



ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO SOB DISTINTOS SISTEMAS DE MANEJO DE FERTILIDADE¹

José Roberto Rambo², Rogério Gonçalves Lacerda de Gouveia³, Adalberto Santi⁴,
Cimélio Bayer⁵

1. Resultados oriundos de parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor.
2. Doutorando, Programa de Pós Graduação em Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira – SP – Brasil, Prof. Assistente do Curso de Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra – MT – Brasil (jr.rambo@unemat.br).
3. Prof. Assistente do Curso de Engenharia Ambiental, Universidade de Uberaba, Uberlândia – MG – Brasil.
4. Prof. Assistente do Curso de Agronomia, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra – MT – Brasil.
5. Prof. Associado do Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS – Brasil.

Recebido em: 12/04/2014 – Aprovado em: 27/05/2014 – Publicado em: 01/07/2014

RESUMO

A região do Cerrado representa uma significativa área de produção agrícola no Brasil, no entanto, existem poucas informações disponíveis em relação aos sistemas de manejo voltados à pequena propriedade. Com o objetivo de avaliar atributos químicos do solo de diferentes sistemas de manejo da fertilidade na qualidade de um Latossolo Vermelho em Tangará da Serra-MT, foi realizado experimento com sistema de manejo da fertilidade do solo tradicional da região, (i) adubação de alta reatividade, e três sistemas de manejos da fertilidade do solo alternativos: (ii) adubação de baixa reatividade, (iii) misto (adubação de baixa reatividade e adubação orgânica) e (iv) adubação orgânica. Foram avaliados como indicadores de qualidade do solo os atributos químicos do solo (pH, Ca, Mg, K, CTC, C, N, P, B, Cu, Zn e Mn) nas subcamadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Os sistemas de manejo da fertilidade influenciaram de forma significativa o pH do solo e os teores de Ca, Mg, C, N, Cu, Zn, Mn. O sistema de manejo da fertilidade misto é o que apresenta a melhor qualidade do solo comparado aos demais sistemas de manejo da fertilidade do solo, supera, inclusive, em alguns atributos, o solo referência sob pastagem de braquiária e de Cerrado.

PALAVRAS-CHAVE: Adubação alternativa, agricultura familiar, indicadores

CHEMICAL ATTRIBUTES OF SOIL QUALITY IN DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS FERTILIZER

ABSTRACT

The Brazilian Savannah (Cerrado) region represents a significant area to agriculture production, however, information about management systems to small farms is rare. With the objective of evaluate the chemical soil of different management systems on soil quality of an Oxisol in Tangará da Serra, Mato Grosso

State, we used an experiment with one traditional management system in the region, (i) high reactivity fertilizer, and three ecologically-based systems: (ii) low reactivity fertilizer, (iii) combined (low reactivity and organic fertilizer) and (iv) organic fertilizer. We evaluated as soil quality indicators fertility attributes (pH, Ca, Mg, K, CTC, C, N, P, B, Cu, Zn and Mn) in 0-5, 5-10 and 10-20 cm layers. The fertility management systems influenced significantly the soil pH, and Ca, Mg, C, N, Cu, Zn, Mn. The better soil quality was observed in combined fertilizer management compared to high reactivity system, and overcome Cerrado and pasture soil in some attributes.

KEYWORDS: Indicators, fertilization alternative, family farming.

INTRODUÇÃO

A região do Cerrado é atualmente a maior área de produção agrícola do Brasil, com predomínio de solos classificados como Latossolo. Sob condição natural são solos extremamente pobres em fertilidade, no entanto, facilmente corrigido com as práticas de fertilização e correção da acidez do solo.

A agricultura familiar se destaca pela produção de alimentos, renda, empregos, tendo produtividade por hectare elevada e uso da terra eficiente se comparado com a agricultura não familiar (GUANZIROLI et al., 2012). Porém, possui poucos recursos financeiros para investir nas culturas agrícolas, de modo que alternativas para reduzir o custo de produção são essenciais.

Em termos de nutrição de plantas, uma alternativa para redução do custo é a substituição de fertilizantes minerais, de preços elevados, por produtos de origem vegetal e animal disponível no campo, que, além de ter preços mais acessíveis, influenciam positivamente com a matéria orgânica nas propriedades químicas do solo (PIRES et al., 2008).

Resultados apontam que solos (Latosolo Vermelho eutrófico) sob sistema de plantio direto respondem de maneira satisfatória a aplicação de diversas fontes de adubação (mineral, orgânica e mineral+orgânica), pela constatação que as adubações orgânica e mineral+orgânica com esterco animal incrementam os valores médios de Ca e Mg no solo (COSTA et al., 2011). Neste contexto, este trabalho tem o objetivo de avaliar atributos químicos do solo, em diferentes sistemas de manejo da fertilidade do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da Área de Estudo

O presente estudo foi realizado no município de Tangará da Serra-MT, em área caracterizada pelos seguintes atributos geográficos: coordenadas 14°37'10" de latitude Sul e 57°29'09" de longitude Oeste e altitude de 439 metros. Os valores médios de temperatura, precipitação e umidade relativa do ar da região são respectivamente: 24,4° C, 1500 mm, e 70 – 80%.

O experimento foi instalado na safra 2004/05 em um Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006), com topografia plana, textura argilosa, profundo e bem drenado. Anteriormente ao experimento, a área era coberta por pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu* sem pastejo, a qual foi eliminada com gradagem. A caracterização química do solo encontra-se na Tabela 1.

Com base nos resultados da análise de solo realizou-se calagem para correção de pH e fornecimento de Ca e Mg, com aplicação de 3 ton ha⁻¹ de calcário calcítico. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com seis tratamentos e quatro repetições. Utilizaram-se para os sistemas cultivados os tratamentos: (SC) adubação de alta reatividade, considerado agricultura

convencional, adotado pelos agricultores de Tangará da Serra, e três sistemas de manejo da fertilidade do solo considerados de agricultura de base alternativa: (SA) adubação de baixa reatividade; (SAE) mista (adubação de baixa reatividade e adubação orgânica) e (SE) adubação orgânica. Adjacente à área experimental, foi coletado solo de duas áreas de referência ao experimento: uma área sob vegetação natural (CE) e uma área sob pastagem de braquiária (PB).

TABELA 1. Características químicas do Latossolo Vermelho da área experimental anterior a instalação do experimento no ano de 2004, Tangará da Serra - MT.

pH CaCl ₂	MO g kg ⁻¹	Ca	Mg cmol _c dm ⁻³	Al	CTC	V %	Argila g kg ⁻¹
4,30	37,6	0,5	0,5	0,4	6,0	18,1	580
K	S	P	B	Cu	Fe	Mn	Zn
			mg dm ⁻³				
35,20	7,13	1,60	0,20	3,45	72,83	64,67	0,44

Um resumo descritivo dos tratamentos e das áreas de referência está apresentado no Quadro 1.

QUADRO 1. Descrição geral dos tratamentos e áreas de referência para Latossolo Vermelho, entre as safras agrícolas 2004-2009, em Tangará da Serra - MT.

