

Estoque de carbono do solo em agroecossistemas e vegetação secundária

Soil carbon stock in agroecosystems and secondary vegetation

Reserva de carbono en suelo en agroecosistemas y vegetación secundaria

Recebido: 08/08/2022 | Revisado: 14/08/2022 | Aceito: 24/08/2022 | Publicado: 01/09/2022

Dayseana Carneiro Rufino

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2212-0620>
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: dayse.cr1@gmail.com

Manoel Alexandre Diniz Neto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3190-8682>
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: manoel.alexandre@academico.ufpb.br

Thiago de Sousa Melo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1862-9571>
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: thiagosoumelo@hotmail.com

Lucas Borchart Bandeira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9098-9160>
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: lucasborchartt@yahoo.com.br

Márcia Daniele Pereira da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8852-2732>
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: marciadaniele91@gmail.com

Leandro Antônio de Bulhões

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2570-5720>
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: leandrobulhoes@gmail.com

Belísia Lúcia Moreira Toscano Diniz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7580-2433>
Universidade Federal da Paraíba, Brasil
E-mail: belisia.diniz@academico.ufpb.br

Evandro Franklin de Mesquita

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5722-2235>
Universidade Estadual da Paraíba, Brasil
E-mail: elmesquita4@uepb.edu.br

Resumo

O objetivo com o presente trabalho foi de quantificar o estoque de carbono do solo em diferentes profundidades sob agroecossistemas e área de vegetação secundária. A pesquisa foi desenvolvida nas localidades Caiana e Mata Redonda, pertencentes ao município de Remígio- PB. Foram selecionadas quatro áreas, caracterizadas de acordo com o sistema de cultivo em: sistema convencional, pastagem, sistema agroflorestal (SAF) e área com vegetação secundária. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial [(3x3)+1], sendo os fatores: sistema de cultivo (convencional, pastagem e sistema agroflorestal), profundidade (0-20; 20-40 e 40-60 cm) e um tratamento adicional correspondente a vegetação secundária. O carbono orgânico foi extraído através do método de Walkley-Black (oxi-redução), em que a matéria orgânica é oxidada com o uso de dicromato de potássio. A matéria orgânica foi obtida pela multiplicação do teor de carbono pela constante 1,724. Para determinar a densidade do solo (Ds) foram coletadas amostras com o auxílio de anéis volumétricos de 100 cm³ de volume interno das camadas de 0-20, 20-40 e 40 a 60 cm. Após a coleta das amostras, ainda no campo, foi retirado o excesso de solo dos bordos dos anéis, com o auxílio de um estilete. Em seguida, os anéis volumétricos foram vedados com papel filme para evitar possíveis danos e deformações. Os sistemas de cultivo provocam maiores alterações no estoque de carbono do solo que a vegetação secundária. O estoque de carbono é maior na camada superficial (0-20 cm) e nos ambientes onde as características estão mais próximas às de equilíbrio, decrescendo em profundidade.

Palavras-chave: Manejo; Profundidade; Solo; Nutrientes.

Abstract

The objective of the present work was to quantify soil carbon stock at different depths under agroecosystems and secondary vegetation area. The research was developed in the localities Caiana and Mata Redonda, belonging to the municipality of Remígio-PB. Four areas were selected, characterized according to the cultivation system in:

conventional system, pasture, agroforestry system (SAF) and area with secondary vegetation. The experiment was carried out in a completely randomized design with a factorial arrangement [(3x3)+1], being the factors: cropping system (conventional, pasture and agroforestry system), depth (0-20; 20-40 and 40-60 cm) and an additional treatment corresponding to secondary vegetation. Organic carbon was extracted using the Walkley-Black method (oxidation-reduction), in which organic matter is oxidized using potassium dichromate. Organic matter was obtained by multiplying the carbon content by the constant 1,724. To determine the soil density (Ds) samples were collected with the aid of volumetric rings of 100 cm³ of internal volume from the layers 0-20, 20-40 and 40 to 60 cm. After collecting the samples, still in the field, the excess soil was removed from the edges of the rings, with the aid of a stilet. Then, the volumetric rings were sealed with cling film to avoid possible damage and deformation. Crop systems cause greater changes in chemical characteristics and soil carbon stock than secondary vegetation. The carbon stock is higher in the surface layer (0-20 cm) and in environments where the characteristics are closer to equilibrium, decreasing in depth.

