

ESTOQUE DE CARBONO NO SOLO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE CERRADO



Revista
Desafios

Artigo Original
Original Article
Artículo Original

Carbon stock in the soil under different closed conditions

Acción de carbono en el suelo bajo diferentes condiciones de cerrado

Mateus Rodrigues Brito^{*1}, Flávia Lucila Tonani Siqueira², Illys Jane Alves de Sousa³, Rosinete Nogueira de Sousa⁴

¹Discente do Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, Tocantins, Brasil.

²Docente do Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, Tocantins, Brasil.

³Mestrando em Agroenergia, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, Tocantins, Brasil.

⁴Discente do Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, Tocantins, Brasil.

*Correspondência: Universidade Federal do Tocantins, Av. NS 15, 109 Norte, Palmas, Tocantins, Brasil.
CEP:77.010-090. e-mail rodriguesmr21@gmail.com

Artigo recebido em 28/08/2018 aprovado em 21/09/2018 publicado em 31/10/2018.

RESUMO

O contínuo aumento de gases carbônicos na atmosfera, principalmente o CO₂ e o CO, tem levado a discussões sobre medidas que reduzam a emissão destes gases e os impactos no meio ambiente. Dentre as ações que contribuem para a redução de CO₂ na atmosfera podem se destacar: a conservação de estoques de carbono nos solos, a implantação de florestas e sistemas agroflorestais e a recuperação de áreas degradadas. Assim, este trabalho tem o objetivo avaliar o estoque de carbono em solos de cerrado. Foram estudados solos de três áreas: área com Batata doce (BD), Pastagem Degradada (PD), Horta Agroecológica (HA). As características avaliadas foram: umidade, matéria mineral, teor de matéria orgânica, densidade do solo, estoque de carbono e crédito de carbono. De acordo com os resultados obtidos neste estudo concluiu-se que em solos de cerrado ocupados com sistemas de pastagem degradada e horta agroecológica proporcionaram melhores condições de umidade, matéria orgânica e consequentemente estoque e crédito de carbono. Porém, é importante salientar que os solos de PD apresentaram maior estoque de carbono, pois as raízes da forrageiras se encontravam mais superficiais devido ao processo de degradação, não sendo esta a condição ideal para maior vida útil da pastagem.

Palavras-chave: *Efeito Estufa; Manejo; Sustentabilidade.*

ABSTRACT

The continuous increase of carbon dioxide in the atmosphere, mainly CO₂ and CO, has led to discussions on measures that reduce the emission of these gases and the impacts on the environment. Among the actions that contribute to the reduction of CO₂ in the atmosphere can be highlighted: the conservation of carbon stocks in soils, the implantation of forests and agroforestry systems and the recovery of degraded areas. Thus, this work has the objective to evaluate the carbon stock in cerrado soils. Soils from three areas were studied: area with Sweet Potato (BD), Degraded Pasture (PD), Agroecological Vegetation (HA). The evaluated characteristics were: moisture content, mineral content of organic matter, soil density, carbon stock and carbon credit. According to the results obtained in this study, it was concluded that in cerrado soils occupied with degraded pasture systems and agroecological gardens provided better conditions of moisture, organic matter and, consequently, carbon stock and credit. However, it is important to point out that PD soils had a higher carbon stock because the forage roots were more superficial due to the degradation process, which is not an ideal condition for a longer pasture life.

Keywords: *Greenhouse effect; Management; Sustainability.*

RESUMEN

El continuo aumento de los gases carbónicos en la atmósfera, principalmente el CO₂ y el CO, ha llevado a discusiones sobre medidas que reduzcan la emisión de estos gases y los impactos en el medio ambiente. Entre las acciones que contribuyen a la reducción de CO₂ en la atmósfera pueden destacarse: la conservación de stocks de carbono en los suelos, la implantación de bosques y sistemas agroforestales y la recuperación de áreas degradadas. Así, este trabajo tiene el objetivo de evaluar el stock de carbono en suelos de cerrado. Se estudiaron suelos de tres áreas: área con patata dulce (BD), pastoreo degradado (PD), horta agroecológica (HA). Las características evaluadas fueron: humedad materia, mineral contenido de materia orgánica, densidad del suelo, stock de carbono y crédito de carbono. De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio se concluyó que en suelos de cerrado ocupados con sistemas de pastoreo degradado y huerto agroecológico proporcionaron mejores condiciones de humedad, materia orgánica y consecuentemente stock y crédito de carbono. Sin embargo, es importante señalar que los suelos de PD presentaron mayor stock de carbono, pues las raíces de la forrajera se encontraban más superficiales debido al proceso de degradación, no siendo ésta la condición ideal para mayor vida útil del pastoreo.

