de Sergipe [UFS], no Povoado Timbó, à margem direita do rio Poxim, localizado na porção central da região fisiográfica do Litoral, na área rural do município de São Cristóvão – Estado de Sergipe, Nordeste do Brasil (coordenadas geográficas 10°19' S e longitude 36°39' O), com altitude média de 22 m em relação ao nível do mar. O solo da área experimental é classificado como

Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico (Embrapa, 2013). A região possui clima classificado por Köppen, do tipo As' - tropical chuvoso com verão seco, com pluviosidade em torno de 1200 mm anuais, com chuvas

concentradas no período de abril a setembro. As análises, químicas e granulométricas do solo, para a safra de 2005, conforme a Tabela 1 (Resende, 2009).

Tabela 1 – Teores de parâmetros físicos e químicos nos horizontes do Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, cultivado com leguminosas em antecessão a cultura do milho verde. São Cristóvão, SE, 2010.

Parâmetro / Horizonte	A (0-12 cm.)	A/Bt (13-24 cm.)	Bt (25-58 cm.)
pH em água (1:2,5) ¹	6,2	5,8	4,8
P (Fósforo) – mg dm ⁻³	1,3	2,0	0,1
K (Potássio) – mg dm ⁻³	6,8	7,1	5,6
Al (Alumínio) – cmol _c dm ⁻³	0,95	0,15	1,4
Matéria Orgânica – dag kg ⁻¹	1,0	1,8	0,6
Areia - g kg ⁻¹	857,9	517,8	308,8
Argila - g kg ⁻¹	106,6	379,1	643,3
Silte - g kg ⁻¹	35,5	102,5	47,9

¹ Análises químicas realizadas de acordo com a metodologia descrita pela Embrapa (1997).

Fonte: Resende (2009).

Os tratamentos, em número de 12 (doze), que consistiram da combinação entre as quatro culturas antecedentes do milho – amendoim (*Arachis hipogea*), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), crotalária (*Crotalaria juncea* L.) e feijão guandu (*Cajanus cajan*), sendo as duas primeiras plantas comerciais, e as duas últimas utilizadas como plantas de cobertura do solo, com três sistemas de manejo - cultivo convencional (CC), cultivo mínimo (CM) e plantio direto (PD), foram semeadas, antes do milho, de janeiro a abril, de cada ano, permanecendo em média por 90 dias, até o pleno florescimento, e incorporadas ao solo (CC e CM) ou acamada a superfície (PD). Para a adubação das culturas antecedentes, empregou-se ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio, correspondendo a 60, 80 e 70 kg.ha⁻¹, respectivamente de N, P e K, sendo o N aplicado 50% na semeadura e 50% aos 30 dias após a germinação das plântulas.

As parcelas experimentais apresentaram área total de 60 m² (6 m x 10 m), com espaço entre faixas para permitir a manobra de máquinas e implementos sem prejuízo da parcela vizinha e, seguindo o sistema de irrigação implantado na área experimental. Desta forma, obteve-se o fatorial 3x4, oriundo da adoção de três sistemas de manejo de solos, com as quatro culturas antecedentes ao milho. O delineamento experimental adotado consiste em faixas

experimentais (onde implantou-se os sistemas de manejo do solo) com parcelas subdivididas (onde implantou-se as culturas antecedentes ao milho), conforme Pimentel et al. (1987), com três repetições, totalizando 36 parcelas experimentais.

Antes do plantio do milho, no preparo do solo utilizou-se grade niveladora (atuação média até 10 cm) + arado de discos (atuação média até 30 cm) + grade niveladora para o CC; grade niveladora leve fechada (atuação média até 08 cm) para o CM e nenhum implemento de preparo para o sistema PD, sendo que as plantas daninhas controladas neste sistema por capina manual associadas ao uso de herbicidas de ação total (antes da semeadura - Glyphosate) ou seletivo (no milho - Nicosulfuron), ou capina manual (principalmente para as culturas antecedentes), operações estas adotadas quando necessárias, devido a presença de invasoras.

O milho - BM 3060 da Biomatrix - variedade é de duplo propósito (produção de espiga de milho verde e forragem), plantou-se anualmente (no período entre Abril e Maio) respeitando um espaçamento médio de 0,2 m (linha) e 0,8 m (entrelinha), constituindo doze linhas de 6 metros de comprimento por subparcela. Para a semeadura, utilizou-se plantadeira-adubadeira manual que possibilitava a adubação de base. Os nutrientes aplicados na época da semeadura do milho consistiram de nitrogênio na forma de uréia

(45% de N), fósforo na forma de superfosfato triplo (42% de P_2O_5) e o potássio na forma de cloreto de potássio (58% de K_2O), correspondendo a 120, 90 e 110 $kg.ha^{-1}$, respectivamente de N, P e K, sendo o N aplicado 50% na semeadura e 50% aos 30 dias após a germinação das plântulas. Estes valores foram obtidos baseados na análise de solo e nas recomendações estabelecidas para a cultura do milho, conforme Sobral 4M 4M. (2007). A calagem, para a correção da acidez do solo e fornecimento de cálcio e magnésio é realizado de acordo com a análise química do solo, seguindo as recomendações técnicas, para a cultura do milho no estado de Sergipe (Sobral 4M 4M, 2007) e, em média a cada 5 anos.

