

## **Estoque de Carbono e Densidade de Solo sob Cultivo com Diferentes Culturas Agrícolas, em Sete Lagoas, MG\***

Luciano Rodrigues Queiroz<sup>1</sup>, Miguel Marques Gontijo Neto<sup>2</sup>, Ramon Costa Alvarenga<sup>2</sup>, Flávia Ferreira Mendes<sup>3</sup>, Eduardo de Paula Simão<sup>4</sup> e Luana Rafaela Maciel Wilda<sup>4</sup>

\*Trabalho financiado com recursos do MCT/FINEP, Capes/PNPD, Fapemig e Embrapa.

<sup>1</sup>Embrapa Milho e Sorgo, bolsista PNPD/CAPES, Caixa Postal 151, CEP 35.701-970, Sete Lagoas, MG. [lrodqueiroz@yahoo.com.br](mailto:lrodqueiroz@yahoo.com.br); <sup>2</sup>Embrapa Milho e Sorgo, [mgontijo@cnpmc.embrapa.br](mailto:mgontijo@cnpmc.embrapa.br); [ramon@cnpmc.embrapa.br](mailto:ramon@cnpmc.embrapa.br); <sup>3</sup>Doutoranda UFLA Lavras-MG [flvmendes2001@yahoo.com.br](mailto:flvmendes2001@yahoo.com.br); <sup>4</sup> Acadêmico de Agronomia, bolsista CNPq/PIBIC, [eduardosimao.agro@yahoo.com.br](mailto:eduardosimao.agro@yahoo.com.br), [luana288@yahoo.com.br](mailto:luana288@yahoo.com.br)

**RESUMO** – O experimento foi instalado em área da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, com o objetivo de avaliar as variações na concentração e no estoque de carbono orgânico do solo sob diferentes culturas tendo como testemunha o cerrado nativo. O delineamento experimental utilizado para o ensaio foi o de blocos ao acaso com 5 tratamentos: 1-milho solteiro; 2-soja; 3-sistema Santa-Fé; 4- pastagem de braquiária e 5-cerrado. As culturas foram implantadas em novembro/2010, e em julho/2011, foram coletadas amostras indeformadas de solo com auxílio de anéis volumétricos para a determinação da densidade do solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm. Nestas profundidades foram coletadas amostras de solo para serem analisadas quimicamente e determinada a concentração de carbono orgânico total (COT) no solo. Os maiores valores de COT foram observados no cerrado, que diferiu significativamente dos demais na camada superficial do solo. Não foi notada diferença entre as culturas para os valores de COT (0-10 cm). Não se verificou diferença para as densidades do solo entre as com culturas, porém foram superiores à densidade de solo observada no solo sob cerrado. O estoque de carbono do solo na camada superficial obtido para as culturas foi superior ao do cerrado.

Palavras-chave: carbono orgânico, cerrado, solos agrícolas, *Zea mays* L., sustentabilidade.

### **Introdução**

O ciclo do carbono está muito associado aos ecossistemas tropicais que emitem e/ou absorvem o CO<sub>2</sub> do ar. Dessa forma, a alteração desses ecossistemas, decorrente de distúrbios naturais e atividade agrícola, trará mudanças nos fluxos de carbono para a atmosfera, em níveis que irão variar com a intensidade do distúrbio (PAIVA et al. 2011). Em solos sob vegetação natural, o balanço entre as adições e perdas de carbono leva a um estado de equilíbrio dinâmico, no qual praticamente não existe variação no teor de carbono orgânico com o tempo (BAYER e MIELNICZUK, 1999). No entanto, na conversão de áreas com vegetação natural em agrícolas e florestais, verifica-se, de maneira geral, nas regiões tropicais, uma rápida perda de carbono orgânico do solo, em decorrência da combinação entre calor e umidade, que facilita a decomposição, e o constante revolvimento do solo contribui para acelerar a oxidação do carbono orgânico (CASTRO FILHO et al., 1991). Estudos a respeito do carbono orgânico do solo sob diferentes sistemas fornecem subsídios importantes para a avaliação da qualidade do

solo. Existe interesse cada vez maior na identificação dos sistemas de manejo de culturas e pastagens que promovam a melhoria do estoque de carbono no solo (FREITAS et al., 2000). Ultimamente, tem sido notada a contribuição do plantio direto na diminuição da emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera (BAYER et al., 2000; D'ANDRÉA, 2001).