Keywords: Management; Depth; Ground; Nutrients.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue cuantificar el stock de carbono del suelo a diferentes profundidades bajo agroecosistemas y área de vegetación secundaria. La investigación se desarrolló en las localidades Caiana y Mata Redonda, pertenecientes al municipio de Remígio-PB. Se seleccionaron cuatro áreas, caracterizadas según el sistema de cultivo en: sistema convencional, pastizal, sistema agroforestal (SAF) y área con vegetación secundaria. El experimento se realizó en un diseño completamente al azar con arreglo factorial [(3x3)+1], siendo los factores: sistema de cultivo (convencional, pastura y sistema agroforestal), profundidad (0-20; 20-40 y 40-60 cm) y un tratamiento adicional correspondiente a la vegetación secundaria. El carbón orgánico se extrajo mediante el método de Walkley-Black (oxidación-reducción), en el que la materia orgánica se oxida utilizando dicromato de potasio. La materia orgánica se obtuvo multiplicando el contenido de carbono por la constante 1,724. Para determinar la densidad del suelo (Ds) se recolectaron muestras con ayuda de anillos volumétricos de 100 cm³ de volumen interno de las capas 0-20, 20-40 y 40 a 60 cm. Después de recolectar las muestras, aún en campo, se eliminó el exceso de suelo de los bordes de los anillos, con la ayuda de un estilete. Luego, los anillos volumétricos se sellaron con film transparente para evitar posibles daños y deformaciones. Los sistemas de cultivo provocan mayores cambios en las características químicas y las reservas de carbono del suelo que la vegetación secundaria. El stock de carbono es mayor en la capa superficial (0-20 cm) y en ambientes donde las características están más cerca del equilibrio, decreciendo en profundidad.

Palabras clave: Manejo; Profundidad; Suelo; Nutrientes.

1. Introdução

O planeta terra está dividido nos subsistemas hidrosfera, geosfera, atmosfera e biosfera, os quais funcionam como estoque de carbono. Dentro desses subsistemas os solos funcionam como um importante reservatório, estocando 2.500 Pg de Carbono, dos quais 1.550 Pg de carbono na forma orgânica e 950 Pg estão armazenados na forma inorgânica (Dieckow et al., 2004).

O estoque de carbono do solo supera o da atmosfera entre duas a três vezes, o que se torna de grande importância a identificação de como esse carbono é acumulado no solo, bem como, as causas das suas perdas para que este não aumente os níveis atmosféricos. A biomassa e a necromassa representam os reservatórios de carbono, nutrientes e energia no ecossistema. O Carbono orgânico do solo é originário de resíduos animais, plantas ou da fauna edáfica em diferentes níveis de decomposição, materiais queimados e substâncias húmicas (Roscoe & Machado, 2002; Schlesinger & Andrews, 2000; Davidson & Trumbore, 1995).

Os principais processos responsáveis pelo sequestro de carbono nos solos são a humificação, agregação e sedimentação. Ao passo que os processos responsáveis pelas perdas de carbono no mesmo ambiente são a erosão, decomposição, volatilização e lixiviação. Características do solo como topografia, classes de solo, drenagem, mineralogia e textura afetam a capacidade de sequestro de carbono por esse ambiente. Além das propriedades do solo, o tipo de cobertura vegetal, condições climáticas locais principalmente temperatura e precipitação, o manejo adotado, também são apontados como influenciadores no sequestro do carbono no solo (Corado Neto et al., 2015; Costa et al., 2008; Resck et al., 2008; Smith, 2008; Sleutel et al., 2006; Lal, 2005; Machado (2005).

O acúmulo da matéria orgânica nos ecossistemas depende dos resíduos animais, plantas ou da fauna edáfica, contudo em solos sem interferência antrópica, o estoque de carbono é função basicamente das características edafoclimáticas, enquanto em sistemas agrícolas, os estoques de carbono orgânico no solo também são afetados pelo manejo empregado (Bayer & Mielniczuk, 1997). Sendo assim, pode-se avaliar o acúmulo de carbono em solos submetidos a diferentes tipos de manejo, pois em áreas com maior intensidade de pastejo, ocorre maior saída de carbono e nitrogênio do sistema, devido às perdas por respiração microbiana e pelo pastejo animal e, como consequência, menor estoque desses elementos no solo, além da degradação da qualidade da matéria orgânica. Contudo, intensidades de pastejo moderadas e na integração pastagem-lavoura promovem aumento de todos componentes avaliados, onde a labilidade da matéria orgânica se equivale à área sem pastejo, com ganhos na qualidade do solo (Souza et al., 2009).