Descriptores: Efecto invernadero; gestión; Sostenibilidad.

INTRODUÇÃO

A intervenção humana propriamente na biosfera para obtenção de alimentos, no demasiado uso dos combustíveis fósseis, no desmatamento, tem ocasionado a degeneração da qualidade ambiental, desencadeando a elevação significativa da temperatura do planeta que contribui diretamente para o aquecimento global e no acréscimo de dióxido de carbono (CO₂) no ar, acentuado o efeito estufa. Por conta desta problemática junto a suas vertentes, as entidades governamentais e organizações privadas têm proposto medidas para reduzir as emissões de gases e os impactos ambientais desencadeados (MAGRI e BAIÃO, 2015).

A sociedade científica juntamente com os meios de comunicações tem abordado temas decorrentes ao aumento constantes nas concentrações de gases poluentes na atmosfera e sua relação direta com o aquecimento global, devido aos iminentes desastres ambientais nos seus diferentes graus de intensidade. O Brasil é o quinto país no *ranking* mundial responsável pela emissão de gases estufa em decorrência do desmatamento e das queimadas, isso vem se agravando devido a expansão das atividades

agrícolas, principalmente nas regiões que se situam biomas como o Cerrado e Floresta Amazônica (DAL e KUBO, 2009).

De acordo com Rosa et al. (2014) o contínuo aumento projeção de gases carbônicos na atmosfera, essencialmente o CO₂ e o CO, tem desencadeado debates a respeito de alternativas que atuam na redução da liberação destes gases visando minimizar. Dentre as alternativas viáveis que vem sendo discutidas para solucionar, em parte, a emissão de carbono na atmosfera, destacam-se: conservação de estoques de carbono nos solos, florestas e outros tipos de vegetação, a preservação de florestas nativas, a implantação de florestas e sistemas agroflorestais e a recuperação de áreas degradadas.

De todo o C orgânico no solo, uma parte considerável encontra-se na forma de matéria orgânica do solo (MOS). Entretanto, o material orgânico no solo é facilmente decomposto quando se realizam práticas de manejo não conservacionistas, causando agravamento no efeito estufa, devido à liberação de gases de efeito estufa (GEE), como CO₂, CH₄ e N₂O (CERRI et al., 2007). Por outro lado, o aumento do estoque de MOS é um processo lento e necessita de

um manejo adequado, notadamente em regiões de clima tropical, onde a taxa de decomposição é mais acentuada devido às altas temperaturas e umidade do solo (SIX et al., 2002).

O carbono contido no solo está relacionado diretamente ao processo de decomposição da biomassa pelas atividades bacterianas presentes no meio. Por meio do processo de mineralização do carbono orgânico, parte deste existente no solo volta à atmosfera. O restante do carbono orgânico é transportado pelos rios até chegar aos oceanos, onde se deposita sob a forma de carbonatos (CO_3) (ROSA et al., 2014).

Os mais diversos estudos apresentados demonstram que muitas variáveis podem controlar os estoques de C no solo. Em escala regional, as variáveis climáticas, como temperatura e precipitação pluvial, exercem grande importância. Na esfera local, as propriedades do solo, como densidade e fertilidade natural, ganham destaque (ASSAD et al. 2013).

Conforme a problemática exposta o solo desempenha papel fundamental, no estoque de carbono. Esse é considerado o principal reservatório temporário de carbono no ecossistema. O solo retém em média, 4,5 vezes mais carbono do que a biota e 3,3 vezes mais do que a atmosfera. Com esses valores de estoque de carbono presente no solo e na biota é explícito que a preservação desses reservatórios é de suma importância para o equilíbrio da concentração do gás carbônico na atmosfera (Embrapa, 2007).

Diante desse contexto, objetiva-se neste trabalho avaliar os estoques de carbono e crédito de carbono do solo sob diferentes sistemas de exploração.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local e duração do experimento

O experimento foi conduzido em áreas localizadas no município de Palmas -TO, na Estação Experimental da Universidade Federal do Tocantins-Campus de Palmas (Latitude: 10°10'40'' S; Longitude: 48°21'43'' O; Altitude: 216 m) durante o período de agosto de 2016 a julho de 2017.

Tratamentos e Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, sendo 3 tratamentos e 6 repetições, na profundidade de 0 – 10 cm. Os tratamentos eram compostos por solos de áreas com sistemas distintos de ocupação: Área cultivada com batata doce (BD) e área horta agroecológica (HA) e a área com pastagem degradada (PD), cuja amostra foi coletada na Fazenda Boi Verde, Palmas -TO.