Na época da colheita do milho (entre setembro e novembro de cada ano) foram coletadas amostras simples na linha de semeadura do milho, em 6 a 8 pontos por subparcela e, em seguidas homogeneizadas, para formar amostras compostas de solo, nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm. As sub-amostras do solo foram colocadas para secar ao ar e depois passada em peneiras de 2 mm de abertura, constituindo a terra fina seca ao ar (TFSA), para em seguida ser realizada as análises de caracterização química de acordo com a metodologia descrita pela Embrapa (2009). Essa caracterização química consistiu na determinação dos valores de pH em água, das concentrações de fósforo por colorimetria, de potássio por fotometria de chama, de cálcio, magnésio e acidez potencial (H+Al) por titulometria e a matéria orgânica do solo (M.O.), pela metodologia descrita pela Embrapa (2009). A concentração da M.O. foi determinada através da determinação da concentração do carbono orgânico total, onde se faz o produto do carbono orgânico total e o índice 1,724 (Stevenson, 1995). A partir dessas concentrações das bases (K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) foram calculados os valores da saturação por alumínio ($\%m = Al^{3+}/CTC \text{ pH } 7,0$), da soma de bases ($SB = K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$) e da capacidade de troca catiônica ($CTC \text{ a pH } 7,0 = K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+} + Al + H^+$). Determinaram-se as concentrações de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) das amostras de solo, através da espectrometria de absorção atômica (Embrapa, 2009).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, em seguida, as médias, quando significativas foram comparadas pelo teste de médias, Tukey a 5% de probabilidade (Banzatto & Kronka, 2006). Para a realização das

análises estatísticas dos dados obtidos utilizou-se o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

Resultados e discussão

Comparando as características químicas do solo (Tabela 2), quanto ao pH, acidez potencial (H + Al) e saturação por alumínio (m) verificou-se que não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre as espécies de cobertura estudadas, nem mesmo entre as profundidades avaliadas, mostrando que, nas condições do experimento, as plantas de cobertura não influenciaram positivamente as variáveis nas profundidades do solo estudada. Heinrichs 5M 5M.(2005) observaram que não houve influência dos tratamentos nos seguintes atributos químicos do solo como, pH, hidrogênio mais alumínio (H+Al), sendo essa não influência condicionada a um maior tempo para reposição da matéria orgânica para que o solo tenha melhor comportamento químico.

Quando o efeito de sistemas de preparo de solo, em relação aos valores de pH, para a profundidade de 0-5 cm, observou-se que o sistema de preparo do solo CC proporcionou valores absolutos superiores aos demais sistemas (Tabela 3), apesar de não ter apresentado diferença estatística significativa. Mesmo comportamento apresentado quando se compara os sistemas de preparo de solo entre as profundidades, exceto para a camada superficial (profundidade de 0-5 cm), onde os sistemas de preparo CC e PD diferiram significativamente do CM (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados por Almeida et al. (2005), em Cambissolo Húmico, nas condições edafoclimáticas de Lages (SC). Segundo esses autores, a maior acidez potencial nos sistemas conservacionistas pode ser explicada pelo maior teor de carbono orgânico, também verificado na camada superficial. Desse modo, o carbono orgânico contribuiu para aumentar as fontes de acidez potencial do solo na camada superficial, reduzindo o pH. Além disto, no caso do PD, comparativamente com o CC, o aumento do pH na camada superficial, provavelmente também foi decorrente a aplicação de insumos (adubos e calcário) em superfície sem incorporação (Carvalho et al., 2007, Freiria et al., 2008 & Leite et al., 2010).

Tabela 2 - Valores médios de pH em água, acidez potencial (H + Al) e saturação por alumínio (m) de um Argissolo Vermelho Amarelo em três profundidades, cultivado com leguminosas em antecessão a cultura do milho verde. São Cristóvão, SE, 2010.

Espécie de cobertura	pH			H+Al			M		
	(1:2,5)			cmol _c .dm ⁻³			%		
	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20	0-5	5-10	10-20
------(cm)-----									
Amendoim	6,38 aA ¹	6,58 aA	6,63 aA	1,07 aA	1,01 aA	1,01 aA	0,42 aA	0,46 aA	1,12 aA
Guandu	6,51 aA	6,56 aA	6,41 aA	1,03 aA	1,01 aA	1,13 aA	0,30 aA	0,40 aA	1,13 aA
Crotalaria	6,53 aA	6,58 aA	6,63 aA	1,04 aA	0,98 aA	1,06 aA	0,37 aA	0,43 aA	1,04 aA
Feijão	6,66 aA	6,86 aA	6,74 aA	0,95 aA	0,93 aA	0,97 aA	0,40 aA	0,40 aA	1,10 aA
CV(%)	5.1								

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, dentro de cada profundidade avaliada e maiúsculas nas linhas entre as profundidades, para cada variável avaliada não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3 - Valores médios de pH em água, acidez potencial (H + Al) e saturação por alumínio (m) de um Argissolo Vermelho Amarelo em três profundidades, cultivado com leguminosas em antecessão a cultura do milho verde. São Cristóvão, SE, 2010.

Sistema de cultivo ¹	pH			H+Al			m		
	(H ₂ O)			cmol _c .dm ⁻³			%		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
CC	6,73 aA ²	6,81 aA	6,52 aA	0,94 bA	0,95 aA	1,12 aA	0,30 aA	0,30 aA	0,93 aA
CM	6,25 bA	6,53 aA	6,55 aA	1,14 aA	1,04 aA	1,05 aA	0,65 aA	0,35 aA	0,36 aA
PD	6,58 abA	6,68 aA	6,74 aA	1,00 abA	0,96 aA	0,96 aA	0,28 aA	0,32 aA	1,17 aA

¹CC = Cultivo Convencional; CM = Cultivo Mínimo; PD = Plantio Direto; ²Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, dentro de cada profundidade avaliada e maiúsculas nas linhas, dentro de cada sistema de cultivo entre as profundidades, para cada variável avaliada não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No presente estudo, nas condições edafoclimáticas do Litoral sergipano, os valores de pH em todos os tratamentos e profundidades são considerados agronomicamente elevados a partir de 6,00, valores observados nas Tabelas 1, 2 e 3 (Sobral et al., 2007). Os sistemas de manejo aplicados não obtiveram efeito significativo para acidez potencial (H+Al) e saturação por alumínio (m), excetuando-se para "H+Al" na camada superficial (0-5 cm.). Markert et al. (2001), ao compararem o CC com o PD durante 5 e 10 anos, também encontraram aumento nos valores de

acidez do solo no PD quando comparados com o CC.

