

Alterações dos atributos físico-químicos da camada superficial do solo em resposta à agricultura com soja na várzea do Tocantins

Eláiny Cristina Alves Martins¹, Joenes Mucci Peluzio², Waldesse Piragé de Oliveira Junior³, Siu Mui Tsai⁴, Acacio Aparecido Navarrete⁵, Paula Benevides de Morais⁶

1. Bióloga, Universidade Federal do Tocantins. Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia, Rede BIONORTE. Professora, Universidade Federal do Tocantins, Brasil. E-mail: biocris@mailuft.edu.br;

2. Agrônomo, Universidade Federal de Viçosa. Doutor em Genética e Melhoramento, Universidade Federal de Viçosa. Professor, Universidade Federal do Tocantins, Brasil. E-mail: joenesp@mailuft.edu.br

3. Biólogo, Universidade Federal de Uberlândia. Doutor em Genética e Bioquímica, Universidade Federal de Uberlândia. Professor, Universidade Federal do Tocantins, Brasil. E-mail: waldessejunior@mailuft.edu.br

4. Engenheira Agrônoma, Universidade de São Paulo. Doutora em Agronomia, Universidade de São Paulo. Professora, Universidade de São Paulo, Brasil. E-mail: tsai@cena.usp.br

5. Ecólogo, Universidade Estadual Paulista. Doutor em Ciências, Universidade de São Paulo, Brasil. E-mail: navarrete@cena.usp.br

6. Biólogo, Universidade Federal de Minas Gerais. Doutora em Ciências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professora, Universidade Federal do Tocantins, Brasil. E-mail: moraespb@mailuft.edu.br

RESUMO: O uso do solo com cultivos anuais durante longo tempo, especialmente quando são utilizados manejos não conservacionistas, como arações e gradagens, normalmente são responsáveis pela degradação mais intensa de suas propriedades. Este trabalho avaliou as propriedades do solo em três áreas sob cultivo agrícola e uma área nativa de Cerrado, verificando as alterações ocorridas nos atributos físico-químicos do solo após dois, cinco e oito anos sob plantio de soja. As amostras de solo foram coletadas na Fazenda Praia Alta, no município de Lagoa da Confusão - TO, onde a soja é cultivada no período de entressafra (maio-junho), em várzea irrigada, sob regime de subirrigação. A análise físico-química do solo quantificou pH, matéria orgânica (MO), P, S, K, Ca, Mg, Al, H + Al, CTC, SB, Na, Zn, B, Cu, Fe, Mn, argila, silte e areia. Os resultados mostraram evidências que o tempo de uso do solo com agricultura tecnificada, influencia as propriedades do solo; o tempo de cultivo do solo parece influenciar as modificações nos atributos naturais de áreas de várzea alagável no Cerrado.

Palavras-chave: nutrientes, propriedades do solo, plantio direto.

Changes in physico-chemical properties of topsoil in response to agriculture with soybeans in the "várzea" of Tocantins

ABSTRACT: The use of land with annual crops for a long time, especially when non conservation managements are used, such as plowing and harrowing, is usually responsible for more intense degradation of their properties. This paper evaluated soil properties in three areas of agriculture and a native Cerrado soil, in order to understand the modification on chemical properties of soils after five and eight years of soy plantation. Soil samples were collected in Praia Alta Farm in Lagoa da Confusão – TO municipality, where soy is cultivated during off-season (May-June) in 'varzea' lowlands using sub-irrigation. Chemical analysis of soil measured pH, organic matter (MO), P, S, K, Ca, Mg, Al, H + Al, cation exchange capacity, SB, Na, Zn, B, Cu, Fe, Mn, clay, silt and sand. Results showed evidence that the time of cultivation with technified agriculture influences soil properties. Time of cultivation seems to influence the modification in soil properties in wetlands or 'varzea' in Cerrado.

Keywords: nutrients, soil properties, no-tillage.

1. Introdução

No Estado do Tocantins, a soja é a terceira cultura em termos de participação no valor bruto da produção, sendo cultivada no período de entressafra (maio-junho), em condições de várzea irrigada, sob regime de sub-irrigação (elevação do lençol freático), principalmente em Formoso do Araguaia, e no período de safra (novembro-dezembro), em condições de terras altas. Na entressafra, a ausência de chuvas, aliada à baixa umidade relativa do ar e a baixa temperatura noturna, tem possibilitado a obtenção de sementes de boa qualidade. Assim, a produção de soja, nesse período, tem-se tornado altamente atrativa para os produtores, em virtude de o preço da soja, comercializada na forma de sementes, ser compensador (ALMEIDA et al., 2011). Entretanto, o uso intensivo de áreas para a produção agropecuária, aliado a técnicas impróprias de manejo do solo, tem causado degradação da estrutura do solo, influenciando negativamente o desenvolvimento vegetal e predispondo o solo à degradação (STONE; GUIMARÃES, 2005).