A área cultivada com batata doce (BD), é cultivada a cerca de vinte anos. Neste solo é realizado plantio direto junto a rotação de culturas. Soja e milho são exemplos de culturas utilizadas no manejo de rotação. A área da horta agroecológica (HA), é uma área da Estação experimental do campus da UFT em Palmas, que anteriormente servia de depósito de entulho, e está em fase de implantação de um sistema de horta agroecológica. Foi feita a limpeza da área e calagem com base na análise dos solos e está sendo incorporado resíduo do refeitório do campus a menos de um ano. A área de pastagem degradada (PD) não possui nenhum tipo de manejo há cerca de cinco anos, e recebe e está sendo pastejada com um número baixo de animais pois sua produção de biomassa é muito restrita.

Densidade do solo

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico, conforme Embrapa (1997). O volume do anel será determinado conforme a equação a seguir:

$$V = \pi d^2/4 * h$$

Onde: V é volume do anel (cm³);

d é diâmetro do anel (cm);

h é a altura do anel (cm).

Os tubos foram cravados no solo, por meio de percussão, até seu preenchimento total, de acordo com a profundidade definida. Em seguida, removeu-se o excesso de solo, até igualar as bordas do tubo. Logo, as amostras do referido solo foram retiradas na porção média da camada.

Posteriormente, o solo coletado no anel foi remanejado para um recipiente e levado a estufa a 105 °C, por 48 horas, visando obter sua massa. Após este processo, determinou-se a densidade através da equação:

$$D = m/v$$

Onde:

D = densidade aparente do solo (g/cm³);

m = massa de solo seco (g);

v = volume do anel (cm³).

Determinação do teor de matéria orgânica (MO) e Carbono (C) do solo

Mensurou-se o teor de carbono total pelo Método da Calcinação “Loss of Ignition”, tomando-se 4 g de cada amostra previamente seca a 105°C que será levada para a mufla a 500° C por 5 horas.

De acordo com Jiménez e García (1992) para resíduos orgânicos, o emprego do método da mufla permite estimar o teor de C total de resíduos compostados, entretanto é necessário utilizar o fator

de 1,8 para conversão de MO em C total. Pribyl (2010) sugere que para estimar o C do solo a partir da MO utilize o fator 2.

Determinação do estoque de carbono no solo

O estoque de carbono em cada camada de solo avaliada foi estimado conforme expressão proposta por FREIXO et al., 2002.

$$\text{EstC} = (\text{CO}_{\text{total}} * D_s * p)$$

Sendo:

EstC = estoque de carbono orgânico na camada avaliada (Mg ha⁻¹);

CO total = carbono orgânico total (g kg⁻¹);

D_s=densidade do solo da camada avaliada (g/cm³);

p= espessura da camada analisada (cm).

Determinação do crédito de carbono

O crédito de carbono é obtido por meio da relação entre teor de carbono na área analisado e do valor cotado da tonelada de carbono sequestrado pelo solo. A cotação de crédito de carbono foi realizada na plataforma investing, em crédito de carbono futuros.

$$\text{Crédito de carbono} = \text{EstC} * V.$$

EstC = estoque de carbono orgânico na camada avaliada (Mg ha⁻¹);

V= Valor da cotação de carbono no solo. (US\$/tCO₂)

Estatística

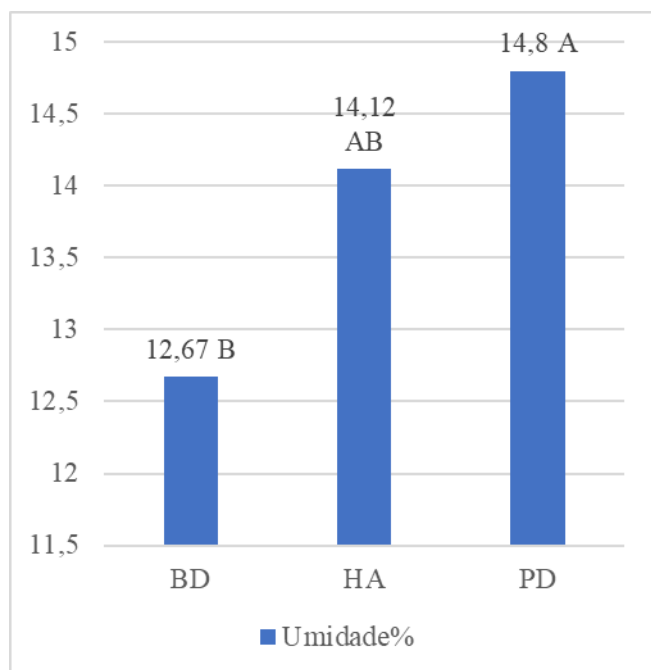
Para as análises estatísticas será utilizado programa SISVAR, para realizar análise de variância, comparando as médias pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análises estatísticas dos dados, verificou-se que houve diferença entre tratamentos ($p < 0,05$) para a maioria das variáveis estudadas.