A perda de carbono observada em sistemas de produção que adotam o intenso revolvimento do solo se deve as perdas por erosão e maior atividade da comunidade microbiana edáfica devido a maior facilidade de acesso dos micro-organismos e suas enzimas aos resíduos orgânicos (Bayer & Mielniczuk, 1997). Enquanto solos sob florestas em regiões tropicais quando comparado ao uso convencional para agricultura são considerados como dreno para o carbono, devido à maior deposição de matéria orgânica depositada (Lal et al., 1995).

Dessa maneira, mudanças no uso e ocupação da terra provocam desequilíbrios na dinâmica do ecossistema, devido entradas de matéria orgânica serem menores que saídas. Esse desequilíbrio se deve a intensidade dos processos de decomposição, a perda de nutrientes por lixiviação e a emissão de carbono para a atmosfera, levando a uma diminuição da quantidade e qualidade de seus teores estocados no solo, e assim, o estoque de carbono é afetado, podendo diminuir suas reservas a níveis significativos (Cerri et al., 2008).

A remoção da cobertura florestal e dos resíduos orgânicos do solo extingue a reserva de nutrientes do ecossistema, com consequente perda de seu potencial de produção. Essa perda da fertilidade e produtividade do solo são características de solos degradados, que coincidem com ocorrência de novos desmatamentos, pela pressão econômica imposta para aumentar a produção. A partir do estabelecimento desse cenário, busca-se adoção de novos modelos de produção fundamentados no uso sustentável do solo (Engel, 1999), pois alterações nas taxas de respiração do solo, por menores que sejam, podem mudar as concentrações de CO₂ na atmosfera, sendo os sistemas agroflorestais uma alternativa eficiente para sequestrar altas quantidades de carbono atmosférico e servir de reservatório, mantendo o ecossistema em equilíbrio e diminuindo as emissões de gases de efeito estufa (Silva, 2006).

Assim, devido ao grande potencial de contribuir com a deposição de matéria orgânica e sua retenção nos solos, os sistemas agroflorestais são tidos como importantes drenos de carbono no solo (Sharrow & Ismail, 2004), sendo esse potencial variável em função do sistema agroflorestal adotado, da escolha e idade das espécies, condições edafoclimáticas e o emprego das práticas de manejo (Jose, 2009).

Com este trabalho, objetivou-se avaliar o estoque de carbono do solo em diferentes profundidades sob agroecossistemas em comparação com área de vegetação secundária no município de Remígio- PB.

2. Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido nas localidades Caiana e Mata Redonda, município de Remígio- PB, localizado na Mesorregião do Agreste Paraibano, Microrregião do Curimataú Ocidental e inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema (CPRM, 2005). Pela classificação de Köppen, o clima da região é do tipo As' (quente com período chuvoso de março a junho), e pluviosidade média entre 700 e 800 mm, temperaturas médias anuais mínimas de 17 a 20° C e máximas de 22 a 26° C e umidade relativa do ar próximo a 79% (Alvarez et al., 2014).

Como caracterização dos ambientes foram selecionadas quatro áreas, escolhidas de acordo com o sistema de cultivo, as quais foram assim selecionadas: área com sistema de cultivo convencional (S 06°59'444" W 035°47'973"); área com implantação de pastagem (S 07°00'467" W 035°46'735"); área com sistema agroflorestal (S 07°00'663" W 035°46'877") e área com vegetação secundária (S 06°00'647" W 035°46'769"), todas localizadas no município Remígio- PB. Para tanto, levou-se em consideração, para a escolha dos ambientes. o tempo de cultivo, o uso e as práticas de manejo adotadas.

Na propriedade I-(Mata Redonda) foi caracterizada por ser uma área com o uso intensivo da terra que vem sendo manejada há mais de 25 anos. O sistema de cultivo é monocultura rotacional, as culturas utilizadas são: *Solanum tuberosum* (batata), *Manihot esculenta* Crantz (mandioca) e *Phaseolus vulgaris* (feijão). No preparo da terra utilizam-se implementos agrícolas e a adubação é feita com esterco bovino. Na Propriedade II-(Caiana) caracteriza-se por ser uma área de pastagem manejada a mais de oito anos com capim braquiária (*Brachiaria brizantha*). Nesta área ocorre entrada de animais com taxa de lotação, em média de 5 a 15 unidade animal (U.A), com período de ocupação diário tendo descanso apenas no período noturno, pois os animais são conduzidos para o estábulo. Não há reforma de pasto nem aplicação de implementos agrícolas. Propriedade III-(Caiana) área com sistema agroflorestal estabelecido a cerca de dez anos. Nela, encontram-se espécies agrícolas anuais, frutíferas e arbóreas, dentre algumas espécies: *Citrus sinensis* L. Osbeck (laranja), *Mangifera indica* (manga), *Artocarpus heterophyllus* (jaca), *Persea americana* (abacate), *Musa* (banana). As práticas de manejo adotadas são poda, adubação verde, capinas, roços manuais e adubação com esterco bovino. Propriedade IV- (Caiana) com vegetação secundária típica de agreste, nesta área pode-se encontrar algumas espécies tais como: *Byrsonima crassifolia* L.Rich (murici), *Anacardium occidentale* (cajuzeiro), *Mangifera indica* (mangueira), *Hymenaea courbaril* (jatobá), *Schinus terebinthifolius* (aroeira), *Pterodon emarginatus* (sucupira), *Mimosa tenuiflora* (jurema), *Tabebuia (pau-d'arco)*, *Cecropia (imbaúba)*, *Accacia glomerosa (espinheiro preto)*.