As plantas de cobertura influenciaram o teor de Ca²⁺ nas profundidades avaliadas, como pode ser verificado na Tabela 4. Na profundidade intermediária (5-10 cm.), a cultura do guandu proporcionou efeitos significativamente superiores às demais plantas antecessoras utilizadas, enquanto o feijão apresentou efeito significativo nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm. Para os teores de Mg²⁺ não foi verificado efeito significativo entre as plantas de antecessão dentro das profundidades estudadas. Entre as

profundidades, apenas o amendoim e guandu proporcionaram resposta significativa com maiores teores de Mg^{2+} nas profundidades 0-5 e 5-10 cm, respectivamente (Tabela 4).

Com relação aos teores de K^+ em função das plantas de antecessão e as profundidades estudadas, pode-se afirmar que nos primeiros 5 cm o teor de K^+ diferiu significativamente entre as plantas utilizadas, enquanto nas demais profundidades este fato não ocorreu, e o uso de feijão e amendoim proporcionou os maiores teores de K^+ no solo em comparação ao uso da crotalária e do guandu (Tabela 4). Quando se faz a comparação dos teores de K^+ entre as profundidades observa-se que, independentemente das espécies vegetais utilizadas como culturas de antecessão, os teores de K^+ foram significativamente superiores na profundidade de 0-5 cm (Tabela 4). Gama-Rodrigues et al. (2007) estudando a decomposição de leguminosas usadas como plantas de cobertura encontraram uma alta taxa de liberação de K, indicando que a lixiviação seria o principal mecanismo de liberação desse elemento, que por não fazer parte de nenhum componente estrutural da planta nem precisar da mineralização para ser liberado, sendo perdido para o solo de forma mais rápida.

Com relação à soma de bases do solo, as culturas usadas em antecedência ao milho não

proporcionaram diferença significativa, dentro das profundidades avaliadas, com exceção do guandu que apresentou valor significativamente superior aos demais (Tabela 4). No entanto, entre as profundidades estudadas, observou-se diferença significativa, sendo que as camadas de 0-5 e 5-10 cm apresentaram os maiores valores de soma de bases, mas sob superioridade proporcionada pela cultura do guandu em relação as culturas do amendoim e feijão na camada 5-10 cm, que também não diferiu da camada intermediária (10-20 cm.), conforme os dados da Tabela 4.

Os valores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e SB em relação ao sistema de manejo estão apresentados na Tabela 5 e foram interpretados como teores baixos a médios segundo Sobral 8M 8M. (2007). Em todas profundidades analisadas, o PD foi superior com relação ao teor de Ca^{2+} , diferindo estatisticamente do CC e CM. Estes resultados estão de acordo com Cavalcante 8M 8M (2007) que, trabalhando com variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos, observaram também no sistema plantio direto maiores valores de K, Ca, Mg e percentagem de saturação de bases (V%).

Tabela 4 - Concentração de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+) e soma de bases (SB) de um Argissolo Vermelho Amarelo em três profundidades, cultivado com leguminosas em antecessão a cultura do milho verde. São Cristóvão, SE, 2010.

Cultura antecedente	Ca^{2+}			Mg^{2+}			K^+			SB		
	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³					
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
Amendoim	1,57 aA ¹	1,51 bA	1,31 aA	1,01 aA	0,87 aAB	0,78 aB	57,88 aA	26,66 aB	23,33 aB	2,72 aA	2,47 bAB	2,20 aB
Guandu	1,87 aA	1,84 aA	1,54 aB	1,01 aA	1,05 aA	0,83 aB	38,11 bA	25,77 aB	20,11 aB	2,98 aA	3,00 aA	2,43 aB
Crotalária	1,60 aA	1,63 abA	1,50 aA	1,03 aA	0,96 aA	0,86 aA	38,33 bA	19,77 aB	18,22 aB	2,73 aA	2,66 abA	2,38 aA
Feijão	1,62 aA	1,35 bAB	1,31 aB	1,04 aA	1,01 aA	0,91 aA	50,22 aA	22,55 aB	19,33 aB	2,77 aA	2,43 bAB	2,25 aB
CV (%)	6,28	5,72	5,97	3,59	4,89	7,27	6,46	8,11	6,32	6,22	8,32	5,70

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, dentro de cada profundidade avaliada e maiúsculas nas linhas entre as profundidades, para cada variável avaliada não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para os teores de Mg^{2+} , o sistema de manejo CM na profundidade de 10-20 cm apresentou valor superior aos demais, diferindo estatisticamente. Almeida 8M 8M. (2005) observaram comportamento semelhante, o com tendência ao crescimento, embora não significativo, dos teores de Mg^{2+} em profundidade no sistema de semeadura direta, principalmente a partir dos 10 cm de profundidade no solo. Esses autores justificaram esse comportamento associando a maior mobilidade desse cátion em relação ao Ca, cuja lixiviação ficou mais bem evidenciada no sistema de PD pelo fato de o solo não ter sido mobilizado durante os seis anos, ao contrário do preparo convencional, onde o solo é intensamente revolvido pelas operações de gradagem e principalmente aração. É relevante salientar que o Argissolo do presente estudo tem um horizonte A (considerando o A/Bt também), até aproximadamente 20-25 cm (Tabela 1), com textura mais arenosa, favorecendo a descida dos elementos para camadas mais profundas do solo.