A umidade do solo (gráfico 1) sob PD apresentou-se semelhante ($p > 0,05$) aquela da área da horta agroecológica (HA) e maior ($p < 0,05$) que da área cultivada com batata doce (BD). A área BD constantemente é revolvida com grade e arado (plantio convencional) e isto pode ter causado maior perda de água do solo por evaporação

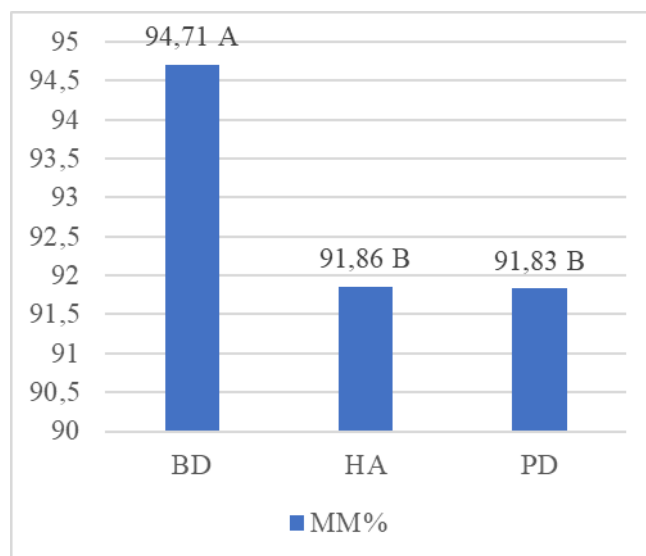
Gráfico 1: Porcentagem de umidade em solos sob diferentes sistemas de ocupação sob condições de cerrado.



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

A respeito da matéria mineral (gráfico 2), o solo de BD apresentou valores maiores ($p < 0,05$) que os solos das demais áreas, pois a cultura de batata doce é exigente em adubação mineral e esta área vem sendo adubada a quase vinte anos. Esta prática pode ter contribuído para um aumento no teor de Matéria mineral.

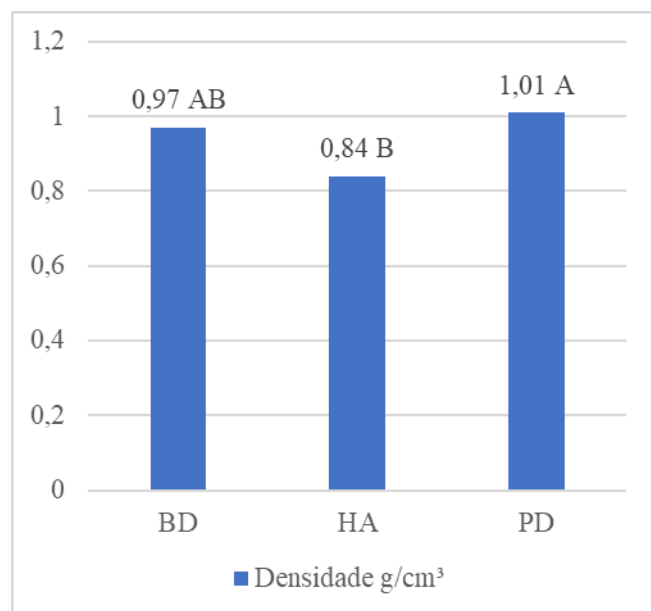
Gráfico 2: Porcentagem de matéria mineral em solos sob diferentes sistemas de ocupação sob condições de cerrado.



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Sobre a densidade avaliada (gráfico 3) a maior diferença ($p < 0,05$) ocorreu entre HA ($0,84 \text{ g/cm}^3$) e da PD ($1,01 \text{ g/cm}^3$) e estas não diferiram da área com BD ($0,97 \text{ g/cm}^3$). Na PD há grande pisoteio de animais na busca pela forragem escassa e isto provoca compactação do solo. A presença de raiz na camada mais superior do solo também pode ser um indicativo de compactação e, que dificulta a penetração destas em camadas mais profundas. No solo de BD a compactação pode ter sido provocada pelo maior movimento de máquinas, práticas comuns no o Sistema convencional de preparo do solo. Já no solo da HA, a deposição de resíduos orgânicos pode ter contribuído para melhoria na aeração e consequentemente na redução da densidade do solo.