As amostras de solo, em cada propriedade, foram coletas nas camadas de 0-20; 20-40 e 40-60 cm, com trado tipo "calador". Cada área (convencional, pastagem, sistema agroflorestal e vegetação secundária) foi percorrida em zigue- zague, conforme critérios do Manual de Procedimentos de Coleta de Amostras em Áreas Agrícolas para Análise da Qualidade Ambiental (Filizola, Gomes & Souza, 2006) para coleta de amostra de solo, demarcando-se 10 pontos de coletas e três repetições por profundidade, totalizando 360 amostras, das quais 90 amostras por área.

As amostras de solo foram secas à sombra, destorroadas, passadas em peneira com malha de 2 mm de malha, condicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e levadas ao Laboratório de Solos do Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus III, Bananeiras- PB.

O carbono orgânico foi extraído através do método de Walkley-Black (oxi-redução), em que a matéria orgânica é oxidada com o uso de dicromato de potássio. A matéria orgânica foi obtida pela multiplicação do teor de carbono pela constante 1,724.

Para determinar a densidade do solo (Ds) foram coletadas amostras com o auxílio de anéis volumétricos de 100 cm³ de volume interno das camadas de 0-20, 20-40 e 40 a 60 cm. Após a coleta das amostras, ainda no campo, foi retirado o excesso de solo dos bordos dos anéis, com o auxílio de um estilete. Em seguida, os anéis volumétricos foram vedados com papel filme para evitar possíveis danos e deformações.

No laboratório as amostras foram colocadas para secar a 105° C por 48 horas e tiveram seu peso seco determinado em balança de precisão (0,01 g). Com base na massa de solo de cada amostra e do volume dos anéis volumétricos foi possível determinar a densidade do solo (Ds) conforme descrito em Embrapa (2017). Os resultados obtidos foram os seguintes: *Convencional*: prof. 0-20 cm (1,20 g cm⁻³), prof. 20-40 cm (1,27 g cm⁻³) e prof. 40-60 cm (1,30 g cm⁻³); *Pastagem*: prof. 0-20 cm (1,27 g cm⁻³), prof. 20-40 cm (1,31 g cm⁻³) e prof. 40-60 cm (1,32 g cm⁻³); *SAF*: prof. 0-20 cm (1,29 g cm⁻³), prof. 20-40

cm (1,32 g cm⁻³) e prof. 40-60 cm (1,35 g cm⁻³) e *Vegetação Secundária*: prof. 0-20 cm (1,28 g cm⁻³), prof. 20-40 cm (1,30 g cm⁻³) e prof. 40-60 cm (1,34 g cm⁻³).

De acordo com Gatto (2010), o Estoque de Carbono do Solo (ECS) é obtido pela soma dos estoques em cada camada de solo, com valores médios do teor de C orgânico (CO) e densidade do solo (Ds) da respectiva camada em todos os perfis analisados. O estoque de C orgânico de cada camada correspondeu ao produto do teor de C do solo (C, g kg⁻¹) pela densidade do solo (Ds, g cm⁻³) e pela profundidade da camada, empregando-se a fórmula:

$$ECS = (C \times Ds \times p)/10$$

Onde:

ECS = estoque de carbono do solo (t ha⁻¹);

C = teor de carbono do solo (g kg⁻¹);

DS = densidade do solo (g cm⁻³) e

p = profundidade da camada do solo (cm).

As variáveis estudadas foram analisadas utilizando-se o modelo estatístico, em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial [(3x3)+1], sendo os fatores: sistema de cultivo (convencional, pastagem e sistema agroflorestal), profundidade (0-20; 20-40 e 40-60 cm) e o tratamento adicional (vegetação secundária).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o programa computacional Software “*Statistical Analysis System*” (SAS, 2012).