Os sistemas de uso e manejo dos solos podem influenciar a sustentabilidade e a produtividade dos ecossistemas agrícolas por meio da degradação de propriedades do

solo que determinam o desenvolvimento e a produtividade das culturas, com impactos na produção agrícola e no meio ambiente (PAGLIAI et al., 2004). De acordo com Sanchez (1981), avaliações das modificações no solo decorrentes do cultivo devem ser feitas, através da análise periódica de suas propriedades enquanto ele é submetido à exploração agrícola. No entanto, por diferentes razões, é difícil atender a essas condições. Mas, estes estudos podem ser feitos utilizando solos cultivados e sob mata nativa, desde que mantidos os critérios genéticos e topográficos relacionados com a formação dos solos. No Brasil, têm sido feitos estudos avaliando as mudanças nas propriedades dos solos, utilizando o solo sob mata como referência (MATIAS et al., 2009; JUNIOR et al., 2011; CARDOSO et al., 2011; ROSOLEN et al., 2012; SILVA et al., 2013).

Em ecossistemas naturais, é mantida estreita e harmônica integração da cobertura vegetal com o sistema físico, químico e biológico do solo, através de processos essenciais, como a ciclagem de nutrientes, pela formação e decomposição da matéria orgânica. Entretanto, a ação antrópica promove alterações nesses atributos e, na maioria das vezes, causa impacto ambiental negativo (SILVA et al., 2007). De acordo com Bayer e Mielniczuk (2008), sob

vegetação natural a matéria orgânica do solo se encontra estável e, quando submetida ao uso agrícola, pode ocorrer redução acentuada no seu conteúdo, principalmente quando utilizados métodos de preparo com intenso revolvimento do solo e sistemas de cultura com baixa adição de resíduos. Nessa situação, pode ser estabelecido um processo de degradação das condições químicas, físicas e biológicas do solo, além de perda da produtividade das culturas.

Avaliações de alterações nas propriedades do solo, decorrentes de impactos da intervenção antrópica em ecossistemas naturais, podem constituir importante instrumento para auxiliar no monitoramento da conservação ambiental, especialmente quando adotada como referência a vegetação nativa original (CARDOSO et al., 2011), sendo importante também destacar o efeito do tempo da atividade agrícola sobre as propriedades dos horizontes superficiais do solo. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades do solo em três áreas sob cultivo agrícola de soja e uma área nativa de Cerrado, buscando verificar as alterações causadas pelo tempo de manejo agrícola sobre os atributos químicos do solo.

2. Material e Métodos

Na entressafra 2013, na Fazenda Praia Alta, município de Lagoa da Confusão (10°47'21.37"S; 49°37'26.51"O), Estado do Tocantins, foram coletadas amostras de solo de três áreas sob cultivo agrícola de soja (áreas de 2°, 5° e 8° ano consecutivos com o cultivo da soja em sistema de plantio direto) e uma área de Cerrado nativo (área controle). A área de Cerrado nativo, considerada como área controle neste estudo, apresentava-se no momento da amostragem do solo como mata fechada e com serrapilheira espessa, sem intervenção antrópica.

Os solos, em cada uma das áreas estudadas, foram amostrados à profundidade de 0-10 cm, sendo os resultados das características químicas e físicas de cada solo apresentados na tabela 1. A partir do resultado da análise de cada um dos solos e conforme exigências da cultura, foi realizada a correção do solo, quando necessária, e adubação de plantio.

Na região, o clima é classificado como Aw, de acordo com a Köppen e Geiger, com temperatura média de 27,2 °C e pluviosidade média anual de 1882 mm (Climate-Data.org, 2013).

Tabela 1. Propriedades dos solos da área controle e das áreas de 2°, 5° e 8° ano. / **Table 1.** Control area of soil properties and areas of 2nd, 5th and 8th years.