Tratamentos	Descrição
Adubação de Alta Reatividade (SC)*	Fertilização com superfosfato simples, cloreto de potássio, uréia ou sulfato de amônio, bórax e sulfato de zinco. Aplicação de fungicidas e inseticidas de origens sintéticas.
Adubação de Baixa Reatividade (SA)*	Fertilização com termofosfato, sulfato de potássio, sulfato de zinco, bórax e biofertilizante. Aplicações de fungicidas e inseticidas à base de preparados de caldas e óleos.
Adubação Mista (SAE)*	Fertilização com termofosfato, sulfato de potássio, sulfato de zinco, bórax, esterco bovino e biofertilizante. Aplicações de fungicidas e inseticidas à base de preparados de caldas e óleos.
Adubação Orgânica (SE)*	Fertilização com termofosfato, sulfato de potássio, sulfato de zinco, bórax, esterco bovino e biofertilizante até a Safra 2007/08. Depois, fertilização somente com esterco bovino. Aplicações de fungicidas e inseticidas à base de preparados de caldas e óleos.
Cerradão (CE)	Área com vegetação caracterizada fito fisionomicamente como Floresta Estacional Semidecidual Submontana, com árvores de 8 a 20 metros de altura. Encontra-se protegida por cercas de contenção para evitar trânsito de animais de uso doméstico.
Pastagem de Braquiária (PB)	Pastagem destinada a animais domésticos, em bom estado de conservação. Sem correção e fertilização do solo desde 1990 e sem realização de queimadas a aproximadamente dez anos.

*As siglas utilizadas, respeitaram denominação anterior do experimento.

No experimento, foram cultivadas as seguintes culturas agrícolas de interesse comercial: feijão (2004/05), milho (2005/06), soja (2006/07), algodão (2007/08) e feijão (2008/09). Exceto para a safra 2004/05, as seguintes safras foram desenvolvidas sobre palhadas de coberturas que assim seguem respectivamente: crotalária (*Crotalaria juncea* L.) e milheto (*Pennisetum glaucum* L.) em consórcio, crotalária (*Crotalaria juncea* L.) e capim moha (*Setaria itálica* L.) em consórcio e milheto (*Pennisetum glaucum* L.). Na safra 2009/10, a cobertura implantada foi de mucuna preta (*Mucuna aterrima* Piper & Tracy).

Em cada safra agrícola, com a realização de análise química do solo, determinaram-se as quantidades de adubação mineral ou alternativa necessárias ao pleno desenvolvimento das culturas de interesse, com base nas respectivas recomendações técnicas. Foram aplicados na safra 2005/06, na adubação de alta reatividade, 500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico e 1.280 kg ha⁻¹ de calcário calcítico nos tratamentos alternativos; a aplicação de calcário foi repetida na safra 2007/08.

No controle de plantas infestantes utilizou-se a prática de capinas mecânicas em todos os tratamentos, exceto para a safra agrícola 2005/06, quando foram aplicados dessecantes foliares no convencional e capinas nos sistemas alternativos.

Coletas de solo e determinações

A coleta de solo para a determinação das características químicas do solo foi realizada em 14/09/2009. Amostras foram coletadas nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Para a composição de cada amostra foram coletadas 3 subamostras por parcela, tomando-se o cuidado, nas áreas de cultivo, para que a coleta não ocorresse na linha de semeadura. Este material foi seco ao ar (TFSA) e submetido a análise química.

Química do solo

Nas amostras de solo para fins de avaliação do estado de fertilidade foram determinados pH em água, índice SMP, potássio (K) disponíveis, matéria orgânica (MO), alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e manganês (Mn) trocáveis, H + Al, CTC, enxofre (S), zinco (Zn), cobre (Cu) e boro (B) extraíveis e nitrogênio total (N total) pelo método de Kjeldhal de acordo com metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995). Na determinação dos teores de fósforo (P), podem ser utilizados os métodos Melich-1 e Resina, sendo recomendado, em caso da utilização de adubações com fosfatos naturais a determinação de P pelo método de Resina, no presente estudo, a discussão dos resultados de P é feita pelo método de Resina. A determinação de carbono orgânico total (C) foi realizada por combustão seca em analisador Shimadzu TOC-V CSH.

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas nas subcamadas pelo teste Tukey a 10% de probabilidade. Para as comparações entre os tratamentos empregou-se a pastagem de braquiária (PB) como referência para os sistemas de manejo com culturas anuais. A área de Cerrado (CE) foi usada como referência das condições iniciais do solo antes da abertura da área para utilização com pastagem de braquiária.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos Químicos do Solo

Para os atributos químicos do solo, as maiores diferenças foram observadas nos primeiros 10 cm de profundidade, conforme se observa nas Figuras 1 a 12. Os valores de pH variaram de 5,1 a 6,7 nas subcamadas de 0-20 cm. No CE, os valores

de pH apresentaram variação de 5,1 a 5,3 nas subcamadas de 0-10 cm (Figura 1). Na PB, onde não foi aplicado calcário nos últimos 20 anos, foram encontrados valores de pH, nas subcamadas de 0-10 cm, que oscilaram entre 5,5 e 5,8, valores maiores que os determinados para CE. Este resultado de menores valores de pH para CE em comparação a PB pode ser reflexo da mineralização da matéria orgânica, sendo que os exsudatos ácidos liberados pelas raízes das plantas contribuem para aumentar a acidez do solo (BARRETO et al., 2006).

Quando o solo do Cerrado é manejado de modo a dar suporte a culturas anuais de interesse comercial, é necessária a utilização de calcário para aumentar o valor de pH do solo aos níveis exigidos pelas culturas a serem implantadas. Os quatro sistemas cultivados anualmente apresentaram valores de pH maiores que a PB na subcamada de 0-5 cm, enquanto que na subcamada de 5-10 cm, apenas os sistemas alternativos diferiram da PB. Nestes sistemas, os valores de pH nas subcamadas de 0-10 cm variaram entre 6,2 e 6,7 (Figura 1), o que reflete o efeito da calagem e do termofosfato aplicado nos sistemas de manejo alternativos. CARVALHO JÚNIOR et al. (2011) ressaltam que a utilização de esterco bovino, vermicomposto e a cinza de madeira propicia uma elevação de pH.

Na subcamada de 10-20 cm, os valores de pH variam entre 5,1 e 6,0; CE e PB apresentaram valores que não diferem entre si. Entretanto, os sistemas cultivados SAE e SA apresentaram maiores valores de pH. Este resultado pode ser explicado pela aplicação de termofosfato e calcário em SAE e SA, que teria causado efeito em profundidade.

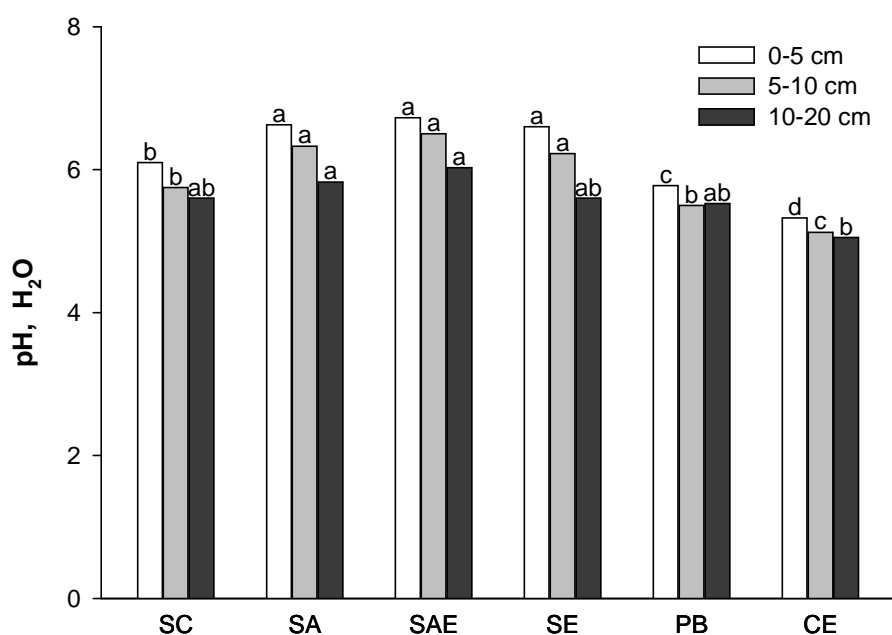


FIGURA 1. Valores de pH em H₂O, determinado nas subcamadas de 0-20 cm em Latossolo Vermelho em diferentes tratamentos: Adubação de Alta Reatividade (SC), Adubação de Baixa Reatividade (SA), Adubação Mista (SAE), Adubação Orgânica (SE) e áreas de referência pastagem de braquiária (PB) e Cerrado (CE). Teste de Tukey 10%.