Gráfico 3: Teor de densidade avaliada em solos sob diferentes sistemas de ocupação sob condições de cerrado.



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Os valores encontrados da densidade das áreas analisadas, assemelham-se aos encontrados Rosa et al. (2012), que pesquisou sobre a densidade em solos de pastagem degradada (1,2 g/cm³). A densidade (1,02 g/cm³) obtida por Nunes et al. (2011) em áreas de culturas com sistemas de plantio direto aproxima-se do valor obtido para BD (0,97 g/cm³).

Como a densidade do solo (0-10 cm) no solo da HA (0,84 g/cm³) foi inferior aos demais tratamentos, esta acabou determinando a diferença no estoque de carbono superficial.

Os teores de matéria orgânica no solo da HA e da PD (gráfico 4) foram maiores ($p < 0,05$) comparados àqueles da BD. No solo de PD, embora, a quantidade de biomassa acima deste fosse baixa. Verificou-se, no momento da coleta, que havia uma grande

concentração de raízes na camada avaliada (0-10cm) e isto pode ter induzido maiores concentrações de MO nestas áreas. Porém, vale ressaltar que em pastagens degradadas é comum, pela falta de adubação fosfatada e pisoteio excessivo, menor desenvolvimento do sistema radicular e ainda, estes tendem a ficar menos profundo. Quanto ao manejo agroecológico, as práticas adotadas visam a conservação dos resíduos culturais, além da incorporação de novos resíduos orgânicos ao sistema proporcionando um aumento no teor de matéria orgânica do solo. Já na BD, embora após a colheita da batata haja uma grande quantidade de resíduo cultural remanescente, o cultivo convencional, adotado na área favorece a decomposição da MO e pode ser o responsável pelos menores valores observados.

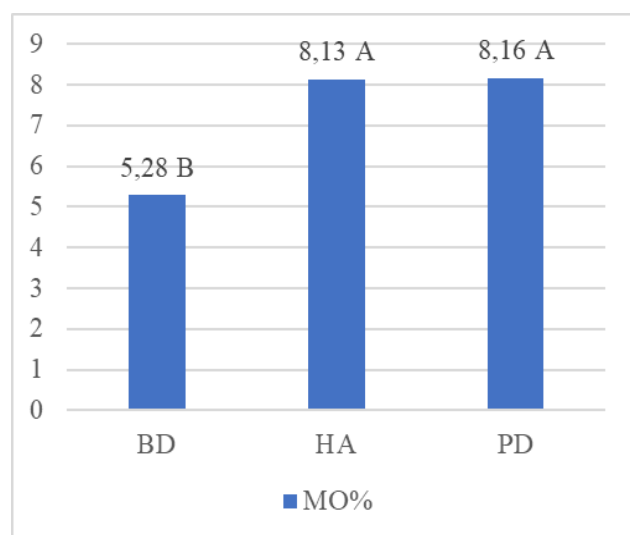
Andraus et al. (2013) expõe que o aumento dos estoques de matéria orgânica nos sistemas agrícolas depende de alguns fatores: quantidade de palha, tipo de rotação de cultura adotada, grau de revolvimento do solo, clima da região e doses de fertilizantes aplicadas nos sistemas. O sistema plantio direto melhora a qualidade do solo, em relação ao plantio convencional, devido a disponibilidade e degradação da MO, este fator é atrelado ao manejo adequado do sistema.

De acordo com estudo realizado por Embrapa (2014) o acúmulo de MO em pastagem, em profundidade é proveniente do sistema radicular ativo e vigoroso. Normalmente pastagens degradadas apresentam sistemas radicular superficial devido as condições inadequadas de desenvolvimento da raiz. Como neste estudo se avaliou a camada de solo de 0-10 cm coincidiu, justamente com a área de maior concentração de raízes e conseqüentemente contribuiu para a maior concentração de matéria orgânica, induzindo erroneamente a acreditar que solos sob

pastagens degradadas acumulam mais matéria orgânica.

Além disso, Souza et al. (2012) afirmaram que nas pastagens, é relevante considerar que o ciclo rápido da ciclagem do sistema radicular, uma vez que a renovação de suas raízes é maximizada, ocasionando na morte e decomposição da mesma ao solo, aumentando os teores de MO e conseqüentemente carbono na camada superficial.

Gráfico 4: Porcentagem Matéria Orgânica em solos sob diferentes sistemas de ocupação sob condições de cerrado.