PROPRIEDADES DO SOLO																					
Área	Amostra	pH	M.O.	P	S	K	Ca	Mg	AL	H	CTC	SB	Na	Zn	B	Cu	Fe	Mn	Argila	Silte	Areia
		CaCl ₂	g/dm ³	mg/dm ³			cmolc/dm ³														
Controle	A	4,3	73	9,6	3,4	52	1,2	0,7	1,5	10,9	12,93	15,7	26	2,1	0,23	1,4	69,1	14,5	62	11	27
	B	4,4	73	8,1	3,4	32	0,4	0,2	1,4	9,8	10,48	6,49	24	0,2	0,28	1,5	40,2	6,1	28	7	65
	C	4,5	108	10	2,8	48	0,4	0,3	0,8	10,9	11,72	7	18	0,3	0,23	1,7	40,9	6,5	35	8	57
	D	4,4	105	7,7	3,4	50	1,3	0,9	1	10,4	12,73	18,3	16	0,2	0,14	0,7	47,8	8,7	23	6	71
	E	4,6	89	8,8	2,8	51	0,1	1,7	0,5	8	9,93	19,44	22	1,1	0,23	0,7	41,2	10,2	54	11	35
2° ANO	A	5,3	75	14,5	2	128	3	1,8	0,10	5,20	10,33	49,66	31	2,3	0,28	1,40	62,60	12,30	37	8	55
	B	5,2	67	14,10	2,80	114	2,8	0,5	0,10	6,10	9,69	37,05	33	2	0,23	0,20	55,50	11,20	30	7	63
	C	7,0	73	13,2	7,10	289	1,5	0,90	0,0	1,30	4,44	70,72	32,0	1,80	0,14	0,20	66,60	26,70	28	7	65
	D	5,2	67	10	5	160	3,20	1,30	0,10	5,50	10,41	47,17	28	1,20	0,23	1,90	62,40	12,50	26	7	67
	E	5,4	59	20,60	3,40	156	3,50	1	0,0	5,0	9,90	49,49	26	1	0,19	1,60	98,70	12,20	32	8	60
5° ANO	A	4,6	92	12,7	4,2	93	1,7	0,9	0,7	9,3	12,14	23,39	18	2,8	0,23	2,4	81,9	16,2	59	10	31
	B	4,7	80	32,5	4,2	79	2,2	1	0,3	8,4	11,8	28,81	20	5,2	0,19	2,1	54,9	18,1	32	8	60
	C	4,7	78	21,2	3,4	154	2,1	1	0,5	8,4	11,89	29,35	20	4,3	0,14	2,1	79,3	18,3	37	8	55
	D	4,5	78	20	3,4	88	1,3	0,9	0,6	9,3	11,73	20,72	18	3,6	0,19	1,2	62,8	16,3	62	11	27
	E	4,7	105	15	4,2	60	2,3	0,8	0,4	8,8	12,05	26,97	22	4,1	0,23	2,8	86,9	25,1	44	11	45
8° ANO	A	5,1	87	34,4	3,4	94	3,8	2,1	0,3	7,2	13,34	46,03	28	6,5	0,19	2,2	64,9	25,7	40	8	52
	B	5	71	39,6	3,4	59	4,1	1,7	0,3	8	13,95	42,65	26	8,4	0,33	4,3	102	20,6	47	10	43
	C	4,9	39	60	5	90	3	1,6	0,3	7,2	12,03	40,15	30	10,7	0,19	4,3	113	28,6	37	8	55
	D	5	41	39,6	3,4	58	3,2	2,2	0,3	7,2	12,75	43,53	30	7,5	0,23	2,6	72,5	23,1	35	8	57
	E	5	63	58	2	78	3,8	1,4	0,2	6,4	11,8	45,76	34	7,4	0,23	2,7	81,5	21,2	32	8	60

M.O. - Matéria Orgânica; P - Fósforo; S - Enxofre; K - Potássio; Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; Al - Alumínio; H + Al - Acidez potencial; CTC - Capacidade de Troca de Cátions; SB - Soma de Bases; Na - Sódio; Zn - Zinco; B - Boro; Cu - Cobre; Fe - Ferro; Mn - Manganês.

Em cada área foram estabelecidos cinco pontos de amostragem do solo. Inicialmente um ponto de amostragem central foi estabelecido de maneira aleatória no espaço. A partir deste, foram estabelecidos outros quatro pontos de amostragem, os quais foram posicionados ao norte, sul, leste e oeste com distância de 100 m do ponto central. Amostras compostas de solo foram formadas por cinco sub-amostras de solo tomadas à profundidade de 0-10 cm utilizando a mesma distribuição amostral descrita anteriormente, porém com distância de 2

m do ponto central. No total foram coletadas cinco amostras compostas de solos por área. Para a coleta das amostras de solo utilizou-se tubos PVC de 5 cm de diâmetro e 10 cm de comprimento previamente esterilizados.

Após a coleta, os tubos de PVC foram vedados com fita adesiva para evitar perda da amostra. Em cada amostra composta foram analisados os seguintes atributos físico-químicos do solo: pH, M.O. - Matéria Orgânica; P - Fósforo; S - Enxofre; K - Potássio; Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; Al -

Alumínio; H + Al - Acidez potencial; CTC - Capacidade de Troca de Cátions; SB - Soma de Bases; Na - Sódio; Zn - Zinco; B - Boro; Cu - Cobre; Fe - Ferro; Mn - Manganês, argila, silte e areia.

Os atributos físico-químicos do solo foram submetidos à análise de variância, e os resultados obtidos foram submetidos ao teste F a 1 e 5 %, e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de significância. Os valores obtidos pela análise dos atributos físico-químicos do solo foram submetidos à análise de

componentes principais (PCA). As análises foram realizadas utilizando o programa computacional Assisat 7.7 beta (SILVA, 2014) e Genes (CRUZ, 2007).

3. Resultados e Discussão

A análise de variância (ANOVA) segue no quadro 1. Os atributos químicos dos solos analisados apresentaram diferenças significativas a 1 e 5 % entre as áreas avaliadas, com exceção do enxofre (S), do boro (B), argila, silte e areia (Quadro 1).

Quadro 1. Análise de variância de 20 atributos físico-químicos dos solos agrícolas de 2º, 5º e 8º ano e da área nativa de cerrado. Palmas, 2014. / **Chart 1.** Analysis of variance of 20 physical-chemical properties of agricultural soils of 2nd, 5th and 8th years and native cerrado area. Palms, 2014.