3. Resultados e Discussão

Na Tabela 1 pode-se observar a Análise de Variância do estoque de carbono em função dos ambientes (convencional, vegetação secundária, pastagem e saf) e das diferentes profundidades de coleta de solo (0-20; 20-40 e 40-60 cm). Houve efeito de interação (p<0,0001) para ambientes x profundidades e efeito estatístico (p<0,01) para ambientes e profundidades.

Tabela 1. Resumo das análises de variância (ANOVA) para o estoque de carbono no solo (ECS) em função de ambientes em a relação às profundidades de coletas de amostras de solo, Remígio- PB.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Estoque de carbono no solo (ECS)
A	2	62,16***
P	2	66,01***
A x P	4	1,22**
Ad vs Fat	-	0,17***
Resíduo	269	0,23

^{ns}, 0,01** e <0,0001***: não significativo e significativo pelo teste F, respectivamente A- Ambientes e P- Profundidade do solo.
Fonte: Autores.

As interações entre os ambientes e as profundidades (Figura 1), mostram que o estoque de carbono é maior (p<0,01) no agroecossistema Saf (44,0 t ha⁻¹) em comparação aos demais em todas as profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm), seguido da pastagem (31,4 t ha⁻¹). O aporte de carbono é mais elevado em solos sobre vegetação natural devido a maior preservação da matéria orgânica, em decorrência do revolvimento do solo ser mínimo (Froufe et al., 2011). De acordo com Diekow (2005), a utilização de diferentes culturas, com diferentes aportes de carbono, resulta em diferentes estoques de carbono no solo.

Os SAFs, por apresentarem componentes florestais e grande diversidade de espécies, propiciam uma deposição maior e contínua de resíduos vegetais ao solo, de modo a facilitar o acúmulo e a manutenção da matéria orgânica (Smiley &

Kroschel, 2008), interferindo diretamente nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo (Delabie et al., 2007; Norgrove et al., 2009), assim como proporcionam benefícios ambientais como a conservação da biodiversidade, sequestro de carbono e melhoria da qualidade da água (Nair, 2008)

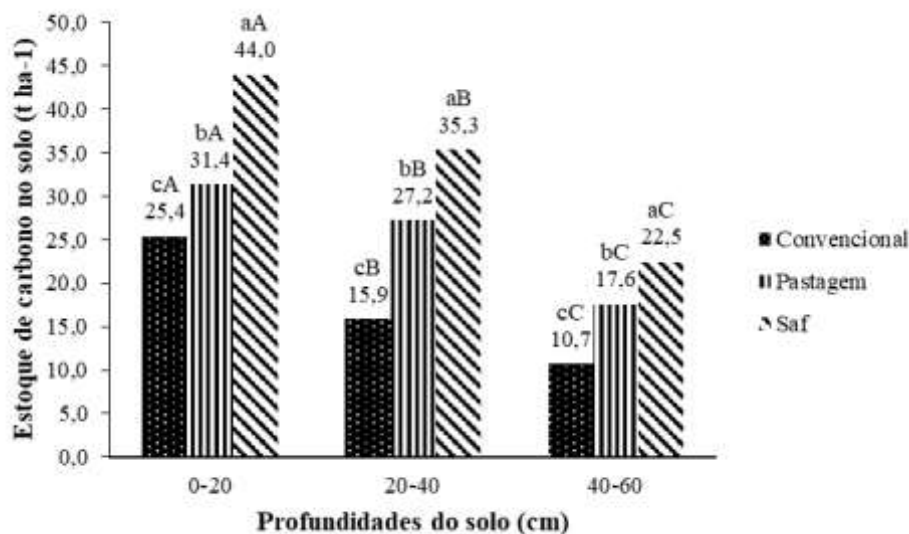
Com relação a pastagens, fatores como manejo, o sistema de pastejo praticado, a adoção de taxa de lotação e a pressão de pastejo adequadas à capacidade de suporte da pastagem, possibilitam que o solo estoque carbono a níveis muito próximos aos existentes em florestas naturais, devido ao sistema radicular da gramínea, ser abundante e volumoso, e constantemente renovado, disponibilizando grande quantidade de matéria orgânica ao solo. Além dos fatores citados, o baixo revolvimento do solo nas áreas de pastagem, assim como ocorre no plantio direto, constitui-se um dos principais responsáveis pela baixa emissão do carbono do solo para atmosfera (Urquiaga et al., 2010; Siqueira et al., 2009).