Os teores de cálcio (Ca) variaram de 0,6 a 7,3 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$, nas subcamadas de 0 a 20 cm (Figura 2). Nas subcamadas de 0-10 cm o teor de Ca da PB não diferiu de CE. Já SA e SAE apresentaram os maiores teores de Ca em comparação à PB, para a subcamada de 5-10 cm. Na subcamada de 10-20 cm, a PB apresenta maior teor de Ca em comparação ao CE, enquanto que a PB e os sistemas cultivados anualmente não mostraram diferença entre si. Entre as causas de tal comportamento nos sistemas cultivados pode estar a prática de correção do solo que já sofreu a área PB, mesmo que há muitos anos atrás, uma vez que a PB apresenta bom estado de conservação.

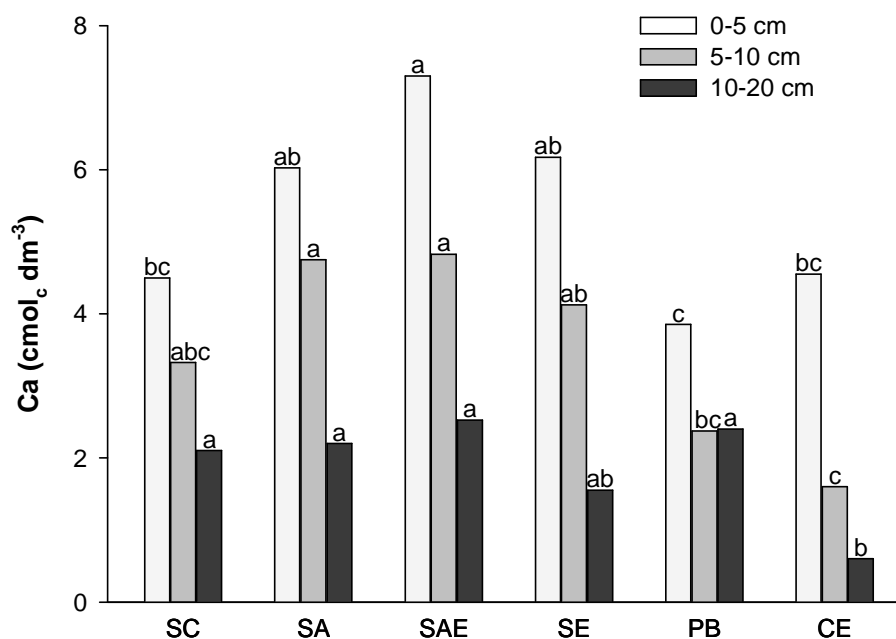


FIGURA 2. Teores de Ca trocável, determinados nas subcamadas de 0-20 cm em Latossolo Vermelho em diferentes tratamentos: Adubação de Alta Reatividade (SC), Adubação de Baixa Reatividade (SA), Adubação Mista (SAE), Adubação Orgânica (SE) e áreas de referência pastagem de braquiária (PB) e Cerrado (CE). Teste de Tukey 10%.

Para o magnésio (Mg), os teores sofreram variação de 0,8 a 3,0 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ (Figura 3). Os teores de Mg não diferem entre a PB e o CE, nas subcamadas de 0-20 cm. Já na comparação entre os sistemas cultivados e a PB, o SC apresentou menores teores de Mg para a subcamada 0-5 cm que PB. Nas subcamadas de 5-20 cm, SC demonstrou menores teores de Mg em comparação com SAE.

O fato de não se verificarem incrementos nos teores de Ca e Mg nos sistemas cultivados anualmente, em comparação à PB, pode estar relacionado ao tempo de aplicação do calcário. Para COSTA (2011), a redução dos teores de Ca e Mg em solos de Cerrado, pode estar relacionada a altas taxas de lixiviação destes elementos ao longo do perfil de solo, ocasionada pelas altas densidades de chuva da região, e pela exposição do solo aos agentes diretos de erosão (hídrica ou eólica).

Entretanto, fazendo a relação entre os teores de Ca:Mg, a mesma ficou entre 1:1 e 10:1, uma relação vista como adequada por SOUSA & LOBATO (2004).

Os teores de Ca e Mg, na subcamada de 0-20 cm, considerados suficientes para a produção de culturas anuais na região dos Cerrados, foram de 1,8 a 2,5 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$ e de 0,8 a 1,0 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$, respectivamente (SOUSA et al., 2004). O teor considerado suficiente de Ca não foi encontrado na subcamada de 10-20 cm para SE. Para Mg, os teores suficientes não foram detectados para SC nas subcamadas de 5-20 cm e para SA e SE na subcamada de 10-20 cm (Figuras 2 e 3).

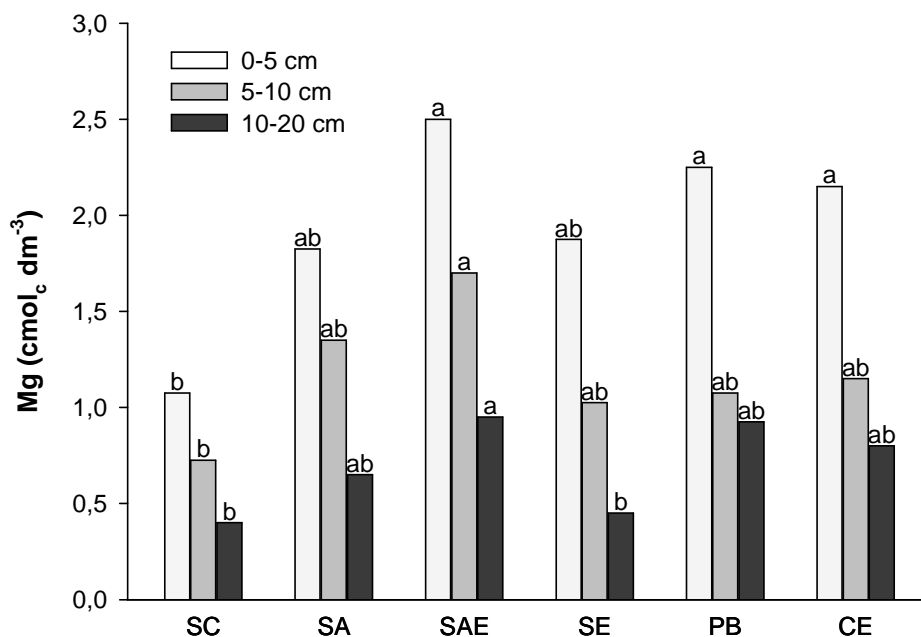


FIGURA 3. Teores de Mg trocável, determinados nas subcamadas de 0-20 cm em Latossolo Vermelho em diferentes tratamentos: Adubação de Alta Reatividade (SC), Adubação de Baixa Reatividade (SA), Adubação Mista (SAE), Adubação Orgânica (SE) e áreas de referência pastagem de braquiária (PB) e Cerrado (CE). Teste de Tukey 10%.