		QM								
		pH	M.O.	P ¹	S ¹	K ¹	Ca	Mg ¹	Al ¹	H + Al
F.V.	GL									
Áreas	3	1,2960**	1012,85*	13,305**	0,046 ^{ns}	31,758**	7,7418**	0,2410*	0,5748**	27,2018**
Resíduo	16	0,16275	219,00	0,42100	0,08686	2,61716	0,31650	0,04729	0,02257	1,39875
CV (%)	-	8,20	19,43	14,46	15,62	17,07	25,06	21,01	24,84	15,43

		QM										
		CTC ¹	SB	Na	Zn	B ¹	Cu	Fe	Mn	Argila ¹	Silte ¹	Areia ¹
F.V.	GL											
Áreas	3	0,3549*	1442,513**	149,533**	53,535**	0,0014 ^{ns}	4,9773**	1301,640*	190,996**	1,341 ^{ns}	0,1153 ^{ns}	1,563 ^{ns}
Resíduo	16	0,071	52,160	9,325	1,083	0,0029	0,555	258,15	19,7825	0,7601	0,0620	0,880
CV (%)	-	7,98	21,61	12,17	28,64	11,69	39,23	23,21	26,63	14,11	8,58	13,07

Dados transformados em raiz de x. M.O. - Matéria Orgânica; P - Fósforo; S - Enxofre; K - Potássio; Ca - Cálcio; Mg - Magnésio; Al - Alumínio; H + Al - Acidez potencial; CTC - Capacidade de Troca de Cátions; SB - Soma de Bases; Na - Sódio; Zn - Zinco; B - Boro; Cu - Cobre; Fe - Ferro; Mn - Manganês. **significativo a 1% de probabilidade pelo teste de F; *significativo a 5% de probabilidade pelo teste de F. ns: não significativo.

Silva et al., (2011), avaliando as propriedades químicas de solo sob reflorestamento ciliar após 20 anos de plantio em área de Cerrado em São Paulo, Brasil, encontraram médias dos teores de fósforo, potássio e enxofre consideradas de baixa magnitude, conforme Raij et al. (1996). Ainda no referido trabalho, a heterogeneidade de fósforo encontrada pode estar associada com o deslocamento dos macronutrientes das

áreas agrícolas para o reflorestamento ciliar, visto que os maiores valores encontrados estão justamente nas regiões que fazem limites com essas áreas. Como o fósforo é pouco móvel no solo, através da lixiviação é possível que o processo erosivo tenha influenciado esse movimento.

Os valores médios para os atributos físico-químicos do solo encontram-se no Quadro 2.

Quadro 1. Análise de variância de 20 atributos físico-químicos dos solos agrícolas de 2º, 5º e 8º ano e da área nativa de cerrado. Palmas, 2014. / **Chart 1.** Analysis of variance of 20 physical-chemical properties of agricultural soils of 2nd, 5th and 8th years and native cerrado area. Palms, 2014.

Atributos	Áreas			
	Controle	2º ano	5º ano	8º ano
pH - CaCl ₂	4,44 b	5,6 a	4,64 b	5,0 ab
Matéria Orgânica - M.O. - g/dm ³	89,6 a	68,2 ab	86,6 ab	60,2 b
Fósforo - P - mg/dm ³	8,84 c	14,48 bc	20,28 b	46,32 a
Enxofre - S - mg/dm ³	3,16 a	4,06 a	3,88 a	3,44 a
Potássio - K - mg/dm ³	46,6 b	169,4 a	94,8 b	75,8 b
Cálcio - Ca - cmol _c /dm ³	0,68 c	2,8 ab	1,92 b	3,58 a
Magnésio - Mg - cmol _c /dm ³	0,76 b	1,1 ab	0,92 ab	1,8 a
Alumínio - Al - cmol _c /dm ³	1,04 a	0,06 c	0,5 b	0,28 b
Acidez Potencial - H + Al - cmol _c /dm ³	10,0a	4,62 c	8,84 ab	7,2 b
Capacidade de Troca de Cátions - CTC - cmol _c /dm ³	11,55 ab	8,95 b	11,92 a	12,77 a
Soma de Bases - SB - cmol _c /dm ³	13,38 b	50,81 a	25,84 b	43,62 a
Sódio - Na - mg/dm ³	21,2 b	30 a	19,6 b	29,6 a
Zinco - Zn - mg/dm ³	0,78 c	1,66 c	4 b	8,1 a
Boro - B - mg/dm ³	0,22 a	0,21 a	0,196 a	0,23 a
Cobre - Cu - mg/dm ³	1,2 b	1,06 b	2,12 ab	3,22 a
Ferro - Fe - mg/dm ³	47,84 b	69,16 ab	73,16 ab	86,78 a
Manganês - Mn - mg/dm ³	9,2 c	14,98 bc	18,8 ab	23,84 a
Argila - %	40,4 a	30,6 a	46,8 a	38,2 a
Silte - %	8,6 a	7,4 a	9,6 a	8,4 a
Areia - %	51,0 a	62,0 a	43,6 a	53,4 a

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de agrupamento de Tukey.

Houve diferença significativa pelo teste Tukey ($P > 0,05$) entre os atributos analisados, porém, assim como na análise de variância, o teor de enxofre (S), boro (B), argila, silte e areia não apresentaram diferenças significativas. No que diz respeito a estes três últimos atributos, apesar de não significativos, suas determinações são importantes, já que podem auxiliar na caracterização dos solos e na recomendação de aplicação de insumos, como pesticidas e fertilizantes.