Rosa (2014), avaliando estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas obteve que nas camadas de 0-30 cm a pastagem manejada possui um estoque de carbono de 68,28 Mg ha⁻¹, enquanto que a pastagem degradada possui 59,35 Mg ha⁻¹, mostrando que uma pastagem bem manejada consegue reter no solo, na profundidade de 0-30 cm, 15% a mais de carbono do que em uma pastagem degradada. Cerri et al. (2006), obtiveram dois terços das pastagens na Amazônia com incremento no estoque de C no solo em relação à vegetação nativa, o que ressalta a importância do manejo das pastagens como forma de retirar carbono da atmosfera e armazenar no solo.

Ainda na Figura 1, agora em relação à profundidade, os maiores valores para variável estoque de carbono foram obtidos na camada de 0-20 cm para todos os agroecossistemas, decrescendo em profundidade. De acordo com Roscoe & Machado (2002), o carbono orgânico do solo é proveniente de restos animais e vegetais ou de micro-organismos em forma de resíduos em várias etapas de decomposição, materiais carbonizados e compostos humificados. Segundo Carvalho et al. (2010), o carbono presente no solo equivale a mais de três vezes a quantidade de carbono no reservatório biótico e duas vezes a quantidade contida na atmosfera terrestre.

Neves (2004), analisando separadamente o estoque de carbono por profundidade (0-5, 5-20 e 20-40 cm), obteve diferenças significativas no estoque de carbono dos sistemas avaliados em relação ao Cerrado nativo. De acordo com Silva (2017), essa diminuição dos teores de carbono com o aumento da profundidade do perfil do solo demonstra a contribuição mais efetiva das entradas de carbono na camada mais superficial, fato comum em áreas onde não há influência antrópica e o teor de matéria orgânica é maior.

Figura 1. Efeito da interação entre os fatores ambientes (convencional, pastagem e SAF) e profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) em função do estoque de carbono, Remígio- PB.



^{ab}médias seguidas de letras minúsculas diferem de acordo com os agroecossistemas pelo teste Tukey ($p < 0,05$); ^{AB}médias seguidas de letras maiúscula diferem de acordo com as profundidades pelo teste Tukey ($p < 0,05$). Fonte: Autores.

Na Tabela 1, observa-se as médias comparadas por contrastes ortogonais entre fatorial e tratamento adicional (vegetação secundária). O tratamento adicional apresentou maiores valores para a variável estoque de carbono do solo (ECS) quando comparado aos demais ambientes em todas as profundidades. Estudos tem estimado que a metade do carbono estocado no solo, cerca de 787 Pg, seja referente aos solos sob florestas, enquanto as áreas sob pastagens contêm cerca de 500 Pg e as sob cultivo agrícola, 170 Pg de C (Dixon et al., 1994; Sharpenseel, 1997; Paustian et al., 2000).

No que se refere ao tipo de manejo e às camadas do solo que servem de reservatório para o carbono, Teixeira e Paulino (2012), avaliaram o estoque de carbono acumulado no solo nas profundidades (0-5, 5-10, 10-20 20-30 e 30-40 cm), em vários sistemas de uso e manejo (mata, pastagens, pastagens degradadas, área de fenação e no milho em cultivo convencional) constataram que os teores de carbono na camada superficial foram maiores na mata. Em relação ao estoque de carbono, observaram-se significativas reduções com as profundidades, sendo os maiores valores encontrados na área de mata nativa, vindo a seguir a pastagem melhorada e uso de milho em cultivo convencional que foram similares entre si, sendo os menores valores encontrados na área de fenação e na pastagem degradada.

Tabela 1 Análises de contrastes da variável química ECS entre fatorial agroecossistemas (convencional, pastagem e SAF) e as diferentes profundidades (0-20; 20-40 e 40-60 cm) de coleta de solo vs o tratamento adicional (vegetação secundária), Remígio- PB

Contrastes	Estoque de carbono no solo (ECS)
	---t ha ⁻¹ ---
Vegetação secundária vs Fat	38,0 vs 25,6***
Vegetação secundária _{P_{s1}} vs Agroep _{P_{s1}}	48,0 vs 33,6***
Vegetação secundária _{P_{s2}} vs Agroep _{P_{s2}}	37,9 vs 26,1***

^{ns}, 0,01 ** e <0,0001***: não significativo e significativo pelo teste F, respectivamente. Fonte: Autores.

Dernadim et al. (2014), ao avaliar o estoque de carbono sob diferentes formações florestais (floresta natural, plantio de eucalipto e plantio de erva mate) e profundidades (0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm), constataram que houve efeito das diferentes coberturas e do manejo, onde a mata nativa apresentou os maiores valores (107,67 Mg ha⁻¹) quando comparado as demais coberturas (79,58 e 47,29 Mg ha⁻¹).