Quanto aos teores de potássio (K), os mesmos variaram de 15,6 a 255,8 mg dm^{-3} nas subcamadas de 0-20 cm (Figura 4). A área de CE apresentou menor teor de K que a PB, nas subcamadas de 0-5 e 10-20 cm. Esse teor de K já era esperado para solos do Cerrado em estado natural, como verificaram também teores mais baixos ERNANI et al. (2007), em que 85% dos solos de Cerrado eram deficientes em K, ficando os teores médios encontrados em 31 mg dm^{-3} . Entretanto, no presente estudo, o teor de K verificado é tido por SOUSA & LOBATO (2004) como muito alto, em todas as subcamadas analisadas.

Para os sistemas cultivados, na subcamada de 0-5 cm, SE apresenta teor de K, que difere da PB (Figura 4). Este resultado de SE pode ser reflexo da mudança de manejo adotado nos últimos dois anos, visto que, até então, SE recebia adubação potássica mineral e, depois, passou a receber aplicação de esterco bovino, o qual contém pequena concentração de K e que assim se torna disponível às plantas imediatamente após o produto ser adicionado ao solo (ERNANI et al., 2007). Por ser o K um elemento móvel no solo, devido à baixa reposição de K neste período de dois anos, o mesmo pode ter sido removido do sistema, exportado pelas culturas de interesse agrícola.

Os maiores teores de K no solo sob PB em comparação com CE nas subcamadas 0-5 e 10-20 cm (Figura 4), podem ser devidos ao não revolvimento do solo e à presença permanente da pastagem de braquiária, que contribui com um contínuo aporte de resíduos vegetais, radiculares e ciclagem de nutrientes eficientes, os quais a partir da mineralização desses resíduos possibilita o fornecimento contínuo de K, favorecendo a absorção deste elemento, e tendo, ao mesmo tempo, menores perdas por lixiviação. Uma vez que na PB, provavelmente excreções animais contribuem para o acúmulo de K em superfície, e com sistema radicular eficiente praticamente todo K liberado na superfície do solo ficaria retido nos primeiros centímetros do solo.

O teor de K da PB, na subcamada de 10-20 cm, foi de 98,5 mg dm⁻³, teor considerado alto (SOUSA & LOBATO, 2004). Para os demais tratamentos cultivados, o teor de K, na subcamada de 10-20 cm, apresenta um comportamento diferenciado da PB, com valores já baixos que variam de 15,8 a 35,3 mg dm⁻³.

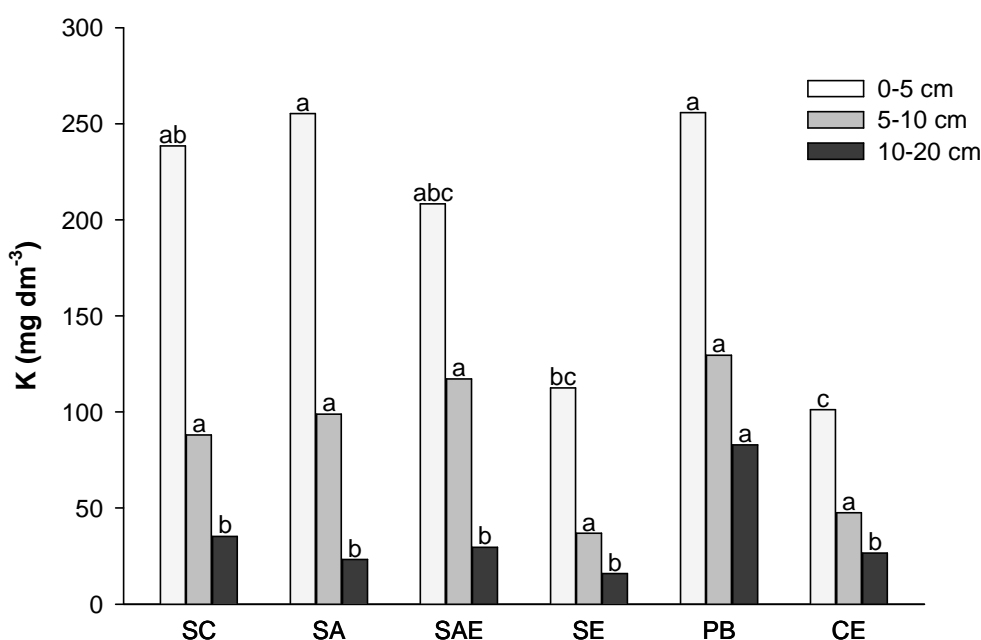


FIGURA 4. Teores de K disponível, determinados nas subcamadas de 0-20 cm em Latossolo Vermelho em diferentes tratamentos: Adubação de Alta Reatividade (SC), Adubação de Baixa Reatividade (SA), Adubação Mista (SAE), Adubação Orgânica (SE) e áreas de referência pastagem de braquiária (PB) e Cerrado (CE). Teste de Tukey 10%.

A capacidade de troca de cátions (CTC) apresentou, para todos os tratamentos, nas subcamadas de 0-20 cm, valores maiores que o de 4,0 cmol_cdm⁻³, considerado adequado para solos do Cerrado. Porém, não houve diferença entre os tratamentos avaliados (Figura 5).

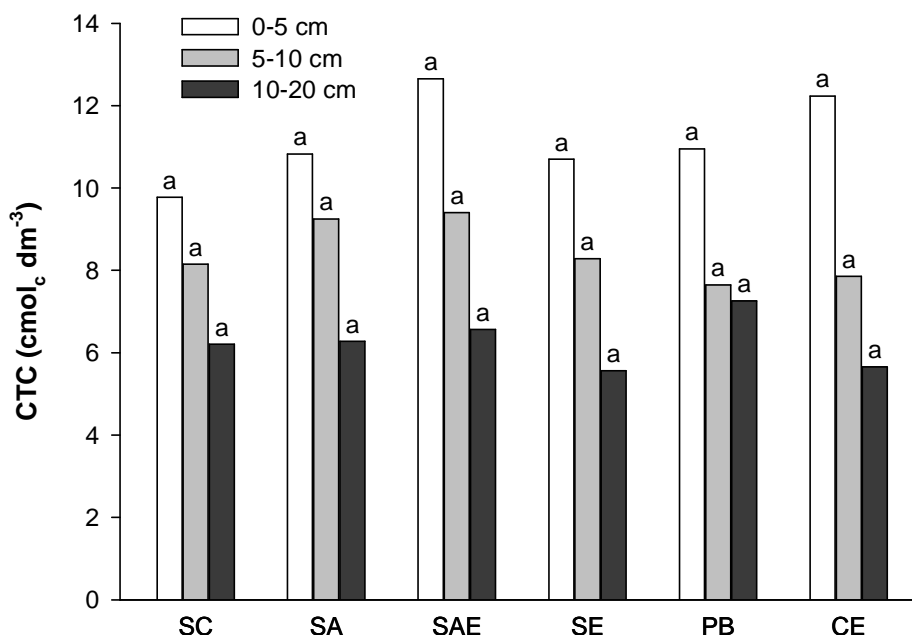


FIGURA 5. Valores de CTC, determinados as subcamadas de 0-20 cm em Latossolo Vermelho em diferentes tratamentos: Adubação de Alta Reatividade (SC), Adubação de Baixa Reatividade (SA), Adubação Mista (SAE), Adubação Orgânica (SE) e áreas de referência pastagem de braquiária (PB) e Cerrado (CE). Teste de Tukey 10%.

O teor de carbono (C), por sua vez, apresentou variação de 17 a 43 g kg⁻¹ nas subcamadas de 0-20 cm (Figura 6). Para a subcamada de 0-5 cm, PB mostrou menor teor que o CE. Observa-se, ainda, que a PB tem maiores teores de C, em comparação com os demais sistemas cultivados, exceto SAE. CALONEGO et al. (2012), observaram que a intervenção humana por meio de práticas agropecuárias reduz o estoque de carbono no solo a patamares muito inferiores ao encontrado em condições de mata nativa.