Analisando os valores médios, observa-se uma crescente nos valores, de alguns dos atributos do solo, no sentido controle, áreas agrícolas (como teor de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, dentre outros). A tendência observada atualmente é de acumulação de nutrientes, especialmente de Ca, Mg, K e P nas camadas superficiais do solo no sistema de semeadura direta, visto que, além de não haver revolvimento, verifica-se o acúmulo de nutrientes no tecido das plantas cultivadas, com posterior decomposição e liberação desses nutrientes nas camadas superficiais (PAVINATO; ROSOLEM, 2008).

Os atributos físico-químicos do solo também apresentaram variações entre as áreas agrícolas, e estas por sua vez, diferiram do solo da área controle. O solo da área sob vegetação de Cerrado apresentou maior potencial de acidez do solo (H+Al) e teor de Al e menor concentração de Ca, Mg e P em relação às áreas agrícolas cultivadas com soja. Isto deve-se principalmente à correção da acidez do solo com calagem e adubação do solo, práticas necessárias em solos originalmente distróficos. Resultados semelhantes foram encontrados por Carneiro et al. (2009) trabalhando um Latossolo Vermelho distrófico e um Neossolo Quartzarênico órtico sob Cerrado, no entorno do Parque Nacional das Emas.

O efeito da calagem no aumento do pH e dos teores de Ca e Mg, bem como na redução dos teores de Al trocável e da acidez potencial nas áreas agrícolas, aumentou a saturação por bases nessas áreas, quando comparado a área nativa. Matias et al. (2009) encontrou resultados semelhantes.

Segundo Embrapa (1982), o teor de P no solo pode ser classificado como extremamente baixo ($< 2,0 \text{ mg dm}^{-3}$), muito baixo ($2,1-4,0 \text{ mg dm}^{-3}$), baixo ($4,1-8,0 \text{ mg dm}^{-3}$), médio ($8,0-12,0 \text{ mg dm}^{-3}$) e alto ($> 12,0 \text{ mg dm}^{-3}$), assim, os resultados de P disponível nas áreas agrícolas evidenciam a possibilidade de se reduzir, nesse caso, os gastos com fertilizantes fosfatados, uma vez que, superado o nível crítico de P no solo, este poderá ser mantido com menores quantidades de fertilizante aplicado.

O pH do solo das quatro áreas estudadas apresentou diferenças significativas. As áreas de 2° e 8° ano apresentaram valores médios de 5,6 e 5,0 respectivamente. Alleoni et al. (2005) reportaram que a calagem, na superfície ou com incorporação, não influenciou a correção da acidez do subsolo (20-40 cm) em sistema sob plantio direto. Os resultados de Petreire e Anghinoni (2001) corroboram o efeito da aplicação do calcário em superfície, sob plantio direto, para correção do pH na camada superficial, uma vez que observaram aumento do pH do solo na camada 0-10 cm.

Quanto ao teor de matéria orgânica, a área de cerrado

nativo e a área de 5° ano apresentaram os maiores valores, porém, as duas áreas citadas juntamente com a área agrícola de 2° ano são estatisticamente iguais quanto a MO. Na área de cerrado nativo este resultado provavelmente se deve a maior quantidade de serrapilheira na área, bem como a presença de resíduos vegetais, aumentando assim a matéria orgânica do solo na camada superficial. Ainda sobre este atributo, nas duas áreas agrícolas, este pode ser atribuído ao curto período de tempo de adoção do PD, para apresentar diferenciações, principalmente na região dos Cerrados que apresentam elevada umidade e temperatura, na maior parte do ano, responsáveis pela aceleração no processo de decomposição da MO. Mendes et al. (1973), avaliando 1200 amostras de solo do Cerrado, observaram que 58,1 % apresentaram entre 1,8 % a 2,6 % de matéria orgânica, correspondendo a uma faixa de solos regularmente providos de húmus. Mesmo apresentando os menores valores para matéria orgânica dentre as quatro diferentes áreas de estudo, a área agrícola de 8° ano apresentou valores acima da média para este atributo do solo. Silva et al. (2011), avaliando os atributos químicos do solo sob o reflorestamento ciliar no Cerrado encontraram valores entre 15 e 30 g dm^{-3} de matéria orgânica, que foi considerado médio.

A textura na área agrícola de 2° ano variou entre argiloarenosa e francoargiloarenosa, classificada de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013) e o Soil Survey Staff (1975). A textura na área agrícola de 5° ano variou entre argilosa, francoargiloarenosa, argiloarenosa e muito argilosa. Na área agrícola de 8° ano, a textura variou entre argila arenosa e francoargiloarenosa. A área controle apresentou textura muito argilosa, francoargiloarenosa e argiloarenosa. De acordo com Machado et al. (2011), de maneira geral, quanto maior o teor de argila presente no solo, maior a adsorção do P e menor sua disponibilidade.

O teor de Fe também apresentou valores significativamente diferentes para as quatro áreas amostrais. Segundo Meurer (2006), os teores de óxidos de Fe nos solos dependem do teor de Fe no material de origem e do grau de alterações dos solos. Quando mais avançado o estado de intemperização, maior a concentração de óxidos de Fe no solo.