Com relação aos teores de K^+ , observaram-se os maiores valores na camada superficial (0-5 cm.), marcadamente no sistema de CM, havendo diferença estatística significativa em relação aos demais. Isto evita que os nutrientes sejam distribuídos na camada arável do solo e lixiviados (Ciotta 8M 8M, 2002), como ocorre com as bases trocáveis, principalmente K^+ , em solos sob plantio convencional em regiões com elevada pluviosidade. A lixiviação das bases trocáveis ocorre devido à combinação de diversos fatores, dentre eles a precipitação pluviométrica, o manejo do solo, o tipo e a forma de adubação, potencializados pela textura arenosa da camada superficial (Leite 8M 8M., 2010).

Para o PD, ao se analisar os valores de SB, dentro da camada superficial (0-5 cm.) e intermediária (5-10 cm.), encontrou-se diferença estatística significativa em relação a camada mais profunda do solo (10-20 cm.). No entanto, na profundidade de 10-20 cm, no sistema de cultivo CM a SB foi superior aos demais sistemas de cultivo, apresentando diferença significativa entre os sistemas de cultivo.

Na avaliação dos sistemas de manejo entre as três profundidades estudadas, a camada superficial (0-5 cm) no sistema PD, apresentou resultados superiores com relação à camada de 5-10 e 10-20 cm, quanto ao teor de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e SB. Já o sistema de CC também apresentou esse mesmo comportamento, porém para os teores de Mg^{2+} e K^+ (Tabela 5). Para os teores de

K^+ , no CM a camada superficial de 0-5 cm mais uma vez se sobressaiu perante as demais, com valores muito superiores a Tabela 1. Esses resultados corroboram com Almeida 8M 8M. (2005) que apontaram um efeito positivo da sucessão de culturas no PD em aumentar os teores de Ca. Nos sistemas de cultivo o elemento cálcio possui pouca mobilidade no solo, portanto observaram-se diferenças significativas nos teores deste elemento nos tratamentos CC, CM e PD em profundidade, sendo que estas diferenças podem ser explicadas pelo modo diferenciado de aplicação dos insumos (calcário e adubos) nos dois sistemas (conservacionistas e convencionais). No CC, os mesmos são incorporados, antes de cada semeadura, pela alta mobilização do solo nas operações de gradagem e principalmente aração do solo, favorecendo a distribuição do nutriente ao longo do perfil do solo. Já no PD, pelo solo não seria mobilizado, os adubos foram distribuídos a lanço ou incorporados na linha próxima às sementes durante a semeadura, concentrando assim esse nutriente nas camadas mais superficiais do solo, o que justifica a formação de um nítido gradiente dos elementos, principalmente no PD. Esse comportamento também foi encontrado no estudo de Leite 9M 9M, (2006).

Na Tabela 6 estão apresentados os valores médios obtidos de CTC, V, P e MO em função das diferentes culturas antecedentes e profundidade estudadas. Com relação aos teores de fósforo, não houve diferença estatística significativa nas profundidades estudadas. As plantas de cobertura influenciaram nos valores de CTC, nas profundidades avaliadas, conforme os dados da Tabela 6, sendo que a cultura antecedente do guandu, na camada de profundidade intermediária do solo estudado (5-10 cm), proporcionou valores superiores com diferença estatística significativa às demais espécies de culturas antecedentes estudadas. Já para a camada superficial (0-5 cm.), as culturas antecedentes do amendoim, feijão e guandu, proporcionarem os valores de CTC mais elevados e com diferença estatística significativa quando comparada a cultura da crotalária. Avaliando os valores de V% entre as profundidades, somente a cultura antecedente da crotalária proporcionou diferença estatística significativa entre as profundidades, com valores mais elevados na camada superficial, possivelmente decorrente da maior concentração de matéria orgânica.

Tabela 5 - Concentração de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+) e soma de bases (SB) de um Argissolo Vermelho Amarelo em três profundidades, cultivado com leguminosas em antecessão a cultura do milho verde. São Cristóvão, SE, 2010.

Sistema de cultivo ¹	Ca^{2+}			Mg^{2+}			K^+			SB		
	$\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$			$\text{cmol}_c \cdot \text{d} \cdot \text{m}^{-3}$			$\text{M} \cdot \text{dm}^{-3}$			$\text{cmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
CC	1,12 ² cA	1,15 cA	1,12 bA	1,00 aA	0,95 aAB	0,78 bB	40,91 bA	22,91 aB	20,58 aB	2,25 cA	2,19 cA	1,95 bA
CM	1,55 bA	1,57 bA	1,48 aA	1,08 aA	1,03 aA	1,01 aA	51,83 aA	26,08 aB	22,25 aB	2,75 bA	2,69 bA	2,55 aA
PD	2,33 aA	2,02 aB	1,65 aC	0,98 aA	0,95 aA	0,75 bB	45,83 abA	22,08 aB	17,91 aB	3,41 aA	3,05 aB	2,44 aC

¹CC = Cultivo Convencional; CM = Cultivo Mínimo; PD = Plantio Direto; ²Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, dentro de cada profundidade avaliada e maiúsculas nas linhas, dentro de cada sistema de cultivo entre as profundidades, para cada variável avaliada não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 6 - Valores médios de capacidade de troca catiônica (CTC) a pH 7,0 (T), saturação por bases (V), concentração do fósforo extraível (P-mehlich-1) e da matéria orgânica (MO) de um Argissolo Vermelho Amarelo em três profundidade, cultivado com leguminosas em antecessão a cultura do milho verde. São Cristóvão, SE, 2010.