Todavia, vários trabalhos demonstram que, mesmo sistemas cultivados, podem recuperar o teor de C do solo, aos níveis da vegetação natural ou até superiores a esta. Para PEREIRA et al. (2010), sistemas de manejo que não envolvem revolvimento do solo favorecem o aumento do estoque de carbono orgânico nas camadas superficiais, enquanto o preparo convencional e o plantio direto com uso do milho como planta de cobertura propiciam a incorporação mais profunda do carbono. Segundo CARVALHO et al. (2010), com o estabelecimento de sistemas de manejo eficientes em adicionar C ao solo, como a integração lavoura e pecuária, poder-se-ia acelerar a melhoria da qualidade do solo e ampliar as taxas de sequestro de C.

Nas subcamadas de 5-20 cm, PB apresenta resultados similares a CE. Já PB oferece teores de C maiores que os sistemas cultivados anualmente, demonstrando ainda os efeitos de perdas de C em profundidade, para os sistemas de manejo da fertilidade utilizados que não estão proporcionando manutenção dos estoques de C em profundidade, provavelmente, pelo menor aporte via sistema radicular, comparado à pastagens de braquiária e áreas naturais. Estas observações

são corroboradas por ZINN et al. (2012), que observaram menores teores de C em profundidade.

Resultados adversos para área de pastagens foram encontrados por SIQUEIRA NETO et al. (2009), que detectaram em pastagem de braquiária com pouca produção de biomassa - reflexo do grau de degradação da pastagem - menores teores de carbono orgânico total (COT) em comparação com sistemas plantio direto, plantio convencional e área de Cerrado nativo.

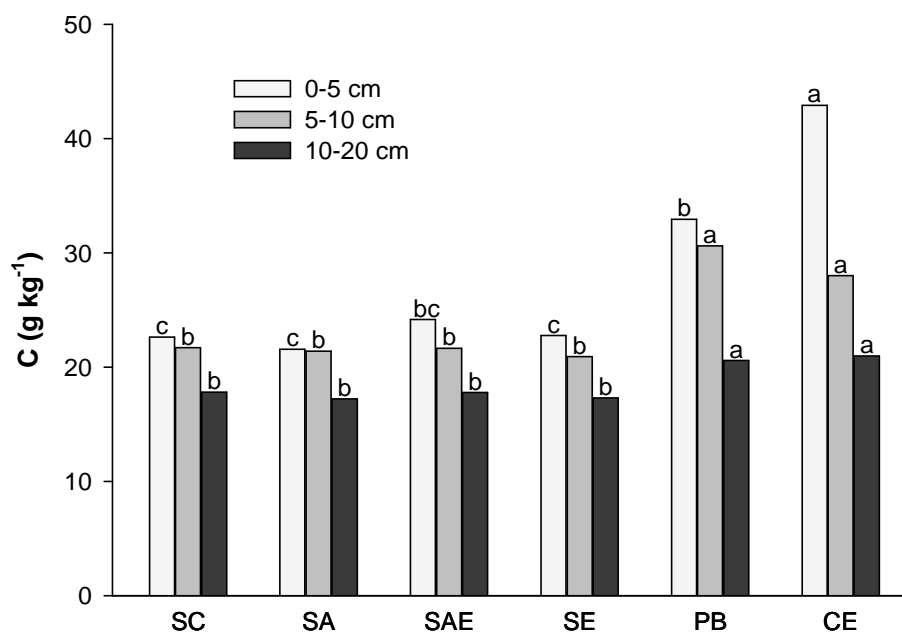


FIGURA 6. Teores de C, determinados as subcamadas de 0-20 cm em Latossolo Vermelho em diferentes tratamentos: Adubação Alta Reatividade (SC), Adubação de Baixa Reatividade (SA), Adubação Mista (SAE), Adubação Orgânica (SE) e áreas de referência pastagem de braquiária (PB) e Cerrado (CE). Teste de Tukey 10%.

Para LOVATO et al. (2004), culturas como gramíneas, com sistema radicular abundante e vigoroso, alocam uma fração maior de C fotossintetizado que raízes de culturas anuais. ROSSI et al. (2012), corroboram demonstrando também maiores valores de estoque de C em profundidade, em sistemas de manejo do solo que se utilizam da braquiária como parte do sistema. Assim, gramíneas seriam mais eficientes para aumentar estoques de C do solo do que a maioria das culturas agrícolas para produção de grãos e fibras utilizadas. De modo que sistemas em pousio, de baixa produtividade ou pouca produção de resíduos apresentam baixo teor de adição de C.

No concernente aos teores de nitrogênio total (N total), observou-se variação de 0,95 a 3,08 g kg⁻¹ nas subcamadas de 0-20 cm (Figura 7). Na subcamada de 0-5 cm PB apresentou menores teores de N total que CE, da mesma forma que os teores de N total da PB diferem dos sistemas cultivados anualmente, na subcamada de 0-5 cm, exceto para SAE. O teor de N total entre os sistemas cultivados não apresenta diferença.

Sistemas naturais como cerrados, que possuem equilíbrio entre entradas e saídas de N com processos internos de ciclagem, variações importantes podem ser

observadas a médio e longo prazo, quando estes sistemas naturais em equilíbrio são convertidos em sistemas agrícolas (COSTA JÚNIOR et al., 2011). Em condições tropicais, com solos intemperizados e altas temperaturas durante todo o ano, as altas taxas de mineralização da MO podem levar a reduções do estoque de N muito maiores se comparadas às de solos de clima temperado.

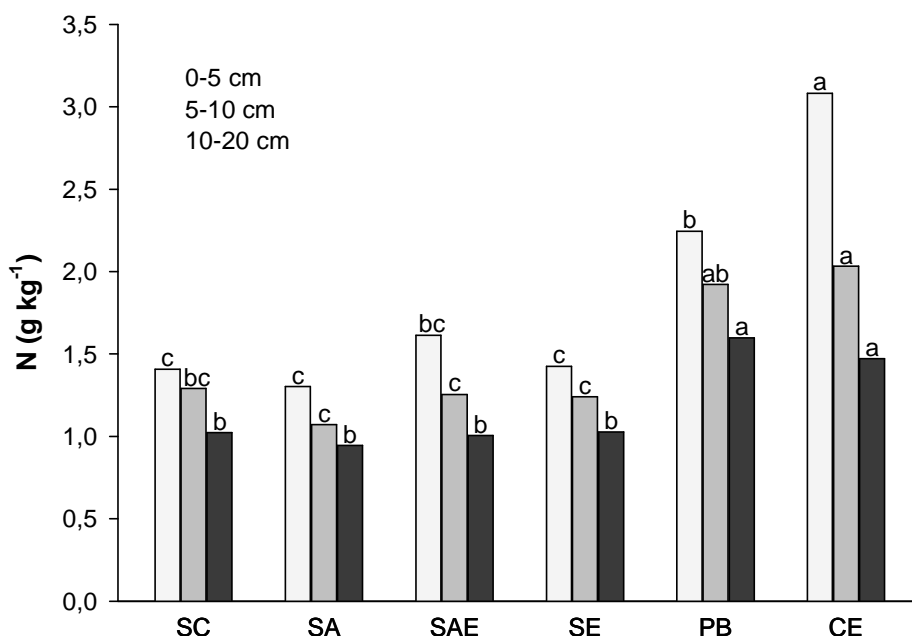


FIGURA 7. Teores de N total, determinados nas subcamadas de 0-20 cm em Latossolo Vermelho em diferentes tratamentos: Adubação de Alta Reatividade (SC), Adubação de Baixa Reatividade (SA), Adubação Mista (SAE), Adubação Orgânica (SE) e áreas de referência pastagem de braquiária (PB) e Cerrado (CE). Teste de Tukey 10%.