D' Andréia et al. (2004), ao avaliar o estoque de carbono nas profundidades (0-10, 10-20, 20-40, 40-60 cm) em sistemas de manejo (cerrado nativo, pastagem, plantio direto com milho e feijão, plantio direto com milho, feijão e arroz, plantio convencional de longa duração e plantio convencional após pastagem), não obtiveram diferenças significativas no estoque de carbono, porém os sistemas de manejo menos perturbados apresentaram uma tendência em armazenar mais carbono orgânico no solo, principalmente nas profundidades de 0–20 e 0–40 cm.

4. Conclusão

O estoque de carbono é maior no Sistema Agroflorestal e diminui na Pastagem com concentração ainda inferior a esta, quando há interferência antrópica pelo Cultivo Convencional;

Os teores de carbono variam conforme a profundidade e amostras de solo coletadas na superfície (0-20 cm), há aumento no estoque de carbono que profundidades de 20-40 cm e de 40-60 cm, devido ao incremento de matéria orgânica nessa camada, o que independe do ambiente estudado;

No decorrer da presente pesquisa, ficou evidenciada a necessidade de estudos mais aprofundados inclusive quanto à quantificação de carbono estocado na biomassa das espécies cultivadas nas áreas avaliadas, o que se configura como sugestão para trabalhos futuros.

Referências

- Abreu, R. L. de. (2006). *Mapa localizador da cidade de Remígio, Paraíba*<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1373765>;
- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. (2014). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728
- Bayer, C. & Mielniczuk, J. (1997). Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21, 105-112.
- Cerri, C.C.; Bernoux, M.; Cerri, C.E.P. & Lal, R. (2006). *Challenges and opportunities of soil carbon sequestration in Latin America*. In: Lal, R.; Cerri, C.C.; Bernoux, M.; Etchevers, J. & Cerri, C.E.P. *Carbon sequestration in soils of Latin America*. New York, Haworth. p.41-47.
- 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. (2015). Variabilidade espacial dos agregados e carbono orgânico total em Neossolo Litólico Eutrófico no município de Gilbués, PI. *Revista de Ciências Agrárias*, 8(1), 75-83.
- Costa, F. S.; Bayer, C.; Acordi, Z. & Mielniczuk, J. (2008). Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, 32(1), p. 323-332.
- CPMR. Serviço geológico do Brasil. (2005). *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrâneo*. Diagnóstico do Município de Remígio- Estado da Paraíba. Recife- PE: CPMR/PRODEM.
- D'Andréa, A. F.; Silva, M. L. N.; Curi, N. & Guilherme, L. R. G. (2004). Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 39(2), 179-186, 2004.
- Denardin, R. B. N.; Mattias, J. L.; Wildner, L. P.; Nesi, C. N.; Sordi, A.; Kolling, D.F.; Busnello, F. J. & Cerutti, T.; (2014). Estoque de carbono no solo sob diferentes formações florestais, Chapecó – SC. *Ciência Florestal*, Santa Maria, 24(1), 59-69.
- Delabie, J. H. C., et al. (2007). Contribution of cocoa plantations to the conservation of native ants (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) with a special emphasis on the Atlantic forest fauna of southern Bahia, Brazil. *Biodiversity Conservation*, 16, 2359-2384.
- Dixon, R. K.; Brown, S.; Houghton, R. A.; Solomon, A. M.; Trexler, M. C. & Wisniewski, J. (1994). Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*, 263, 185- 190.
- Dieckow, J.; Bayer, C.; Martin-Neto, L. & Mielniczuk, J. (2004). Sistemas conservacionistas de preparo do solo e implicações no ciclo do carbono. São Carlos: *Embrapa Instrumentação Agropecuária*,. 17 p.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. (2017). *Manual de métodos de análises de solo*. (3ª ed. rev. e ampl.) – Brasília, DF