Parâmetro	T			V			P			MO		
	$\text{cmol}_c \cdot \text{M}^{-3}$	%	$\text{M} \cdot \text{M}^{-3}$	$\text{cmol}_c \cdot \text{M}^{-3}$	%	$\text{M} \cdot \text{M}^{-3}$	$\text{cmol}_c \cdot \text{M}^{-3}$	%	$\text{M} \cdot \text{M}^{-3}$	$\text{cmol}_c \cdot \text{M}^{-3}$	%	$\text{M} \cdot \text{M}^{-3}$
Cultura antecedente	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
Amendoim	3,78 aA ¹	3,42 bAB	3,15 aB	72,16 aA	71,48 aA	68,76 aA	27,47 aA	28,20 aA	23,25 aA	1,61 aA	1,35 aAB	1,15 aB
Guandu	3,97 aA	3,92 aA	3,53 aB	74,18 aA	74,96 aA	67,87 aA	30,06 aA	29,96 aA	28,65 aA	1,47 aA	1,37 aAB	1,16 aB
Crotalaria	3,75 aA	3,61 abA	3,46 aA	142,32 aA	72,72 aB	69,14 aB	29,93 aA	25,07 aA	27,82 aA	1,55 aA	1,26 aB	1,08 aB
Feijão	3,71 aA	3,31 bB	3,21 aB	74,68 aA	72,65 aA	71,42 aA	33,35 aA	28,20 aA	23,98 aA	1,44 aA	1,12 aB	0,96 aB
CV (%)	8,38	5,31	6,42	4,31	5,10	6,85	6,38	8,41	7,32	8,38	9,26	9,13
CV(%)	8.85											

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, dentro de cada profundidade avaliada e maiúsculas nas linhas entre as profundidades, para cada variável avaliada não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As culturas antecedentes não proporcionaram diferença significativa, dentro das três profundidades avaliadas, em relação aos teores de MO. No entanto, entre as profundidades houve diferença significativa, sendo que a camada de 0-5 cm apresentou os maiores teores de MO (Tabelas 6 e 7). Possivelmente, a diminuição da quantidade de matéria orgânica em cultivos contínuos é devido à decomposição da matéria orgânica e sua menor recomposição pelos resíduos vegetais ao solo. Nascimento 10M 10M. (2003) atribuem alguns fatores a esse desempenho: clima, grande variação de temperatura e umidade (local) favorecendo, com isto, uma rápida decomposição, tendo em vista a baixa relação C/N do tecido vegetal dessas espécies antecessoras, como pode ser percebido no presente estudo. E outro fator a ser levado em consideração é o longo período que o solo fica exposto a essas intempéries, uma vez que as culturas antecedentes possuem ciclo médio de 90 dias, igual tempo médio do ciclo da cultura do milho, resultando em aproximadamente metade do ano, sem culturas. Desta forma, nestas condições edafoclimáticas tropicais, o que se acumula em um semestre (Tabela 10), praticamente são perdidos no outro semestre do ano, principalmente em locais com uso de sistema de manejo convencional (Tabela 6), constituindo um desafio a adoção de sistemas conservacionistas (como o PD) em regiões tropicais e com estação seca, pelo papel fundamental da manutenção da matéria orgânica no solo, tanto pela ciclagem e retenção de nutrientes como pela desejável estruturação física do solo, proporcionando inúmeros benefícios as culturas de interesse agrícola.

O sistema de PD proporcionou maiores valores de CTC nas três profundidades avaliadas (Tabela 7), diferenciando-se estatisticamente de forma significativa dos outros sistemas de manejo, sendo que na camada superficial (0-5 cm.) foram encontrados maiores valores de CTC. Estes resultados estão de acordo com Frazão 11M 11M. (2008), que apesar de ser obtido em condições edafoclimáticas distintas, em Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado Mato-grossense, observaram que a capacidade de troca de cátions foi menor que 50 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ em todos os sistemas de manejo estudados.

Para os teores de P nos diferentes sistemas de manejo do solo, observa-se que na camada superficial, o PD proporcionou teores

elevados e diferentes estatisticamente significativos comparado ao CM e o CC (Tabela 7). Leite M M. (2010), atribuem esse comportamento à aplicação localizada de fertilizantes fosfatados, predominantemente nas linhas de semeadura, que se mantêm pouco alteradas com o histórico de cultivo, provados pelo não revolvimento do solo e associado a baixa mobilidade do P.

Os teores mais elevados de matéria orgânica (MO) foram encontrados no PD em sua camada superficial (0-5 cm) e no CM, tanto na sua camada intermediária como na mais subsuperficial (5-10 e 10-20 cm), onde todos diferiram estatisticamente de forma significativa em relação ao CC (Tabela 7). He 11M 11M. (2011) trabalhando com experimento de longa duração (11 anos) também atestaram a capacidade do manejo conservacionista de aumentar os níveis de propriedades relevantes do solo, dentre elas a MO, atribuindo esse efeito ao incremento de C no solo como resultado da deposição dos resíduos das culturas e a redução da oxidação biológica do C orgânico em CO_2 . De maneira geral, as maiores diferenças entre sistemas conservacionistas e convencionais são de fato observadas nas camadas superficiais, que segundo Limousin e Tessier (2007) isso comprova a importância da amostragem em pequenas profundidades (de forma estratificada). Entretanto, Moussa-Machraoui 11M 11M. (2010) alertam que as modificações das propriedades do solo dependem do clima, solo, espécies cultivadas e tempo de manejo. Os mesmos autores atribuem a superioridade do PD em comparação ao CC em acumular MO nas camadas superficiais, devido a menor taxa de evaporação combinada com a maior disponibilidade de água no solo, porém, em regiões de rápida decomposição dos resíduos, as diferenças entre o plantio direto e convencional (Tabelas 1 e 7) tendem a ser menores ou não serem encontradas diferenças estatisticamente significativas, pelo rápido tempo de residência da matéria orgânica no solo. Em regiões que ocorrem a alternância de períodos sem uso do solo e/ou ocorrência de secas, este cenário ocasiona balanço negativo dos teores de matéria orgânica no solo, devido a acumulação nos períodos de cultivo e ocorrência climática favorável seguido de períodos de seca e pousio, contribuindo para perdas significativas da quantidade acumulada no período de chuvas. Aí reside um dos desafios na adoção de sistemas

conservacionistas em regiões com esta condição edafoclimática, marcadamente em condições tropicais, quando comparada a regiões de clima subtropical (situação ocorrente nas principais regiões agrícolas do país e de sucesso do uso do PD). Esta situação pode ser amenizada com o uso de espécies de culturas antecedentes com

relação C/N mais elevada que as leguminosas, a fim de aumentar o tempo de residência dos resíduos culturais na superfície do solo, proporcionando proteção física, obstáculo físico ao desenvolvimento de invasoras e diminuição da incidência direta da radiação solar no solo.