Da mesma forma que para o teor de C, o teor de N total apresentou diferenças para a subcamada de 10-20 cm, onde para CE e PB se encontraram os maiores teores. Os teores de fósforo (P), variaram de 0,9 a 20,7 mg dm⁻³ nas subcamadas de 0-20 cm (Figura 8). Para a área de CE os teores nas subcamadas de 0-20 cm foram de 0,9 a 5,5 mg dm⁻³ de P, teor considerado como sendo muito baixo para atender às necessidades de culturas agrícolas anuais (SOUSA et al., 2004), e que não diferiu a PB do CE. Baixos teores de P em solos altamente intemperizados, como os solos do Cerrado, fazem gradualmente o solo de fonte a dreno de P. Em solos do Cerrado, devido à presença de óxidos de Fe e Al, o fenômeno conhecido como retenção de P no solo, torna-se fator problemático para as plantas, sobretudo ao não poderem utilizar o P do solo, quando não há uma correção adequada.

A PB têm menor teor de P que SAE, que apresenta 14,7 mg dm⁻³ de P na subcamada de 0-5 cm, este teor de SAE é considerado de médio a adequado por SOUSA et al., (2004), e pode ser advindo da utilização conjunta da adubação orgânica e mineral de baixa reatividade, conforme recomenda NOVAIS (1999) para solos considerados “baixos” quanto à disponibilidade de P. Já que a adubação de baixa reatividade tem uma liberação lenta de P para as plantas. Sendo assim, a adubação visa corrigir a carência de P do solo, em contraponto com a adubação

orgânica, que tem o P prontamente disponível. Este sistema de manejo da fertilidade com a utilização de fosfatos naturais teria uma preocupação maior com o solo (ESTEVEZ & ROSOLEM, 2011), de forma a aumentar o teor de P; no entanto, este aumento ocorre de forma gradual.

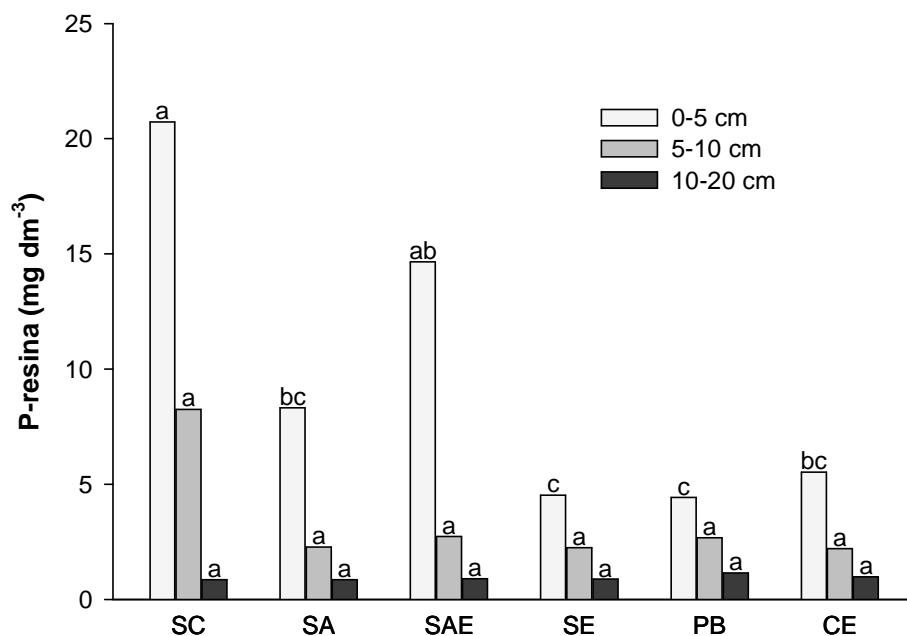


FIGURA 8. Teores de P (Resina), determinados nas subcamadas de 0-20 cm em Latossolo Vermelho em diferentes tratamentos: Adubação de Alta Reatividade (SC), Adubação de Baixa Reatividade (SA), Adubação Mista (SAE), Adubação Orgânica (SE) e áreas de referência pastagem de braquiária (PB) e Cerrado (CE). Teste de Tukey 10%.

Em SC, na subcamada de 0-5 cm verificou-se o teor de 20,7 mg dm⁻³ de P, o qual foi maior que os encontrados em SA, SE e PB. Um dos motivos desses maiores teores de P na subcamada de 0-5 cm para o SC está na adubação mineral fosfatada de alta reatividade.

Nas subcamadas de 5-20 cm, não houve diferença entre a PB e CE e os sistemas cultivados anualmente. Os teores de P encontrados para solos sob vegetação natural, corroboram com Jerke et al. (2012) que, enfatizaram ser os solos do Cerrado muito pobres em fósforo, o que comprometeria a utilização do solo com culturas agrícolas anuais se não houvesse uma correção fosfatada, uma vez que a carência de P é um dos elementos mais limitantes à produção agrícola vegetal.

Já os teores de boro (B) variaram de 0,2 a 0,6 mg dm⁻³ nas subcamadas de 0-20 cm, sendo que para PB e CE os teores de B não diferem em nenhuma das subcamadas avaliadas. Entre as áreas cultivadas anualmente apenas SAE apresentou maiores teores que PB nas subcamadas de 0-10 cm, e que SE na subcamada de 0-5 cm (Figura 9).

LEITE et al. (2011) mencionaram que a disponibilidade de B é influenciada pelo teor de MO, principal fonte deste micronutriente para o solo, assim como é diminuída com o aumento de pH. Este comportamento não ocorreu nos sistemas cultivados anualmente, e entre as razões destes resultados considera-se a aplicação

do fertilizante bórax e da adubação mista, o qual contribui com fornecimento de B ao solo e às plantas. A aplicação deste micronutriente é imprescindível junto aos solos do Cerrado. É necessário, porém, certo cuidado no manejo deste elemento, uma vez que B é facilmente lixiviado; sendo assim, práticas inadequadas de conservação do solo podem potencializar a deficiência de B.

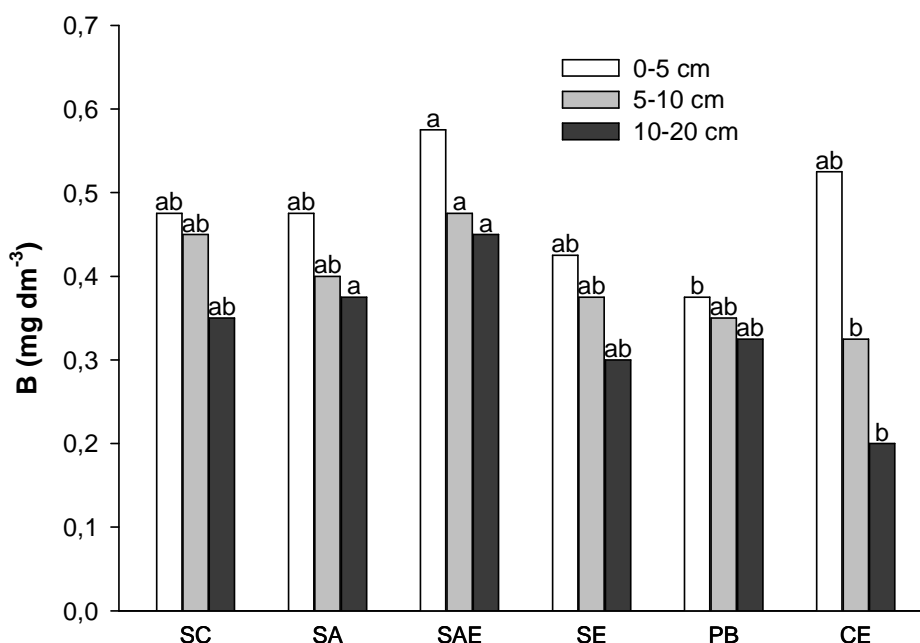


FIGURA 9. Teores de B, determinados nas subcamadas de 0-20 cm em Latossolo Vermelho em diferentes tratamentos: Adubação de Alta Reatividade (SC), Adubação de Baixa Reatividade (SA), Adubação Mista (SAE), Adubação Orgânica (SE) e áreas de referência pastagem de braquiária (PB) e Cerrado (CE). Teste de Tukey a 10%.