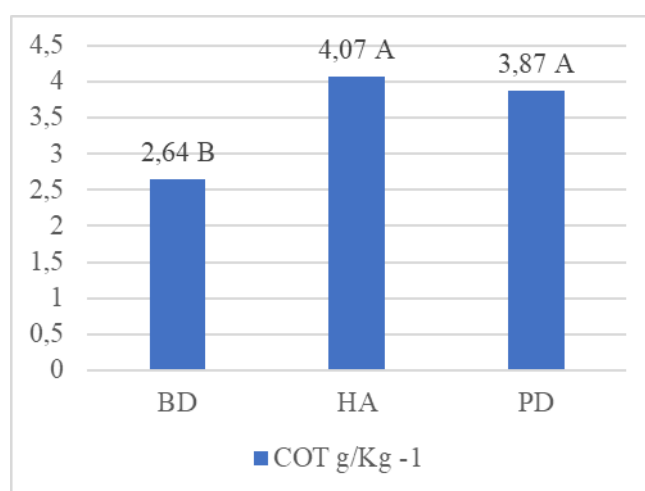


Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Quadros et al. (2012) destaca que matéria orgânica é responsável pela junção correspondente aos processos físicos, químicos e biológicos que se desenvolvem no solo. A MO é encarregada da expansão da porosidade do solo, que acarreta em elevar a infiltração de água, junto a melhor capacidade de retenção de umidade, concomitante a isso auxilia na amplitude de diversidade e atividade biológica dos organismos presentes no solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes para as plantas e potencializado o melhoramento de fertilidade do solo.

No gráfico 5 são apresentados os valores referentes as concentrações de Carbono Orgânico Total (COT). É possível verificar que o teor encontrado no solo da HA e no solo da PD foram semelhantes ($p > 0,05$) e maiores ($p < 0,05$) do que o solo de cultura BD, provavelmente devido a maior quantidade de MO nestas áreas.

Gráfico 5: Quantidade de COT em solos sob diferentes sistemas de ocupação sob condições de cerrado.



Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Conforme estudo realizado por LAL, 2004 a rotação de culturas, princípio básico do sistema de plantio direto, contribui para o aumento da biodiversidade no solo, devido a adição de inúmeros materiais orgânicos, proporcionando maior diversidade de espécies da biota do solo. Essa maior biodiversidade também contempla a absorção e acúmulo de C em relação a ambientes de menor biodiversidade o que pode explicar as maiores concentrações de COT em solos de HA que devido ao manejo de resíduos orgânicos proporciona maior biodiversidade no meio.

O estoque de carbono no solo aumenta quando o manejo propicia altas adições de biomassa vegetal e que tenham a capacidade de alocar o carbono a maiores profundidades no perfil do solo, via sistema radicular, contribuindo para o sequestro de carbono (Balesdent e Balabane, 1996).

As alterações ocorridas no estoque de carbono estão associadas ao manejo do solo, que pode ocasionar tantos acréscimos como decréscimos desse elemento. Rosset et al. (2014) demonstraram o quanto o manejo é capaz de interferir nos atributos químicos do solo e os estoques de carbono orgânico total (COT).

De acordo com Castro Filho et al. (2002), a agregação de MO no solo contribui para elevação dos estoques de carbono no mesmo. Corado Neto et al. (2015) constaram que há correlação direta entre o aumento do índice de agregação e o aumento do total de carbono no solo até a profundidade de 20 cm.

Segundo Corado Neto et al. (2015), perdas de carbono orgânico podem estar relacionados a circunstâncias tais como de baixa cobertura vegetal e elevado escoamento superficial da água, estando este último fator correlacionado à conformação do terreno em certa topografia. Assim, podemos justificar o baixo teor de estoque de carbono (tabela 1) na BD, quando comparado com PD, e HA devido as condições do solo, seu manejo e condições do meio ambiente no qual está inserido. É importante destacar que todos os fatores analisados anteriormente (umidade, matéria mineral, densidade e COT) influenciam diretamente no valor total do estoque de carbono encontrado e assim era esperado que os solos sob PD e HA apresentassem maiores estoques de carbono no solo pelas justificativas já apresentadas.

Para Franzluebbbers e Stuedemann (2008), as pastagens possibilitam um incremento nos teores de carbono em função do alto desenvolvimento radicular, tanto na parte aérea como na subsuperficial. Esse padrão também foi observado por Loss (2011) ao avaliar os teores de COT em áreas de solo sob plantio direto com integração lavoura-pecuária.