A prática do sistema de plantio direto (SPD), se realizado de forma correta, possibilita recuperação e preservação da estrutura do solo, portanto, é uma alternativa de produção sustentável. O cultivo de culturas agrícolas de diferentes famílias (rotação de culturas), como leguminosas, possibilita a produção de grãos, além do benefício com a fixação de nitrogênio que será utilizada pela outra cultura sucessora, que é fundamental para o sucesso do SPD.

Como o processo de substituição de áreas de cerrado nativo por áreas de culturas anuais, pastagem e reflorestamento tem se intensificado nos últimos anos, tem-se como consequência uma aceleração dos processos de degradação destas áreas, quando da não utilização de práticas de manejo adequado. Os diferentes sistemas de manejo do solo podem afetar diretamente o seu teor de carbono orgânico, e este, por sua vez, pode ser usado como um indicador de qualidade dos solos. A utilização do SPD para produção grãos e/ou forragens pode promover, no decorrer do tempo, alterações no estoque de carbono do solo. Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a variação na concentração e no estoque de carbono orgânico sob diferentes culturas em relação ao cerrado nativo.

### **Material e Métodos**

O ensaio foi instalado em área da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG, na safra 2010/2011 (19° 28' latitude Sul, longitude 44° 15' W e altitude de 732 m). O experimento compreende uma área total de 9072 m<sup>2</sup>, localizada numa encosta com 15% de declividade, em um Latossolo Vermelho distrófico, relevo suave ondulado área de cerrado subcaducifólio. O clima é do tipo Aw (tropical estacional de savana) na classificação de Köppen.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições. Foram avaliados os seguintes tratamentos: 1- milho solteiro (M); 2- sistema Santa-Fé (Milho consorciado com *Urochloa brizantha* cv Piatã) (SF); 3- Soja (S); 4- pastagem solteira de *U. brizantha* cv Piatã (P); 5- cerrado nativo adjacente a área experimental.

Por cerca de dez anos essa área vem sendo cultivada com culturas anuais, sendo que nos últimos dois anos antes da instalação do ensaio, com a cultura da soja. No mês de outubro de 2010, essa gleba foi dessecada com glifosato (3 kg.ha<sup>-1</sup>) e 2.4-D (1 l.ha<sup>-1</sup>) e o plantio feito no início de novembro/2010. O plantio do milho e da soja foi realizado com semeadora de semeio direto de sete linhas no espaçamento de 0,45 m entrelinhas. Cada parcela experimental media

168 m<sup>2</sup> (12 x 14 m). A soja cultivar BRS Valiosa-RR foi inoculada e semeada com 300 kg.ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 02-20-20 com estande final de 220.000 plantas.ha<sup>-1</sup>. Utilizou-se uma cultivar de milho híbrido triplo (DAS 2B655Hx) introgridido com gene Bt (*Bacillus thuringiensis*), no espaçamento de 0,45 m totalizando uma população final de 65.000 plantas. ha<sup>-1</sup> e adubação de plantio de 400 kg/ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 08-28-16. Aplicou-se ainda 250 kg.ha<sup>-1</sup> de ureia em cobertura no estágio V5/V6. Nas parcelas de milho consorciadas com capim foram utilizados 4,0 kg.ha<sup>-1</sup> de sementes pura viáveis (SPV) de *U. brizantha* cv. Piatã tratadas com fipronil e misturadas ao adubo no momento de plantio do milho. O controle de plantas espontâneas na cultura do milho solteiro e consorciado foi realizado com aplicação de atrazina (3 l.ha<sup>-1</sup>) e subdose de nicosulfuron (0,25 l.ha<sup>-1</sup>). Nas parcelas com soja foi aplicado o glifosato (3 kg.ha<sup>-1</sup>) para manejo das ervas emergidas. Foi aplicado o fungicida Ópera na dose de 0,5 l.ha<sup>-1</sup> na fase de pré-florescimento para manejo da ferrugem asiática.

Depois da colheita dos grãos e da roçada das pastagens a amostragem de solo foi realizada em agosto de 2011. Nesta época, na área experimental não foi notada ocorrência de erosão. Foram coletadas, em cada tratamento, amostras de solo, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm, que foram enviadas ao laboratório para as análises químicas. Coletaram-se amostras indeformadas de solo, nestas três profundidades, com auxílio de anel volumétrico para medição da densidade do solo. O teor de carbono orgânico total do solo (COT) foi determinado pela oxidação da matéria orgânica com K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> em meio sulfúrico.