Quanto aos teores de cobre (Cu), estes mostraram variação entre 1,9 e 4,9 mg dm⁻³ nas subcamadas de 0-20 cm (Figura 10). Na subcamada de 0-5 cm os teores entre PB e CE não diferiram entre si. E a PB apresentou teores de Cu que não diferem dos demais sistemas cultivados. No entanto, entre os sistemas cultivados anualmente, SAE apresentou maiores teores de Cu que SC e SE (Figura 10). Na subcamada de 10-20 cm, PB demonstrou similaridade com CE nos teores de Cu. Os sistemas cultivados SE, SC e SA apresentaram redução nos teores de Cu comparados à PB. Porém, para os tratamentos, independentemente da subcamada analisada, determinaram teores de Cu maiores que 0,8 mg dm⁻³, teor considerado alto (SOUSA & LOBATO, 2004).

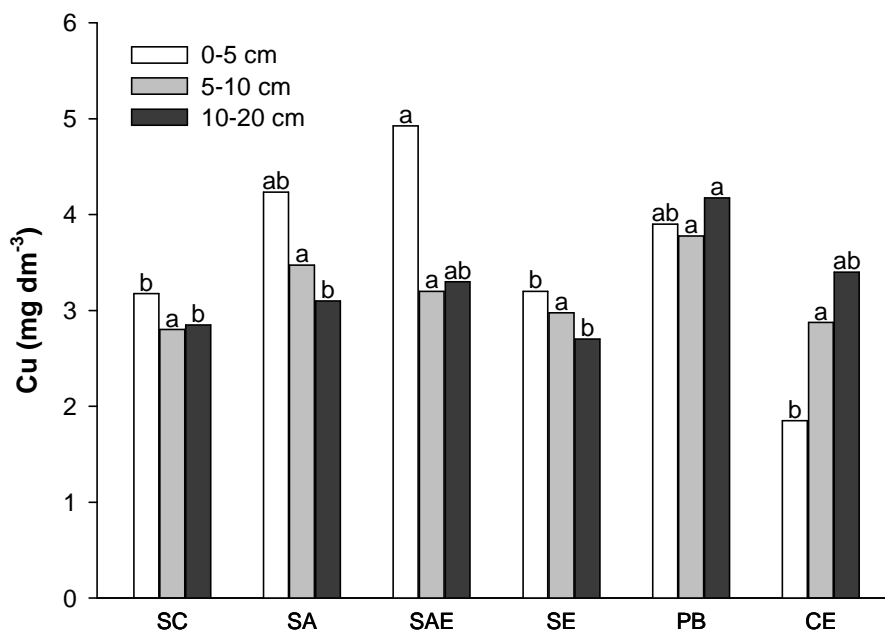


FIGURA 10. Teores de Cu, determinados nas subcamadas de 0-20 cm em Latossolo Vermelho em diferentes tratamentos: Adubação de Alta Reatividade (SC), Adubação de Baixa Reatividade (SA), Adubação Mista (SAE), Adubação Orgânica (SE) e áreas de referência pastagem de braquiária (PB) e Cerrado (CE). Teste de Tukey 10%.

Os teores de zinco (Zn) variaram de 1,6 a 8,0 mg dm⁻³, na subcamada de 0-20 cm (Figura 11). Os valores encontrados para PB e o CE não diferiram nas subcamadas analisadas. O SAE apresentou teor maior de Zn que PB, na subcamada de 0-10 cm. Entre os teores detectados pode-se dizer que se situam em nível considerado alto de Zn no solo (SOUSA & LOBATO, 2004).

Na subcamada de 10-20 cm, os teores de Zn podem ser considerados como baixos, e este resultado possivelmente causaria deficiências de Zn nas culturas agrícolas. Entretanto, os valores determinados nas subcamadas de 0-20 cm estariam acima do teor de 1,0 mg dm⁻³, considerado crítico (GALRÃO, 2004).

Analisando os teores de manganês (Mn), verificou-se que os mesmos variam de 3,8 a 62,8 mg dm⁻³ de Mn nas subcamadas de 0-20 cm (Figura 12). Os maiores teores foram os verificados para PB e CE, na subcamada de 0-10 cm, sendo a PB com maiores teores que CE, na subcamada de 5-10 cm. Já nos sistemas cultivados anualmente, há menores teores de Mn que PB, independentemente das subcamadas analisadas. Percebem-se entre os sistemas cultivados anualmente que estes apresentam menores teores nas camadas superficiais, e que estes valores aumentam em profundidade.

Para FREITAS et al. (2013), em estudo de atributos químicos do solo com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar, maiores teores de Mn determinados em latossolo vermelho de textura argilosa, são provavelmente decorrentes de elevados teores de MO.

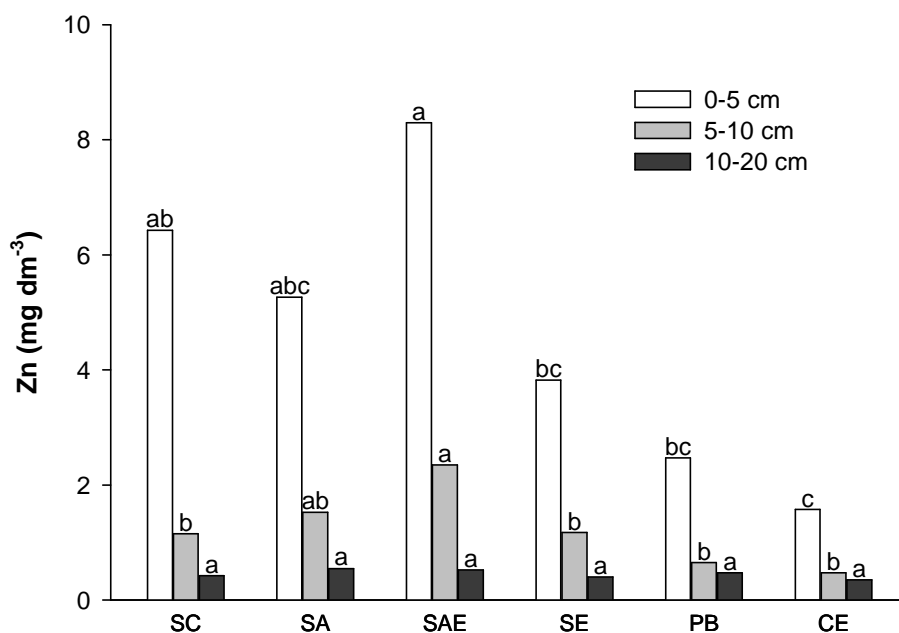


FIGURA 1. Teores de Zn, determinados nas subcamadas de 0-20 cm em Latossolo Vermelho em diferentes tratamentos: Adubação de Alta Reatividade (SC), Adubação de Baixa Reatividade (SA), Adubação Mista (SAE), Adubação Orgânica (SE) e áreas de referência pastagem de braquiária (PB) e Cerrado (CE). Teste de Tukey 10%.