O crédito de carbono (CD) (tabela 1), foi calculado conforme valor de US\$ 23,07 estipulado pela plataforma investing, em cotação de crédito de carbono futuros. O CD está associado ao estoque de carbono no solo, logo solo de PD e HA, destacaram-se quando comparado ao solo de cultura cultivada, e isto decorre do histórico do solo, aliado ao seu manejo e as condições do meio ambiente.

Conforme, levantamento realizado por Silva (2013), quando as práticas de manejo são bem aplicadas, os benefícios ambientais obtidos, são: estoque de carbono, boa infiltração de água no solo, melhoria na ciclagem dos nutrientes e melhorias na fertilidade do solo, levam a diminuição dos risco de degradação das pastagens.

Tabela 1 - Estoque de carbono e crédito de carbono em solos sob diferentes sistemas de ocupação sob condições de cerrado.

Solo	Est. Carbono (Mg ha ⁻¹)	Crédito de Carbono (US\$/Mg ha ⁻¹)
Área Batata doce (BD)	25,68 B	592,43 B
Horta agroecológica (HA)	34,41 A	793,83 A
Pastagem Degradada (PD)	39,05 A	900,88 A
Média	33,04	792,38

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos neste estudo concluiu-se que em solos de cerrado ocupados com sistemas de pastagem degradada e horta agroecológica proporcionaram melhores condições de umidade, matéria orgânica e consequentemente estoque e crédito de carbono. Os valores encontrados para estoque de carbono foram: 25,68 BD (Mg ha⁻¹), 34,41 HA (Mg ha⁻¹), 39,05 PD (Mg ha⁻¹), permitindo a remuneração de US\$ 592,43 BD, US\$ 793,83 HA e US\$ 900,88 PD.

O maior estoque de carbono em solo de pastagem degradada pode ter sido proporcionado pela maior concentração do sistema radicular superficial e erroneamente pode induzir ao conceito de que é viável deixar a pastagem degradar para obter maior eficiência no estoque de carbono.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; MARTINS, S. C.; GROppo, J. D.; SALGADO, P. R.; EVANGELISTA, B.; VASCONCELLOS, E.; SANO, E. E.; PAVÃO, E.; LUNA, R.; CAMARGO, P. B.; MARTINELLI, L. A. Changes in soil carbon stocks in Brazil due to land use: paired site comparisons and a regional pasture soil survey. *Biogeosciences*, v. 10, p. 6141-6160, 2013

ANDRAUS, M. P.; CARDOSO, A. A.; LEANDRO, W. M.; BRASIL, E. P. F. 2013. Disponível em: <http://revistas.abaagroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/13734/9654>. Acesso em: setembro de 2018.

BALESDENT, J. & BALABANE, M. Major contribution of roots to soil carbon storage inferred from maize cultivated soils. *Soil Biol. Biochem.*, 28:1261-1263, 1996.

CERRI, C.C. & CERRI, C.E.P. Agricultura e aquecimento global. *B. Inf. SBCS*, 23:40-44, 2007.

DAL, S.F e KUBO, R.R. Agricultura e Sustentabilidade. *Revista EAD*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, p. 21-22, 2009.

Crédito Carbono Futuros. 2018. Disponível em: <https://br.investing.com/commodities/carbon-emissions>. Acesso em: setembro, 2018.

CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, M. de F.; FONSECA, I. C. B. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Paraná, Brazil. *Soil and Tillage Research*, v. 65, n. 1, p. 45-51, Apr. 2002.

CORADO NETO, F. da C.; SAMPAIO, F. de M. T.; VELOSO, M. E. da C.; MATIAS, S. S. R.; ANDRADE, F. R.; LOBATO, M. G. R. Variabilidade espacial dos agregados e carbono orgânico total em Neossolo Litólico Eutrófico no município de Gilbués, PI. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 8, n. 1, p. 75-83, jan./mar. 2015.

EMPRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2007) Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa em Solos. 412p.

- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Wenceslau_Teixeira/publication/267038200_Manual_de_Metodos_de_Analise_de_Solo_2a_Edicao/. Acesso em: maio, 2018.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2014. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1005326/1/COT198.pdf>. Acesso: setembro de 2018.
- FRANZLUEBBERS, A. J.; STUEDEMANN, J. A. Early response of soil organic fractions to tillage and integrated crop-livestock production. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 72, n. 5, p. 613-625, 2008.
- 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.
- JIMÉNEZ, E. I. e GARCIA, V. P. Determination of maturity indices for city refuse composts. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 38, n. 4, p. 331-343, Mar. 1992.
- LAL, R., KIMBLE; J. M., OLLETT, R.; COLE, C. V. The potential of U.S. cropland to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. *Sleeping Bear Press*, 1998.
- LAL, R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, Amsterdam, v. 123, p. 1-22, 2004.
- LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; GIÁCOMO, S. G.; PERIN, A.; ANJOS, L. H. C. Agregação, carbono e nitrogênio em agregados do solo sob plantio direto com integração lavoura pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1269-1276, 2011a.
- MAGRIL, R. A. F. e BAIÃO, T. C. Restauração de APPs degradadas e a viabilização do sequestro de carbono: estudo de uma bacia hidrográfica urbana no município de Passos – MG. 2015. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/4347/3020>. Acesso em: abril, 2018.
- MACHADO, L. V.; RANGEL, O. J. P.; MENDONÇA, E. A. MACHADO, R. V.; FERRARI, F. L.; FERTILIDADE E COMPARTIMENTOS DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO. 2014. Disponível em: http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/8053/Coffee%20Science_v9_n3_p289299_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: setembro de 2018.
- MELLO, F. A. F.; SILVEIRA, R. I.; ARZOLLA, S.; HELLMMEISTER, S. R. EFEITOS DA MATÉRIA ORGÂNICA SOBRE A CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE UMIDADE DE QUATRO SOLOS DO MUNICÍPIO DE PIRACICABA. 1978. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/aesalq/v35/04.pdf>. Acesso em: junho, 2017.
- NUNES, R. S. et al. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo de cerrado com a sucessão soja-milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1407-1419, jul./ago. 2011
- PRIBYL, D. W. A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor. *Geoderma*, Amsterdam, v. 156, n. 1, p. 75-83, 2010.
- QUEIZOS, L. R.; NETO, M. M.; ALVARENGA, R. C.; MENDES, F. F.; SIMÃO, E. P.; WILDA, LUANA, R. M. W. Estoque de Carbono e Densidade de Solo sob Cultivo com Diferentes Culturas Agrícolas, em Sete Lagoas, MG. 2012. Disponível em: http://www.abms.org.br/29cn_milho/06666.pdf. Acesso em: junho, 2017.
- QUADROS, P. D.; ZHALNINA, K. DAVIS-RICHARDSON, A. The Effect of Tillage System and Crop Rotation on Soil Microbial Diversity and Composition in a Subtropical Acrisol. *Diversity*, v. 4, n. 4, p.375-395, 2012.
- ROSA, R.; SANO, E. E. ESTOQUE DE CARBONO EM SOLOS SOB PASTAGENS CULTIVADAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAÍBA. 2014. Disponível: <http://www.redalyc.org/html/3213/321331809011/>. Acesso: maio, 2018.
- ROSCOE, R.; BODDEY, R.M.; SALTON, J.C. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas. Modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 304p. 2006.
- SIX, J.; FELLER, C.; DENEFF, K.; OGLE, S.M.; MORAES, J.C. & ALBRECHT, A. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils - Effects of no-tillage. *Agronomie*, 22:755-775, 2002.

SCHLICHTING, E.; BLUME, H.-P.; STAHR, K. *Bodenkundliches Praktikum: Eine Einführung in pedologisches Arbeiten*. 2.ed. Blackwell: Berlin, p.36 1995.

SILVA, H. M. C. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO E DO SISTEMA RADICULAR EM PASTAGENS DE *Pennisetum purpureum* Schum. MANEJADAS SOB DIFERENTES INTENSIDADES DE MANEJO EM ITAMBÉ-PE. 2013. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2>. Acesso em: agosto de 2018.

SOUSA, E. J.; CARVALHO, I. D.; SOUSA, M. A. S. Sequestro de carbono em áreas de pastagens e Cerrado stricto sensu. 2012. Disponível em: <http://www.unirv.edu.br/conteudos>. Acesso em: junho 2017.

SOUSA, E. J.; CARVALHO, I. D.; SOUSA, M. A. S. Sequestro de carbono em áreas de pastagens e Cerrado stricto sensu. 2012. Disponível em: <http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/SEQUESTRO%20DE%20CARBONO%20EM%20AREAS%20DE%20PASTAGENS%20E%20CERRADO%20STRICTO%20SENSU.pdf>. Acesso em: setembro de 2018.

ROSSET, J. S.; SCHIAVO, J. A.; ATANÁZIO, R. A. R. Atributos químicos, estoques de carbono orgânico total e das frações humificadas da matéria orgânica do solo em diferentes sistemas de manejo de cana-de-açúcar. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 35, n. 5, p. 2351-2366, 2014.