O estoque de carbono em cada camada de solo avaliada foi estimado pela expressão (FREIXOS et al., 2002):

$$\text{EstC} = \frac{(\text{COTotal} * \text{Ds} * e)}{10}$$

10

Sendo:

EstC = estoque de carbono orgânico na camada avaliada (Mg ha<sup>-1</sup>); COTotal = carbono orgânico total (g kg<sup>-1</sup>); Ds=densidade do solo da camada avaliada (kg dm<sup>-3</sup>); e = espessura da camada analisada (cm).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), sendo cinco tratamentos, três profundidades e três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e suas médias comparadas pelo teste t (LSMeans/SAS) a 5% de probabilidade, utilizando-se o procedimento GLM do programa SAS.

## Resultados e Discussão

Os valores de carbono orgânico total no solo foram afetados pelos tratamentos (Tabela 1). Os maiores valores de COT foram observados no cerrado nativo, que diferiu significativamente dos demais na camada superficial do solo. Não foi notada diferença entre as culturas para os valores de COT (0-10 cm). Os maiores valores observados no cerrado, na camada superficial do solo, estão relacionados ao ambiente natural sem interferência agrícola (BAYER & MIELNICZUK, 1999).

Na camada de 10-20 cm, a pastagem e o milho consorciado com braquiária apresentaram valores de teores de COT no solo sem diferenças significativas em relação aos do cerrado e superiores aos do milho e da soja. Possivelmente, a braquiária cultivada, em razão do grande volume de biomassa vegetal da parte aérea (valores determinados, mas não apresentados neste trabalho) e de raízes superficiais, proporcionou maior acúmulo de COT nesta camada. Além disso, o fato da pastagem ficar por um período maior de tempo no sistema, sem maiores tratos culturais (operações de cultivo e manejo como aplicação de herbicidas, inseticidas e fungicidas nas culturas anuais), comparativamente às culturas anuais, pode ter contribuído para esse maior valor. Isto possibilita não somente maior deposição de fitomassa como, também, reduz a velocidade da mineralização dela em decorrência do manejo cultural.

Os resultados alcançados no presente trabalho corroboram com os relatos de Sousa et al. (1997). Esses autores determinaram as concentrações de COT no solo com pastagem e com rotação soja/milho, e notaram aumento no teor de COT quando a pastagem substituíu a lavoura e decréscimo neste quando da substituição da pastagem pela cultura de grãos. Neves et al. (2004) obtiveram maiores valores COT para os tratamentos com pastagem plantada e cerrado nativo. As pastagens cultivadas, quando manejadas corretamente, podem sustentar o nível do estoque de carbono orgânico nas camadas superficiais do solo, similar ao estoque sob vegetação natural correspondente (FREITAS et al., 2000). Também Salton et al. (2005) relataram que os maiores teores de COT foram alcançados na pastagem permanente em comparação aos sistemas com culturas. Estes autores também notaram que os valores observados para a pastagem foram sem diferença estatística em relação aos do cerrado. Os valores obtidos neste sistema devem estar relacionados ao não revolvimento do solo durante anos, o que permite, mesmo em pastagem degradada, um acúmulo de COT no solo.

Na profundidade de 20-40 cm não se observaram diferenças entre os tratamentos, ou seja, nestas condições experimentais mesmo as culturas não reduziram o COT do solo sub-superficial em relação ao cerrado original.

A densidade do solo (Tabela 1) foi maior em todas as culturas em relação ao cerrado, mas não significativos a 5% entre si nas camadas de 10-20 e 20-40 cm. Na camada superficial, a densidade do solo obtida na cultura do milho solteiro foi intermediária, entretanto, sem diferenças significativas em relação à pastagem cultivada. O estoque de carbono no solo (Tabela 2) na camada superficial foi maior em todas as culturas, com valores sem diferenças significativas entre si, todavia superando o do cerrado. Como a densidade do solo (0-10 cm) no cerrado foi inferior a dos demais tratamentos, esta acabou determinando a diferença no estoque de carbono superficial. Na camada de 10-20 cm apenas na cultura da soja obteve-se menor valor para o estoque de carbono, sendo que os demais tratamentos não diferiram entre si. Os tratamentos não diferiram entre si na camada de 20-40 cm. Nesta profundidade, o estoque de carbono do solo não foi reduzido pelos diferentes cultivos. Os resultados observados nos tratamentos também não diferiram significativamente daqueles obtidos no cerrado original.