Os teores detectados para SA e SE, com 3,8 mg dm⁻³ de Mn na subcamada de 0-5 cm, situam-se abaixo do valor considerado crítico de Mn, que é de 5,0 mg dm⁻³ (PEREIRA et al., 2001). Os menores teores de Mn, para os solos cultivados, são advindos do uso de calcário no solo, e esta aplicação, sendo realizada de forma superficial, sem a incorporação, pode ser um fator agravante para o problema. Para GALRÃO (2004), a incorporação rasa de calcário (0 a 10 cm) tem contribuído para o aparecimento de deficiência de Mn na cultura da soja, visto que a aplicação de calcário provoca o aumento de pH do solo, reduzindo assim a disponibilidade de Mn para a cultura da soja, por exemplo.

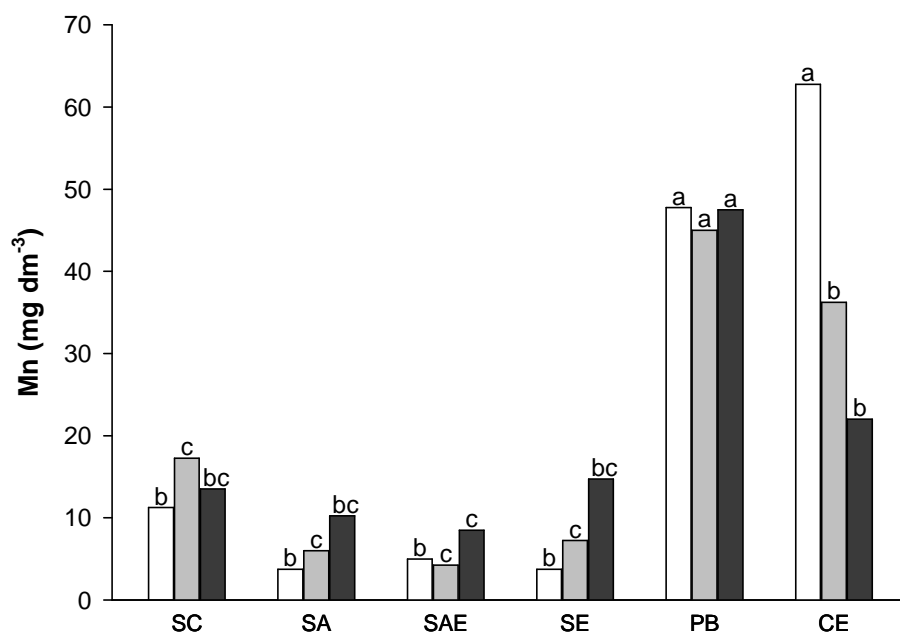


FIGURA 2. Teores de Mn, determinados nas subcamadas de 0-20 cm em Latossolo Vermelho em diferentes tratamentos: Adubação de Alta Reatividade (SC), Adubação de Baixa Reatividade (SA), Adubação Mista (SAE), Adubação Orgânica (SE) e áreas de referência pastagem de braquiária (PB) e Cerrado (CE). Teste de Tukey 10%.

CONCLUSÕES

A substituição do Cerrado por pastagem de braquiária não afeta os atributos químicos do solo avaliados, enquanto que a conversão de braquiária para o sistema de manejo da fertilidade com adubação de alta reatividade, com culturas anuais, reduz os teores de Mg, Mn, C, N. O sistema de manejo da fertilidade misto, com adubação mineral de baixa reatividade e orgânica, apresenta, de maneira geral, os melhores resultados de atributos químicos do solo em comparação com os demais sistemas cultivados.

REFERÊNCIAS

- BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S.; FREIRE, M. B. G. S.; ARAÚJO, Q. R.; FREIRE, F. J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.19, n.4, p.415-425, 2006.
- CALONEGO, J. C.; SANTOS, CARLOS H.; TIRITAN, C. S.; CUNHA JÚNIOR, J. R. Estoques de carbono e propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.2, p.128-135, 2012.
- CARVALHO JÚNIOR, G. S.; ARAÚJO, V. L.; SILVA, D. M. A.; SOFIATTI, V.; BELTRÃO, N. E. M.; GHEYI, H. R. Atributos químicos de um latossolo vermelho tratado com resíduo têxtil. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.8, n.1, p.164-176, 2011.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, L. M. N.; MELLO, C. R.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.34, p.277-289, 2010.

COSTA, A. A. Teor e estoque de C, Nt, Ca e Mg em solos de diferentes agroecossistemas: Bioma Semi-árido e Bioma Cerrado. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia**, v.7, n.12, p.1-6, 2011.

COSTA, M. S. S. D.; PIVETTA, L. A.; STEINER, F.; COSTA, L. A. D.; CASTOLDI, G.; GOBBI, F. C. Atributos químicos do solo sob plantio direto afetado por sistemas de culturas e fontes de adubação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, n.4, p.579-587. 2011.

COSTA JÚNIOR, C. C.; PICCOLO, M. C.; CAMARGO, P. B.; BERNOUX, M. M. Y.; SIQUEIRA NETO, M. Nitrogênio e abundância natural de ¹⁵N em agregados do solo no bioma cerrado. **Ensaio e Ciência**, Valinhos, v.15, n.2, p.47-66, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 551-594.

ESTEVES, J. A. F.; ROSOLEM, C. A. Triticale, milho e adubação fosfatada para formação de palhada em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, p.981-990, 2011.

FREITAS, L.; CASAGRANDE, J. C.; OLIVEIRA, I. A.; MORETI, T. C. F.; CARMO, D. A. B. Avaliação de atributos químicos e físicos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia**, v.9, n.17; p.362-374, 2013.

GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004, p.185-226.

GUANZIROLI, C. E.; BUAINAIN, A. M.; SABBATO, A. D. Dez anos de evolução da agricultura familiar no Brasil: (1996 e 2006). **Revista Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v.50, n.2, p.351-370, 2012.

JERKE, C.; SOUSA, D. M. G.; GOEDERT, W. J. Distribuição do carbono orgânico em latossolo sob manejo de adubação fosfatada em plantio direto no cerrado **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n.3, p.442-448, 2012.

LEITE, D. C.; CUNHA, A. C. B.; BIZANI, D. Análise de macro e micronutrientes em um estudo comparativo de solo húmico para processos de biorremediação. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v.5, n.2, p.93-102, 2011.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em

sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.175-187, 2004.

NOVAIS, R. F. Utilização de Fosfatos Naturais. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., H. G. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minerais Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais - CFSEMG, 1999. 359p.

PEREIRA, G. D.; BERTONI, J. C.; CARVALHO, J. G.; MORAIS, A. R. Doses e modos de adubação com manganês e seus efeitos na produção da cultura do arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.625-633, 2001.

PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; BEUTLER, S. J.; TORRES, J. L. R. Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, n.5, p.508-514, 2010.

PIRES, A. A.; MONNERAT, P. H.; MARCIANO, C. R.; PINHO, L. G. R.; ZAMPIROLI, P. D.; ROSA, R. C. C.; MUNIZ, R. A. Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro amarelo nas características químicas e físicas do solo, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.1997-2005, 2008.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. Frações orgânicas e índices de manejo de carbono do solo em Latossolo Vermelho sob plantio de soja no cerrado goiano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, n.2, p.233-241, 2012.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; SCOPEL, E.; COSTA JÚNIOR, C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.31, n.4, p.709-717, 2009.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.81-96.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.147-168.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p.

ZINN, Y. L.; GUERRA, A. R.; SILVA, A. C.; MARQUES, J. J.; OLIVEIRA, G. C.; CURTI, N. Perfis de carbono orgânico do solo nas regiões sul e serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais: modelagem em profundidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, n.5, p.1395-1406, 2012.