Tabela 7- Valores médios de capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T), saturação por bases (V), fósforo extraível (P-mehlich-1) e concentração de matéria orgânica (MO) de um Argissolo Vermelho Amarelo em três profundidades, cultivado com leguminosas em antecessão a cultura do milho verde. São Cristóvão, SE, 2010.

Sistema de cultivo ¹	T			V			P			MO		
	cmol _c M ⁻³			cmol _c M ⁻³			M M ⁻³			dag kg ⁻¹		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
CC	3,13 cA ²	3,06 bA	3,05 bA	71,20 aA	70,32 aA	64,00 aA	13,91 cA	11,95 bA	10,56 bA	1,36 bA	1,28 abA	1,16 aA
CM	3,88 bA	3,67 aA	3,97 aA	123,46 aA	72,56 aA	71,41 aA	29,10 bA	31,28 aA	35,46 aA	1,60 aA	1,40 aAB	1,24 aB
PD	4,40 aA	3,95 aB	3,39 aC	77,85 aA	75,98 aA	71,74 aA	47,75 aA	40,38 aAB	31,75 aB	1,60 aA	1,15 bB	0,87 bC

¹CC = Cultivo Convencional; = Cultivo Mínimo; PD = Plantio Direto; ²Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, dentro de cada profundidade avaliada e maiúsculas nas linhas, dentro de cada sistema de cultivo entre as profundidades, para cada variável avaliada não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação aos teores dos micronutrientes do solo, as culturas antecedentes não proporcionaram diferença significativa, para as três camadas do solo avaliadas (Tabela 8). No entanto, observou-se diferença estatística significativa para os teores de Fe entre as profundidades do solo avaliadas, sendo os maiores valores encontrados em todas as culturas antecedentes estudadas e na mais subsuperficial (10-20 cm); também observa-se diminuição do teor de Mn nas diferentes camadas do solo, quando cultivado com crotalária e feijão; e, no solo cultivado com guandu, os maiores teores de Zn foram encontrados na camada de 0-5 cm. Os maiores teores de Fe podem ser atribuídos a presença do horizonte Btextural, que

por conter maiores teores de argila, possuem níveis mais elevados de Fe.

A literatura tem relatado que a maior disponibilidade de resíduos vegetais, decorrente da adoção de sistemas conservacionistas, como a semeadura direta, pode aumentar o teor de matéria orgânica do solo. Isso pode promover maior disponibilidade de micronutrientes pelo aumento da formação de complexos solúveis com a matéria orgânica do solo e seus produtos de decomposição, como compostos hidrossolúveis lixiviados dos resíduos vegetais em processo de decomposição. Dentre esses compostos, estão os ácidos orgânicos de baixa massa molecular (AOBMM) que são capazes de complexar os micronutrientes catiônicos do solo. Embora a importância de compostos orgânicos no

transporte de micronutrientes catiônicos seja largamente aceita, ainda não existe informação sobre a natureza iônica dos complexos transportados e a magnitude do efeito de resíduos vegetais sobre o fluxo difusivo de micronutrientes (Pegoraro 12M 12M, 2006). Desta forma, mecanismos do PD, podem promover esta maior disponibilidade de nutrientes as culturas comerciais e responsáveis por comportamentos obtidos no presente estudo.

Os teores de cobre apresentaram-se mais elevados no CM (camada superficial - 0-5 cm) em relação aos outros sistemas e com diferença estatística significativa em relação ao PD e ao CM (Tabela 9). Já o Fe apresentou valores bem diversificados, com teores mais elevados na camada mais subsuperficial (10-20 cm) marcadamente no CC e menores teores na camada superficial (0-5 cm), sendo que provavelmente este comportamento está relacionado a textura arenosa na camada superficial e textura argilosa na camada mais subsuperficial (Tabela 1). Os teores mais elevados de Mn e Zn no PD comparado ao CM e CC. Uma das razões para o sistema de plantio direto ter apresentado essa superioridade na concentração de Mn e Zn é que esse sistema

possui maiores concentrações de matéria orgânica e sutil tendência de menor valor de pH. Segundo Barber (1995), em condição de pH mais elevado, a concentração de micronutrientes catiônicos na solução do solo é reduzida com a formação de compostos de baixa solubilidade, levando ao decréscimo do seu fluxo difusivo, e a presença de resíduos vegetais no solo favorece a biodisponibilidade desses nutrientes para a cultura do milho (Pegoraro et al., 2006).

Ressalta-se também que, de modo geral, os teores de matéria orgânica no solo (Tabela 6) obteve relação direta com a produtividade de matéria seca das culturas antecedentes (Tabela 10) com a conseqüente geração de resíduos herdados ao solo. Este material aportado ao solo, em sua decomposição, libera nutrientes, proporcionando em diferentes níveis (que em termos médios, em níveis mais elevados e concentrados na camada superficial no PD e menores teores e distribuídos ao longo das 3 camadas estudadas no CC), resultando em condições propícias para melhores níveis de produtividade do milho verde (Pedrotti et al., 2013), tornando suas produções mais sustentáveis.