### **Conclusões**

As diferentes culturas anuais e a pastagem com seus respectivos manejos causaram degradação da matéria orgânica do solo superficialmente devido às operações de preparo e tratos culturais, contribuíram para redução dos teores de COT no solo. Todavia, com a implantação de sistemas de produção, bem manejados, sem revolvimento do solo, houve um equilíbrio entre o balanço de adições e perdas de COT, deixando o solo agrícola sub-superficialmente com valores sem diferença estatística em relação aos daqueles do cerrado na sub-superfície, conservando a qualidade desses solos.

### **Agradecimentos**

À CAPES/PNPD, pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor; à EMBRAPA, pelo suporte ao experimento e à FAPEMIG pelo apoio financeiro.

### **Literatura Citada**

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. (Eds.). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, cap. 2, p. 9-26. 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO<sub>2</sub>. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 24, n. 3, p. 599-607, 2000.

CASTRO FILHO, C.; VIEIRA, M. J.; CASÃO JÚNIOR, R. Tillage methods and soil and water conservation in southern Brazil. Soil Tillage, v. 20, p. 271-283, 1991.

D'ANDRÉA, A. F. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo no Sul de Goiás. 2001. 106 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

FREITAS, P.L.; BLANCANEAU, P.; GAVINELLI.; LARRÉ- LARROUY, M.C.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira; 35: 157-170, 2000.

FREIXO, A.A.; MACHADO, P.L.O.A.; GUIMARÃES, C.M.; SILVA, C.A.; FADIGAS, F.S. Estoque de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 26:425-434, 2002.

NEVES, C.M.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; MACEDO, R.L.; TOKURA, A.M. Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril na região noroeste do Estado de Minas Gerais. Ciência e Agrotecnologia, 28:1038-1046, 2004.

PAIVA, A.O.; R., A.V. e PEREIRA, R. S. Estoque de carbono em cerrado sensu stricto do Distrito Federal. Rev. Árvore [online]. v.35, n.3, 527-538, 2011.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRICIO, A.C.; MACEDO, M.C.M.; BROCH, D.L.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P.C. Matéria orgânica do solo na Integração Lavoura-Pecuária em Mato Grosso do Sul. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n.29). 58p.

SOUSA, D.M.G.; VILELA, L.; REIN, T.A.; LOBATO, E. Eficiência da adubação fosfatada em dois sistemas de cultivo em um latossolo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. ANAIS...Rio de Janeiro: SBCS, 1997. CD-ROM.

**Tabela 1.** Teor de carbono orgânico total do solo (COT) e densidade do solo (Ds) nas diferentes culturas/profundidades estudadas. Sete Lagoas-MG safra 2010/2011.

Cultura	COT	COT	COT	Ds	Ds	Ds
	0-10 cm	10-20 cm g kg <sup>-1</sup>	20-40 cm	0-10 c m	10-20 cm kg dm <sup>-3</sup>	20-40 cm
Milho solteiro	22,31 B	20,95 B	19,39 A	1,29 B	0,99 A	0,99 A
Soja	21,88 B	18,90 B	19,92 A	1,47 A	1,03 A	0,99 A
Santa-Fé	22,94 B	21,87 AB	21,31 A	1,48 A	1,03 A	0,99 A
Pastagem	23,49 B	23,39 A	21,38 A	1,42 AB	1,01 A	1,00 A
Cerrado	27,75 A	25,32 A	22,22 A	0,79 C	0,79 B	0,86 B
C.V. (%)	12,3	21,7	7,2	7,5	4,3	5,4

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo LSMean/SAS ao nível de 5% de significância

**Tabela 2.** Estoque de carbono do solo nas diferentes culturas e profundidades estudados. Sete Lagoas-MG safra 2010/2011

Culturas	Estoque de carbono					
	Profundidade (cm)					
	0-10		10-20		20-40	
Mg ha <sup>-1</sup>						
Milho solteiro	28,57	A	20,65	A	38,26	A
Soja	32,46	A	19,55	B	39,56	A
Santa-Fé	33,90	A	22,38	A	42,10	A
Pastagem	33,36	A	23,59	A	42,46	A
Cerrado	21,53	B	20,07	A	37,96	A
C.V. (%)	13,8		21,3		10,1	

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo LSMeans/SAS ao nível de 5% de significância