O uso da terra é o principal fator responsável pelas mudanças nos atributos da maioria dos solos, como demonstrado por Jesus et al. (2009) ao empregar métodos estatísticos multivariados para compreender o efeito do uso da terra sobre as comunidades bacterianas do solo na Amazônica Ocidental brasileira. Estes autores não excluíram a possibilidade dos organismos do solo afetarem os atributos edáficos, no entanto, assumiram o efeito do uso da terra como o principal responsável pelas mudanças apresentadas nas propriedades químicas do solo.

Na área controle os valores para P, S e K foram baixos. Em termos gerais, pode-se considerar que os solos dos Cerrados são ácidos, com baixa capacidade de troca de cátions e retenção de umidade, apresentando deficiência generalizada de nutrientes, particularmente de fósforo (BERNARDI et al., 2003). Os valores de P, S e K foram maiores nas áreas agrícolas (5° e 8° ano). Nessas áreas,

o aumento desses nutrientes em relação ao teor encontrado no Cerrado provavelmente se deve ao aporte disponibilizado pela adubação, nos primeiros 10 cm (BERNARDI et al., 2003).

Observa-se também que o teor de K decresceu nas áreas agrícolas, no sentido 2º, 5º e 8º ano. Em geral, observa-se que os teores de K tendem a decrescer com o tempo de uso. Os maiores teores ocorrem nos primeiros centímetros (ARAUJO et al., 2004).

Em solos tropicais e subtropicais, a matéria orgânica do solo é responsável por 75 a 90 % da CTC do solo (BORTOLUZZI et al., 2009). Com relação à CTC, todos os valores foram considerados altos. Quanto maior a CTC do solo, maior o número de cátions que o solo pode reter. Portanto, a CTC é uma característica físico-química fundamental ao manejo adequado da fertilidade do solo. Solos com CTC de 6 a 25 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, como é o caso dos solos estudados, apresentam alta percentagem de argila e, ou, alto teor de M.O, apresentando assim maior capacidade de retenção de nutrientes e de umidade (LOPES; GUILHERME, 1992).

Segundo Dadalto e Fullin (2001), o teor de Al é considerado muito alto quando $>1 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$, médio se entre 0,4 e 1 e baixo se $\leq 0,3$. Com isso, as áreas

agrícolas avaliadas podem ser consideradas com teor de médio a baixo, em relação ao teor de alumínio. Para Faquin (1994), o principal efeito da acidez dos solos é a toxidez do Al, sendo a saturação por alumínio o índice que melhor afere esse componente da acidez do solo. Amorim e Batalha (2008) também sugerem que o excesso de Al limita o fornecimento de nutrientes, ocorrendo uma correlação positiva com o aumento do número de espécies em um Parque Nacional avaliado.

Deve-se considerar que alterações nos atributos químicos do solo podem levar à perda de sua qualidade e da capacidade dele de sustentar a produtividade biológica, manter a qualidade ambiental e promover a sanidade vegetal e animal (DORAN; PARKIN, 1994). Portanto, seria benéfico se as áreas nativas, ao serem convertidas para sistemas de cultivo com produção de grãos ou para agricultura e pecuária, tivessem a estrutura do solo preservada, o que depende fundamentalmente do sistema adotado para o manejo das pastagens e do solo (COSTA et al., 2009).

Os valores dos atributos físico-químicos das cinco amostras de solo de cada área foram utilizados para análise de componentes principais (ACP).