Tabela 8 - Concentração de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) de um Argissolo Vermelho Amarelo em três profundidades, cultivado com leguminosas em antecessão a cultura do milho verde. São Cristóvão, SE, 2010.

Cultura antecedente	Cu ²⁺			Fe ²⁺			Mn ²⁺			Zn ²⁺		
	0-5cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
Amend oim	0,47 aA ¹	0,28 aA	0,38 aA	31,03 aB	38,11 aAB	51,51 aA	2,27 aA	1,80 aA	1,42 aA	1,44 aA	1,06 aA	0,97 aA
Guandu	0,38 aA	0,28 aA	0,32 aA	41,40 aB	43,75 aB	60,66 aA	2,43 aA	2,31 aA	1,61 aA	2,31 aA	1,97 aAB	0,95 aB
Crotalária	0,41 aA	0,21 aA	0,33 aA	29,91 aB	33,84 aAB	45,40 aA	3,13 aA	2,33 aAB	1,97 aB	1,77 aA	1,25 aA	1,24 aA
Feijão	0,40 aA	0,44 aA	0,50 aA	32,22 aB	42,30 aAB	46,54 aA	3,17 aA	2,45 aAB	1,96 aB	2,04 aA	1,46 aA	1,05 aA
CV (%)	8,51	9,08	7,92	6,85	7,44	4,80	8,37	9,42	9,18	8,21	9,26	10,52

¹Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, dentro de cada profundidade avaliada e maiúsculas nas linhas entre as profundidades, para cada variável avaliada não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 9 - Concentração de cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) de um Argissolo Vermelho Amarelo em três profundidades, cultivado com leguminosas em antecessão a cultura do milho verde. São Cristóvão, SE, 2010.

Sistema de cultivo ¹	Cu ²⁺			Fe ²⁺			Mn ²⁺			Zn ²⁺		
	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm	0-5 cm	5-10 cm	10-20 cm
CC	0,32 aA ²	0,30 aA	0,35 aA	36,06 aB	43,45 aB	56,50 aA	1,45 cA	1,09 cA	0,95 bA	0,78 bA	0,60 bA	0,60 aA
CM	0,51 aA	0,26 aB	0,35 aAB	37,41 aA	37,69 aA	44,70 aA	2,54 bA	2,23 bA	2,00 aA	2,05 aA	1,54 abA	1,26 aA
PD	0,41 aA	0,35 aA	0,44 aA	27,44 aA	37,36 aB	51,88 aA	4,27 aA	3,33 aA	2,28 aB	2,85 aA	2,17 aAB	1,30 aB

¹CC = Cultivo Convencional; = Cultivo Mínimo; PD = Plantio Direto; ²Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas, dentro de cada profundidade avaliada e maiúsculas nas linhas, dentro de cada sistema de cultivo entre as profundidades, para cada variável avaliada não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 10- Produtividade de massa seca de culturas antecedentes (kg/ha) ao milho verde e associadas a três diferentes sistemas de manejo de solo, média de 3 repetições, São Cristóvão, SE, 2010.

Cultura de sucessão	Produção em Kg/ha		
	CC ¹	CM	PD
	kg ha ⁻¹		
Guandu	6.819 aB ²	7.420 aB	8.376 aA
Amendoim	857 cB	1.284 cA	1.404 cA
Crotalária	2.108 bB	3.979 bA	4.839 bA
Feijão	519 dB	637 dB	948 dA

¹CC - cultivo convencional; –cultivo mínimo; PD – plantio direto. ² Letra iguais minúscula na coluna dentro de cada sistema de cultivo e maiúscula na linha, dentro de cada planta de sucessão, comparando os sistemas de cultivo não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Conclusões

Dentre os macronutrientes e micronutrientes analisados, as culturas antecedentes contribuem com aumento nos seus teores, marcadamente nas camadas mais superficiais do solo (principalmente nos sistemas mais conservacionistas), possivelmente por favorecer maior ciclagem das camadas mais inferiores do solo, associado aos benefícios da não mobilização do solo.

O PD favorece os maiores incrementos para CTC a pH 7,0, fósforo e matéria orgânica

quando comparado ao CM e CC, para as condições do experimento estudado.

Em termos gerais, o PD promove maiores incrementos de macro e micronutrientes quando comparado ao CM e CC, nas camadas de solos e nas condições do experimento estudado.

Nas condições do experimento estudado, a adoção de sistemas conservacionistas quando associados a culturas antecedentes eficientes na absorção de nutrientes, promovem maior ciclagem destes, contribuindo para a elevação de níveis mais elevados de produtividade do milho.