- Engel, V. L. (1999). *Introdução aos Sistemas Agroflorestais*. Botucatu: FEPAF. 70 p.
- Frazão, L. A.; Píccolo, M. C.; Feigl, B. J.; Cerri, C. C.; Cerri, C. E. P. (2008). Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43, 641-648.
- Froufe, L.C.M. et al. (2013). Potencial de sistemas agroflorestais multiestrata para sequestro de carbono em áreas de ocorrência de Floresta Atlântica. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 31(66), 143-154.
- Gatto, A.; Barros, N. F. de; Novais, R. F.; Silva, I. R. da; Leite, H. G.; Leite, F. P. & Villani, E. M. de A. (2010). Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34, 1069-1079.
- Lal, R. (2005). Forest soils and carbon sequestration. *Forest Ecology and Management*, 220, 242-258.
- Lopes, E. L. N.; Fernandes, A. R.; Grimaldi, C.; Ruivo, M. L. P.; Rodrigues, T. E. & Sarrazin, M.; (2006). Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, *Ciências Naturais* 2006, 1, 127.
- Machado, P. L. O. A. (2005). Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. *Química Nova*, 28(2), 328-334.
- Mota, H.; Pequeno, P. L. L.; Brogio, M. P.; Shindwein, J. A. (2007). In: *Congresso Brasileiro de Ciência do solo*, 2007, Gramado. Anais. Gramado: CBCS, 2007. CD Rom.
- Nair, P. K. R. Agroecosystem management in the 21st century: it is time for a paradigm shift. *Journal of Tropical Agriculture*, 46, 1-12.
- Neves, C. M. N. das, et al. (2004). Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do Estado de Minas Gerais. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, 28(5), 1038-1046, Oct.
- Norgrove, L, et al. (2009). Shifts in soil faunal community structure in shaded cacao agroforests and consequences for ecosystem function in Central Africa. *Tropical Ecology*, 50, 71-78.
- Paustian, K.; Six, J.; Elliott, E. T. & Hunt, H. W. (2000). Management options for reducing CO₂ emissions from agricultural soils. *Biogeochemistry*, 48: 147-163.
- Perin, E.; Ceretta, C. A.; Klamt, E. (2003). Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois Latossolos do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27, 665-674.
- Ronquim, C. C. (2018). Embrapa. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 8: Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. 2010. www.cnpem.embrapa.br.
- Rosa, R.; Sano, E. E.; & Rosendo, J. dos S. (2014). Estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. *Soc. nat. Uberlândia*, 26(2), 333-351, ago.
- Roscoe, R.; & Machado, P.L.O.A. (2002). Fracionamento físico do solo em estudos de matéria orgânica. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Rio de Janeiro: *Embrapa Solos*, 2002.86 p.
- Schepers, H. W. (1997). Preface to workshop 'Management of carbon in tropical soils under global change: Science, practice and policy'. *Geoderma*, 79, 1-8.
- Schlesinger W. H. & Andrews J. A. (2000). Soil respiration and the carbon cycle. *Biogeochemistry*, 2000; 48, 7-20.
- Sharrow, S. H. & Ismail, S. (2004). Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantations, and pastures in western Oregon, USA. *Agroforestry Systems*, 60, 123-130, 2004.
- Sleutel, S. de Neve, S. & Hofman, G. (2006). Estimates of carbon stock changes in Belgian cropland. *Soil Use and Management*, 19(2), 166-171.
- Smith, P. (2008). Land use change and soil organic carbon dynamics. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 81(2), 169-178, Jun.
- Silva, C. A. da; Rosset, J. S.; Morais, D. H. O.; Santos, T. M. D. & Castilho, S. C. P. (2017). Carbono orgânico total e estoque de carbono em diferentes sistemas de manejo na região conusul do Mato Grosso do Sul. *IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais*. VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Campo Grande/MS.
- Siqueira Neto, M.; Piccolo, M. de C.; Scopel, E.; Costa Junior, C. da; Cerri, C. C. & Bernoux, M. (2009). Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. *Acta scientiarum. Agronomy*, 31(4), 709-717.
- Smiley, G. L. & Kroschel, J. (2008). Temporal change in carbon stocks of cocoa gliricidia agroforests in Central Sulawesi, Indonesia. *Agroforestry System*, 73, 219-231.
- Souza, E.D. de; Costa, S.E.V.G. de A.; Anghinoni, I.; Carvalho, P.C. de F. & Andrigueti, M.; CAO, E. (2009). Estoques de carbono orgânico e de nitrogênio no solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 33, 1829-1836.
- Teixeira, E.M.C. & Paulino, V.T. (2012). Impactos da diversidade de manejo agrícola no estoque de carbono do solo. In: WORKSHOP DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS, 2012, Jaguariúna, SP. Anais... Jaguariúna, SP: *Embrapa Meio Ambiente*, 2012, p. 1-5, CD-ROM.
- Urquiaga, S.; Alves, B. J. R.; Jantalia, C. P. & Boddey, R. M. (2010). Variações nos estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa em solos das regiões tropicais e subtropicais do Brasil: Uma análise crítica. *Informações Agronômicas*, Seropédica, (130), 12-21.