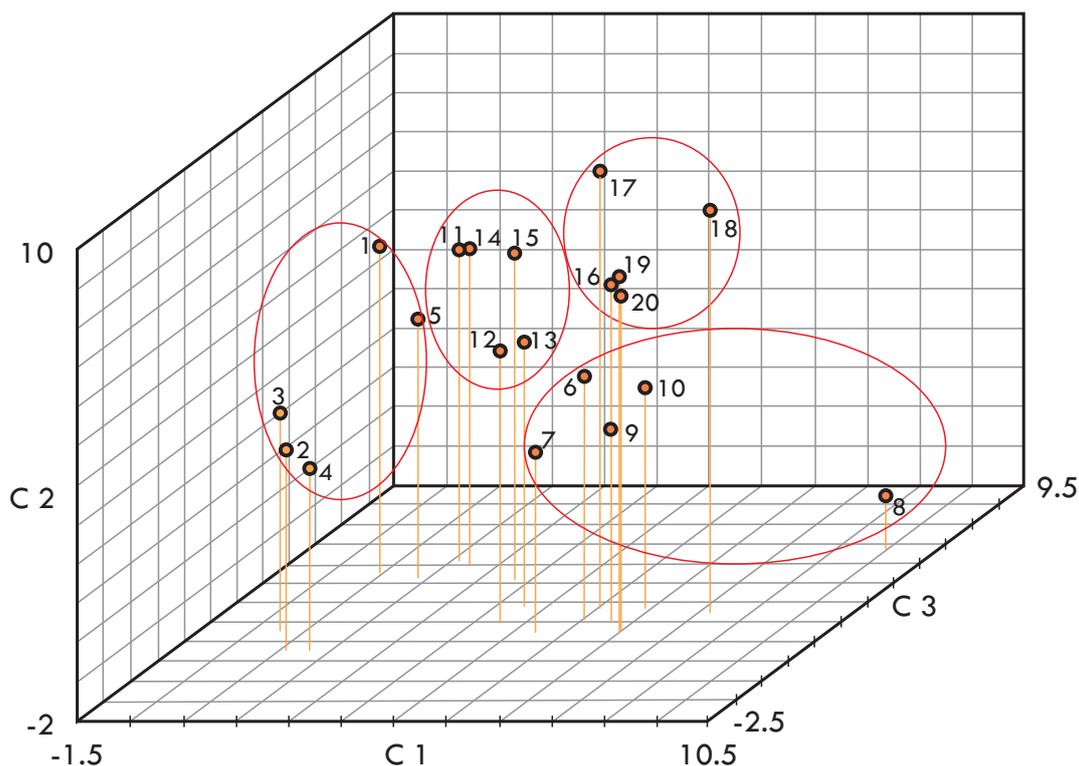


Figura 1. Componentes principais dos solos agrícolas de 2º, 5º e 8º ano e da área nativa de cerrado. Números de 1 a 5: área controle; de 6 a 10: área de 2º ano; de 11 a 15: área de 5º ano; de 16 a 20: área de 8º ano. / **Figure 1.** Main components of the agricultural land of 2nd, 5th and 8th years and native cerrado area. Numbers 1 to 5: control area; 6 to 10: 2nd year area; 11-15: 5th year area; 16 to 20: 8th year area.

A ACP permitiu agrupar nos três primeiros componentes principais (CPs) mais de 75 % da variância total. As variáveis que mais contribuíram para variância total no primeiro componente foram SB e pH, no segundo componente foram Cu e CTC, no terceiro componente foram Argila e Silte. Assim, estes parâmetros separam, com relação às características avaliadas do solo, as áreas com manejos mais contrastantes.

Observa-se que a amostra 8 da área de 2º ano ficou bem distante das outras amostras, tal fato pode ser devido ao valor de pH, já que essa amostra foi a única com pH igual a 7, todas as outras amostras apresentaram valores entre 4,3 e 5,4.

No gráfico, a proximidade entre as amostras da área controle com a área de 5º ano deve-se por ambas as áreas apresentarem valores próximos, em grande parte, dos

20 atributos avaliados. A proximidade entre a área de 2º ano e a área de 8º ano pode ser provocada por valores semelhantes para aquelas variáveis que explicam o primeiro eixo, pH e SB.

As áreas agrícolas, de maneira geral, ficaram graficamente mais próximas. A área de Cerrado nativo (controle), usada como referência de ambiente não antropizado, apresentou pouca distância gráfica da área agrícola de 5º ano, e uma maior distância gráfica com relação à área agrícola de 2º e 8º ano. Observa-se então que a área de 5º ano tem um comportamento intermediário entre as áreas agrícolas e as áreas de 2º e 8º ano apresentaram um maior grau de distúrbio quando se coloca o solo sob vegetação natural como referencial de qualidade. Isto sugere que o cultivo mínimo favorece a conservação do solo, devendo ser considerado como o mais sustentável em longo prazo.

4. Conclusões

Este estudo apresentou evidências de que o tempo de uso do solo com agricultura tecnificada influencia as propriedades do solo;

A depender da variável físico-química considerada, a área com apenas dois anos de plantio, devido ao intenso cultivo do solo, pode ser tão afetada pela atividade agrícola como a área de 8 anos;

Na ACP, as variáveis que mais contribuíram para variância total foram SB e Cu.