Referências

- Almeida, J. A., Bertol, I., Leite, D., Amaral, A. J., & Zoldan Jr., W.A. (2005). Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, 29 (3), 437-445.
- Banzatto, D. A., & Kronka, S. N. (2006). *Experimentação agrícola*. (4.ed., 237p). Jaboticabal: Funep.
- Barber, S.A. (1995). *Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach* (2.ed., 414p). New York: John Wiley & Sons.
- Carvalho, H. W. L., Rocha, L.M.P., Oliveira, I.R., Cardoso, M.J., Pacheco, C.A.P., Tabosa, J. N., Lira, M.A., Feitosa, L.F., Melo, K.E.O.M., Rodrigues, C.S., Menezes, A.F., & Santos, M. L. (2009). *Estabilidade de cultivares de milho no Nordeste brasileiro: ensaios realizados na safra 2008* (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, N. 45). Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros.
- Carvalho, J. L. N., Cerri, C. E. P., Feigl, B. J., Piccolo, M. C., Godinho, V. P., & Herpin, U. (2007). Changes of chemical properties in na oxisol after clearing of native Cerrado vegetation for agricultural use in Vilhena, Rondônia State, Brazil. *Soil & Tillage Research*, 96 (1), 95-102.
- Cavalcante, E. G. S., Alves, M. C., Souza, Z. M., & Pereira, G. T. (2007). Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 31 (6), 1329-1339.
- Cintra, L. F. D, Anjos, J. L., & Mello, W. M. P. I. (2001, novembro). *Anais do Workshop coesão em solos dos Tabuleiros Costeiros* (339p). Embrapa Tabuleiros Costeiros: Aracaju.
- Ciotta, M. N., Bayer, C., Ernani, P. R., Fontoura, S. M. V., Albuquerque, J. A., & Wobeto, C.(2002). Acidificação de um Latossolo sob semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 26 (4), 1055-1064.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1997). *Manual de métodos de análise de solo* (212p). Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2009). *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes* (2.ed., 628p). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2013). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. (3.ed., 353p). Brasília.
- Epstein, E. & Bloom, A. J. (2006). *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas* (403p). Londrina: Editora Planta.
- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 35 (6), 1039-1042.
- Frazão, L. A., Piccolo, M. C., Feigl, B. J., Cerri, C. C., & Cerri, C. E. P. (2008). Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no cerrado mato-grossense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43, 641-648.
- Freiria, A. C., Mantovani, J. R., Ferreira, M. E., Cruz, M. C. P., & Yagi, R. (2008). Alterações em atributos químicos do solo pela aplicação de calcário na superfície ou incorporado. *Acta Scientiarum Agronomy*, 30 (2), 285-291.
- Gama-Rodrigues, A. C., Gama-Rodrigues, E. F., & Brito, E. C. (2007). Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho Amarelo na região noroeste fluminense (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 31 (6), 1421-1428.
- He, J., Li, H., Rabi, G. R., Wang, Q., Cai, G., Su, Y., Qiao, X., & Liu, L. (2011). Soil proprieties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat-maize cropping system in North China Plain. *Soil & Tillage Research*, 113. 48-54.
- Heinrichs, R., Vitti, G. C., Moreira, A., Figueiredo, A. M.o, Francelli, A. L., & Corazza, E. J. (2005). Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29 (1), 71-79.

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. (2010). Recuperado em 2 novembro, 2015, de <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1612&z=tzo=11%i=p>.
- Leite, G. H. M. N., Eltz, F.L.F., Amado, T. J. C., & Cogo, N. P. (2006). Atributos químicos e perfil de enraizamento de milho influenciados pela calagem em semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 30 (4), 685-693.
- Leite, L. F. C., Galvão, S. R. S., Holanda Neto, M. R., Araújo, F. S., & Iwata, B. F. (2010). Atributos químicos e estoques de carbono em Latossolo sob plantio direto no cerrado do Piauí. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 14 (12), 1273-1280.
- Limousin, G., & Tessier, D. (2007). Effects of no-tillage on chemical gradients and topsoil acidification. *Soil & Tillage Research*, 92 (1-2), 167-174.
- Moussa-Machraoui, S. B. et al. (2010). Comparative effects of conventional and no-tillage management on some soil properties under Mediterranean semi-arid conditions in northwestern Tunisia. *Soil & Tillage Research*, 106 (2), 247-253.
- Marcelo, A. V., Corá, J. E., Fernandes, C., Martins, M. R., & Jorge, R. F. (2009). Crop sequences in no-tillage system: effects on soil fertility and soybean, maize and rice yield. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 33 (2), 417-428.
- Markert, R.C. (2011). *Efeitos do preparo sobre algumas propriedades físicas, químicas e biológicas de um Latossolo Vermelho da região de cerrado* (64f). Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, SP, Brasil.
- Nascimento, J. T., Silva, I. F., Santiago, R. D., & Silva Neto, L. F. (2003). Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 7 (3), 457-462.
- Pedrotti, A., & Holanda, F. S. R. Aspectos ambientais e tecnológicos do processo produtivo do semi-árido nordestino. In. Silva, T. E. M., & Lopes, E. S. A. (2003). *Múltiplos olhos sobre o semi-árido nordestino- sociedade, desenvolvimento e políticas públicas* (pp 303-329). Aracaju: FAP.
- Pedrotti, A., Aciole, F. M. S., Silva, T. O., Araújo, E. M., Santos, D. & Mello Jr., A. V. (2014). Manejo do solo e de culturas de antecessão sobre a produtividade do milho em experimento de longa duração. *Magistra*, Cruz das Almas, BA, 25 (3/4), 220-227.
- Pegoraro, R. F., Silva, I. R., Novais, R. F., Mendonça, E. S., & Gebrim, F. O. (2006). Fluxo difusivo e biodisponibilidade de zinco, cobre, ferro e manganês no solo: influência da calagem, textura do solo e resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 30 (5), 859-868.
- Pimentel-Gomes, F.(1987). *A estatística moderna na pesquisa agropecuária* (3ed.,160p.) Piracicaba: POTAFOS.
- Resende, S. C. (2009). *Sistemas de manejo e sucessão de culturas na qualidade do solo nos tabuleiros costeiros sergipano* (114f). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, Brasil.
- Scherer, E. E., Baldissera, I. T., & Nesi, C. N. (2007). Propriedades químicas de um latossolo vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 31 (1), 123-131.
- Sobral, L. F., Viegas, P. R. A., Siqueira, O. J. W., Anjos, J. L., Barretto, M. C. V., & Gomes, J. B. V. (Eds). (2007). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe* (v.1, 251p). Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros.
- Stevenson, F.J. (1995). *Húmus chemistry: genesis, composition and reactions* (Second Edition, 496p). *Journal Chemical Education*, New York, 72 (4).

Recebido em: 20/06/2013

Aceito em: 05/06/2014