5. Referências Bibliográficas

- ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A.; CAIRES, E. F. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, p. 923-934, 2005.
- ALMEIDA, R.D.; PELUZIO, J.M.; AFFERRI, F.S. Divergência genética entre cultivares de soja, sob condições de várzea irrigada, no sul do Estado Tocantins. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, p. 108-115, 2011.
- AMORIM, P.K. & BATALHA, M.A. Soil chemical factors and grassland species density in Emas National Park (central Brazil). *Brazilian J. Biology*, v. 68, p. 279-285, 2008
- ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; GUERRA, A. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia ocidental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 307-315, 2004.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. *Dinâmica e função da matéria orgânica*. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.7-18.
- BERNARDI, A.C.C.; MACHADO, P.L.O.A.; FREITAS, P.L.; COELHO, M.R.; LEANDRO, W.M.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.P.; OLIVEIRA, R.P.; SANTOS, H.G.; MADARI, B.E.; CARVALHO, M.C.S. *Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto nos cerrados*. Embrapa Solos, 2003. 22 p. (Documentos, 46)
- BORTOLUZZI, E.C.; RHEINHEIMER, D.S.; PETRY, C.; KAMINSKI, J. Contribuição de constituintes de solo à capacidade de troca de cátions obtida por diferentes métodos de extração. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 507-515, 2009.
- CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; FERREIRA, M.M.; FREITAS, D.A.F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no pantanal sul-mato-grossense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p. 613-622, 2011.
- CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 147-157, 2009.
- CLIMATE-DATA.ORG. Clima Lagoa da Confusão. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/312444/>>. Acesso em: 10 dez. 2013.
- COSTA, A.; ALBUQUERQUE, J.A.; MAFRA, A.L.; SILVA, F.R. Propriedades físicas do solo em sistemas de manejo na integração agricultura-pecuária. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, p. 235-244, 2009.
- CRUZ C. D. *Programa Genes: Aplicativo computacional em genética e estatística*. Versão Windows - 2007, Viçosa, UFV.
- DADALTO, G.G. & FULLIN, E.A. *Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo - 4ª aproximação*. Vitória, ES, SEEA/INCAPER, 2001. 266p.
- DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. *Defining and assessing soil quality*. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A., eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.3-21.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 3 ed. Brasília, DF. Embrapa, 2013. 353 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. *Relatório Técnico Anual - Cerrados - 1980-1981*. Planaltina, 1982. 163p.
- FAQUIN, V.; LIMA, D.V.; FURTINI NETO, A.E.; CURTI, N.; HIGA, N.T. MORAES, A.R. Nutrição mineral do braquiário e da soja cultivados em Latossolos sob Cerrado da região de Cuiabá-MT. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 29, p. 110-117, 2000.
- JESUS, E.C.; MARSH, T.L.; TIEDJE, J.M.; MOREIRA, F.M.S. Changes in land use alter the structure of bacterial communities in Western Amazon soils. *ISME Journal*, v. 3, p.1004-1011, 2009.
- JUNIOR, C.C.; PICCOLO, M. C.; NETO, M.S.; CAMARGO, P.B.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M. Carbono total e $\delta^{13}C$ em agregados do solo sob vegetação nativa e pastagem no bioma cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, p.1241-1252, 2011.
- LOPES, A.S. & GUILHERME, L. R. G. *Interpretação de Análise de Solo. Conceitos e Aplicações*. 3º ed. Associação Nacional para Difusão de Adubos - ANDA, 1992. 50p.
- MACHADO, V.J.; SOUZA, C.H.E.; ANDRADE, B.B.; LANA, R.M.Q.; KORNDORFER, G.H. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. *Bioscience Journal*, v. 27, p. 70-76, 2011.
- MATIAS, S. S. R.; BORBA, J. A.; TICELLI, M.; PANOSSO, A.R.; CAMARA, F.T. Atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes usos. *Revista Ciência Agronômica*, v. 40, p. 331-338, 2009.
- MELO, R.O.; PACHECO, E.P.; MENEZES, J.C.; CANTALICE, J.R.B. Susceptibilidade à compactação e correlação entre as propriedades físicas de um Neossolo sob vegetação de caatinga. *R. Caatinga*, v. 21, p. 12-17, 2008.
- MENDES, J.F.; SANTOS, H.L.; SANS, L.M.A.; BAHIA FILHO, A.F.C.; VIANA, A.C. Informações sobre solos sob cerrado. *Cerrado*, v. 20, p. 4-6, 1973.
- MEURER, E.J. *Fundamentos de química do solo*. 3º ed. Porto Alegre, Genesis, 2006. 285p.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente (2010), *Projeto de Monitoramento do Desmatamento nos Biomas Brasileiros por Satélite*. [<http://www.mma.org.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=201&idConteudo=8448&idMenu=8982>]. htm: Abril de 2010].
- PAVINATO, P.S. & ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo-decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, p. 911-920, 2008.
- PAGLIAI, M.; VIGNOZZI, N. & PELLEGRINI, S. Soil structure and the effect of management practices. *Soil & Tillage Research*, v. 79, p. 131-143, 2004.
- PETRERE, C. & ANGHINONI, I. Alteração de atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 25, p. 885-895, 2001.
- RAIJ, B.van. et al., (Eds.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas, Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).

- ROSOLEN, V.; RESENDE, T.M.; BORGES, E.N.; FRARE, C.T.; MACHADO, H.A. Impactos da substituição da vegetação original do Cerrado brasileiro em sistemas agrícolas: alteração do carbono orgânico do solo e $\delta^{13}C$. **Investigaciones Geográficas**, Boletín 79, 2012.
- SANCHEZ, P.A. **Suelos del trópico - características y manejo**. San José, Instituto Interamericano de Cooperación para La Agricultura, 1981. 645p.
- SILVA, F. A. S. Assistat 7.7 beta: **Assistência estatística**. Disponível em: <<http://www.assistat.com>>. Acessado em: Jan. 2014.
- SILVA, A. S.; SILVA, I.F.; FERREIRA, L. E.; BORCHARTT, L.; SOUZA, M. A.; PEREIRA, W. E. Propriedades físicas e químicas em diferentes usos do solo no brejo paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p.1064-1072, 2013.
- SILVA, A. M.; MORAES, M. L. T.; BUZZETTI, S. Propriedades químicas de solo sob reflorestamento ciliar após 20 anos de plantio em área de cerrado. **R. Árvore**, v. 35, p. 97-106, 2011.
- SILVA, M. B.; KLIEMANN, H.J.; SILVEIRA, P.M. & LANNA, A.C. Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p.1755-1761, 2007.
- SOIL SURVEY STAFF. **Soil taxonomy; a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. Soil Conservation Service. Washington, D.C., USDA, 1975. (Agriculture Handbook, 436).
- STONE, L.F. & GUIMARÃES, C.M. **Influência de sistemas de rotação de culturas nos atributos físicos do solo**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 15p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento).