

***ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO E ATRIBUTOS
FÍSICOS DO SOLO SOB SISTEMA AGROFLORESTAL COM
CAFEIEIRO NO SUDOESTE DE MINAS GERAIS***

***ORGANIC CARBON STOCK AND PHYSICAL AT TRIBUTES
OF THE SOIL UNDER AGRO-FORESTRY SYSTEM WITH
COFFEE IN THE SOUTHWESTERN OF
MINAS GERAIS***

LORENA FLÁVIA SILVA, FRANCIANE DINIZ COGO

RESUMO

Sistemas agroflorestais podem contribuir com o aumento do armazenamento de carbono orgânico no maior compartimento terrestre, o solo. E consequentemente contribuir para a mitigação das mudanças climáticas. A área deste estudo está situada no município de São Pedro da União, sudoeste de Minas Gerais, com latitude / longitude: 21°8'43"S 46°37'53"W e altitude aproximada de 1.112 metros. Os tratamentos foram cafeeiro solteiro linha, cafeeiro solteiro entrelinha, agroflorestal linha e agroflorestal entrelinha. Foram avaliados os atributos físicos e o carbono orgânico do solo. Concluiu-se que o sistema agroflorestal apresentou maior média de carbono orgânico total comparado ao monocultivo, além de apresentar maior disponibilidade dos nutrientes e aumento do teor de matéria orgânica. Os atributos físicos do solo não apresentaram diferença estatística dentre os tratamentos. O sistema agroflorestal estudado obteve potencial para o sequestro de carbono no solo e consequentemente contribuiu para um cultivo mais sustentável.

Palavras-chave: Sustentabilidade; integração cafeeiro-abacateiro; sequestro de carbono.

ABSTRACT

Agroforestry systems can contribute to increased organic carbon storage in the largest terrestrial compartment, the soil. And consequently contribute to the mitigation of climate change. The area of this study is located in the municipality of São Pedro da União, Southwest of Minas Gerais, with latitude / longitude: 21 ° 8'43 "S 46 ° 37'53" W and approximate altitude of 1,112 meters. The treatments were single row coffee, single row coffee, row agroforestry and row agroforestry. The physical, chemical and organic carbon attributes of the soil were evaluated. It was concluded that the agroforestry system had a

higher average of total organic carbon compared to monoculture, in addition to presenting greater availability of nutrients and increased content of organic matter. The physical attributes of the soil showed no statistical difference between treatments.

Keywords: Sustainability; coffee-avocado integration; carbon sequestration.

INTRODUÇÃO

O maior reservatório de carbono (C) atmosférico em ambiente terrestre é o solo (IPCC 2007; SMITH et al. 2008). O armazenamento do C na biosfera terrestre é uma técnica biótica estratégica para mitigar as emissões de gases de efeito estufa (IPCC 2007) que podem promover o aquecimento global no século XXI de 1,7 a 4,8°C.

O sistema agroflorestal (SAF) maximiza a produção agrícola sustentável e potencializa o sequestro de carbono orgânico no solo (COS). Têm por objetivo central alargar a produtividade e a eficiência do uso e manejo da terra, além de apresentar potencial para sequestrar maiores volume de C que sistemas não arbóreos (ALBRECHT e KANDJI 2003; DUBE et al. 2011; NAIR, 2013). Estima-se que o solo em escala mundial armazena de 1500 a 2400 Pg, estes valores são três vezes mais que o armazenado na biomassa acima do solo (DUARTE-GUARDIA et al. 2018). Estudos em SAF de cafeeiro com seringueira comparados ao cafeeiro aberto mostrou aumento no estoque de carbono de 148,34 para 195,6 Mg ha⁻¹ (ZARO et al., 2020). Também se obteve resultados satisfatórios nos sistemas integrados de cafeeiro com Albizia, onde o armazenamento de C no solo foi de 81 Mg ha⁻¹ no sistema sombreado contra 22,9 Mg ha⁻¹ para o cultivo a pleno sol (DOSSA et al., 2008).

A adoção do SAF no Brasil, prevê uma expansão da área utilizada em 4 milhões de hectares até 2020 (BRASIL, 2013). Os sistemas integrados são capazes de aumentar significativamente a serapilheira, a taxa de infiltração relativa da água no solo, a diminuição da erosão (MEYLAN et al., 2017) e consequente aumento do estoque de carbono. A introdução de árvores proporciona efeito positivo nos

atributos físicos, químicos, biológicos e influência a sua capacidade produtiva (LAL, 2004; GHOSH et al., 2010; MELLONI et al., 2018). A magnitude desses efeitos no solo depende da entrada e acúmulo de matéria orgânica no solo (MOS).

Estudos sobre MOS demonstra que a alta entrada de resíduos de plantas é uma estratégia para favorecer o armazenamento de COS (BAYER et al., 2006; COTRUFO et al., 2013, 2015; SÁ et al., 2017; VELOSO et al., 2018; LUZ et al., 2019). A diminuição do CO₂ atmosférico pode ocorrer por meio da redução de emissões ou pela fixação do solo, sendo que os estoques de COS variam conforme a vegetação, o solo e as condições climáticas (SOMMER e De PAUW, 2011).

No entanto, pouco se sabe sobre o armazenamento do estoque de C no solo de SAF com cafeeiro e abacateiro que, no que lhe concerne, tem sido utilizado comercialmente nas regiões de cafeicultura no Brasil, com implicações promissoras. Tal integração contribuiu para a melhoria da qualidade microbiana do solo, aumento da biomassa e redução do estresse microbiano (PAVAN et al., 2018).

Os sistemas cafeeiros agrofloretais podem ser uma alternativa sustentável para minimizar os efeitos negativos causados pelo uso intensivo da terra. Portanto, fez-se necessário estudar as implicações de um sistema agroflorestal composto por cafeeiros e abacateiros nas propriedades físicas, sobretudo nos teores e estoques de COS, em comparação com o cafeeiro em monocultivo no Sudoeste mineiro.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está situada no município de São Pedro da União, sudoeste Mineiro, com latitude/longitude: S 21° 8' 43,4688" W e altitude aproximada de 1.112 m. De acordo com Köppen e Geiger, o clima da região é classificado como subtropical de altitude com pluviosidade média anual de 1508 mm e temperatura média anual de 19,2 °C.

O delineamento experimental adotado foi em blocos causalizados, com quatro tratamentos (cafeeiro solteiro, linha, cafeeiro solteiro entrelinha, agrofloresta linha e agrofloresta entrelinha) e quatro repetições cada. O SAF é composto por cafeeiros

da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 de 29 anos, espaçados em 4,2 m entrelinhas e 2,1 m entre plantas e abacateiros da espécie Margarida e Breda de 7 anos, presentes na mesma rua de plantio espaçados em 11,4 m.

As amostragens de solo e temperatura foram retiradas em profundidade de 0,0-0,5 m na linha e entrelinha pelo anel volumétrico de Kopecky (h: 47,9 mm; D: 40,4 mm e d: 40 mm). Além da coleta de uma amostra de solo deformada para análise de COS. A temperatura foi obtida por um amostrador digital. Para a determinação dos atributos físicos do solo foram separadas 20g de cada amostra para serem secas ao ar e peneiradas em malha 2 mm. A densidade de partículas foi determinada pelo método do balão volumétrico, de acordo com a EMBRAPA (1997), o volume foi tido pela expressão matemática: ($v = 50$ mL leitura) e a Densidade de partículas (D_p) pelo cálculo: $D_p = M_s / v$ (Massa sólidos – g)/ v (cm^3). Já a densidade do solo (D_s) foi obtida seguindo a equação: $D_s = m/v$. E a porosidade total por meio da equação: $VTP = 100(1 - D_s/D_p)$. Os estoques de COS foram obtidos através da multiplicação de seus teores (%) pela D_s e pela espessura da camada, conforme a fórmula: $COS = (C \cdot D_s \cdot v)$.

Os tratamentos foram submetidos ao teste Tukey-Kramer e t a 5% de probabilidade pelo programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema agroflorestal (71,9 t C/ha) apresentou maior média de carbono orgânico total(COT) comparado ao monocultivo (60,4 t C/ha), conforme apresentado na Tabela 1. Demonstrando que a inclusão de árvores no sistema pode contribuir com aumento do estoque de COS através do aumento de serapilheira pelas arbóreas e pela densidade de raízes no solo(MEYLAN et al., 2017).

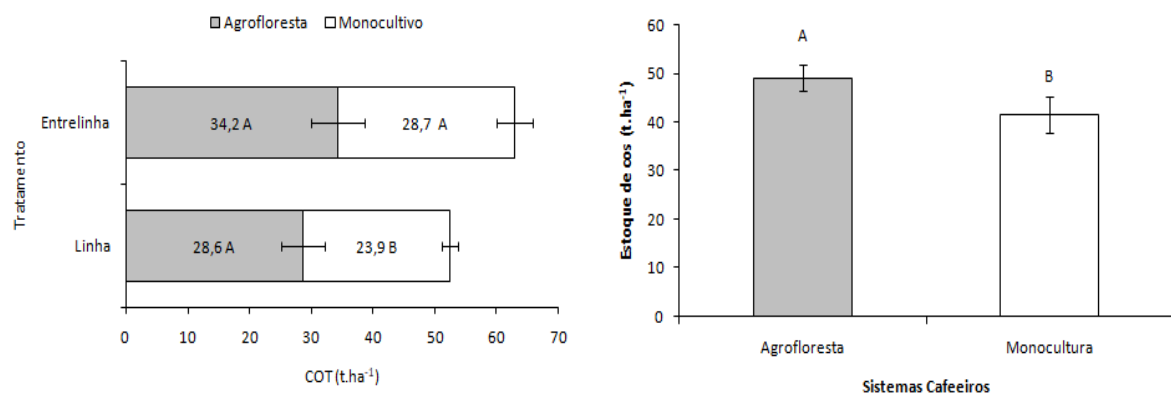
Tabela 1. Carbono orgânico do solo sob diferentes sistemas cafeeiros.

Sistemas cafeeiros	Práticas de manejo da terra	Média COT (t C/ha)	Erro Padrão
Agrofloresta	Terreno plantado com árvores de abacate na entrelinha	71,9 a	5,561
Monocultivo	Terreno plantado somente com cafeeiros	60,4 b	3,629

Os estoques de COS apresentaram diferença significativa dentre às duas práticas de cultivo, sendo encontrado para o agrofloresta 49,1 t. ha⁻¹ e para o monocultivo 41,4 t. ha⁻¹. As diferenças tornam-se mais evidentes quando comparadas as posições de amostragem, é notório, maiores valores para o sistema agroflorestal (Figura 2). A introdução de plantas com sistema radicular mais profundo e que proporcionem uma arquitetura com maior volume de raízes permitem alargar de modo significativo a equilíbrio de COS através do acrescentamento da alocação de carbono no subsolo (KELL, 2011).

Os resultados verificados nesse estudo quanto ao manejo da terra sinalizam o potencial para sequestrar maiores volume de C que sistemas não arbóreos, como verificado na literatura para outros sistemas arbóreos (ALBRECHT e KANDJI 2003; DUBE et al. 2011; NAIR, 2013). A produção de serrapilheira nestes sistemas integrados aumentam a taxa de infiltração relativa da água no solo, a diminuição da erosão (MEYLAN et al., 2017) e assim aumento do estoque de carbono, como demonstrado neste estudo.

Figura 1. Médias do estoque de carbono orgânico do solo sob diferentes sistemas cafeeiros.

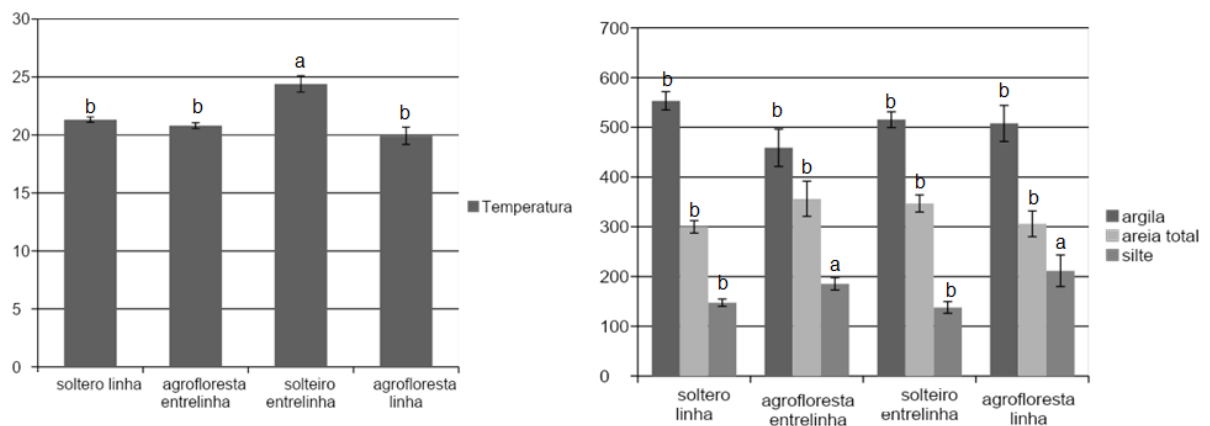


Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna não diferem entre si pelo Teste *t* a 5% de probabilidade.

Em relação à textura, apenas os valores de silte foram significativos no sistema agroflorestal. No entanto, não houve interferência na classificação, sendo classificados como textura argilosa nos dois sistemas de cultivo. De acordo com Jagadamma e Lal (2010) a maior parte do COS está presente na fração argila, logo, solos argilosos favorecem a fixação do mesmo.

A maior média de temperatura observada foi para o sistema solteiro na entrelinha (Figura 4). Tal resultado é esperado por se tratar da área mais exposta à radiação solar. A temperatura do solo é de grande relevância para o funcionamento do ecossistema. A cobertura vegetal definida pelo manejo apresenta relação direta com a quantidade de radiação que atinge a superfície, tendo influência no armazenamento da energia no solo (CARNEIRO et al., 2014).

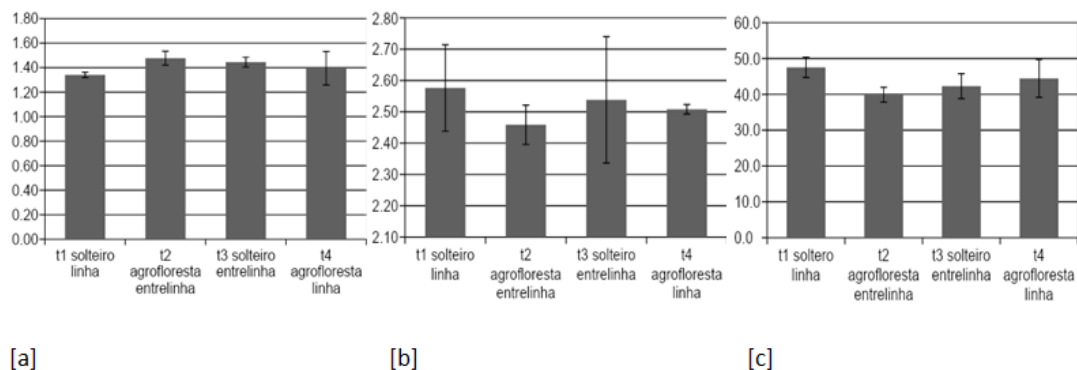
Figura 2. Classificação da textura do solo de acordo com as médias das partículas areia total, silte e argila e temperatura do solo em diferentes sistemas de cultivo.



Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo Teste Tukey-Kramer a 5% de probabilidade.

Em contrapartida, as variáveis: Densidade do Solo (D_s), Densidade de Partículas (D_p) e Porosidade Total não apresentaram diferença significativa dentre os tratamentos analisados pelo teste Tukey-Kramer a 5% de probabilidade. Tal resultado demonstra que todos os tratamentos apresentam o mesmo potencial físico para o sequestro de COS.

Figura 3. Médias para Densidade do solo (g/cm^3) [a], Densidade de Partículas (g/cm^3) [b], Porosidade do solo (%) [c] sob diferentes sistemas cafeeiros.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o sistema agroflorestal composto por cafeeiros e abacateiros apresenta maior média de carbono orgânico total e de estoques em comparação ao cafeeiro em monocultivo.

O sistema agroflorestal estudado obteve potencial para o sequestro de carbono no solo e conseqüentemente contribuiu para um cultivo mais sustentável.

REFERÊNCIAS

- ALBRECHT, A.; KANDJI, S.T. **Carbon sequestration in tropical agroforestry systems**. Agric Ecosyst Environ, 2003.
- BAYER, C.; et al. **A method for estimating coefficients of soil organic matter dynamics based on long-term experiments**. SoilTill. Res, 2006.
- BRASIL. Comitê Interministerial Sobre Mudança do Clima. **Plano Nacional sobre Mudança do Clima**. Brasília, 2013.
- CARNEIRO, R. G.; et al. **Variabilidade da temperatura do solo em função da liteira em fragmento remanescente da Mata Atlântica**. Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental, 2014.
- COTRUFO, M. F.; et al. **Formation of soil organic matter via biochemical and physical pathways of litter mass loss**. Nat. Geosci., 2015

COTRUFO, M.F.; et al. **The microbial efficiency-matrix stabilization (MEMS) framework integrates plant litter decomposition with soil organic matter stabilization: do labile plant inputs form stable soil organic matter?** Glob. Change Biol. Bioenergy, 2013.

DOSSA, E.L.; et al. **Above and belowground biomass, nutrient and carbon stocks contrasting an open-grow and shaded coffee plantation.** Agrofor Syst, 2008.

DUARTE-GUARDIA, S.; et al. **Better estimates of soil carbon from geographical data: a revised global approach.** Mitig Adapt Strateg Glob Change, 2018.

DUBE, F.; et al. Carbon sequestration potential of silvo pastoral and other land use systems in the Chilean Patagonia. In: KUMAR BM, NAIR PKR (eds). **Carbon sequestration potentials of agroforestry systems: opportunities and challenges**, 2011.

GHOSH, S.; et al. **Changes in soil organic carbon pool in three long-term fertility experiments with different cropping systems and inorganic and organic soil amendments in the eastern cereal belt of India.** Arid. Soil Res. Rehabil, 2010.

IPCC (2007) Climate Change 2007. **Mitigation of climate change.** Inter governmental panel of climate change. Special report. Cambridge University Press, Cambridge, USA, 2007.

JAGADAMMA, S.; LAL, R. **Distribution of organic carbon in physical fractions of soils as affected by agricultural management.** Biology and Fertility of Soil, 2010.

KELL, D. K. **Breeding crop plants with deep roots: their role in sustainable carbon, nutrient and water sequestration.** Annals of Botany, 2011.

LAL, R. **Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security.** Science 304 (5677), 2004.

LAL, R.; et al. **The carbon sequestration potential of terrestrial ecosystems.** Journal of Soil and Water Conservation, 2018.

LUZ, F.B.; et al. **Monitoring soil quality changes in diversified agricultural cropping systems by the Soil Management Assessment Framework (SMAF) in southern Brazil.** Agric. Ecosyst. Environ, 2019.

MELLONI, R.; et al. **Sistemas agroflorestais cafeeiro-araucária e seu efeito na microbiota do solo e seus processos.** Santa Maria: Ciência Floresta, 2018.

MEYLAN, L. et al. **Evaluating the effect of shade trees on provision of ecosystem services in intensively managed coffee plantations.** Agric Ecosyst Environ, 2017.

NAIR, P. K. R. **Agroforestry: trees in support of sustainable agriculture**. In: Elias SA, Marshall S, Goldstein M et al (eds) Reference module in earth systems and environmental sciences. London: Elsevier, 2013.

PAVAN, B. S.; et al. **Sistema agroflorestal cafeeiro-abacateiro e seus efeitos na qualidade do solo**. Revista Brasileira de Geografia Física, 2018.

SÁ, J.C.M.; et al. **Low carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security**, 2017.

SMITH, P.; et al. **Greenhouse gas mitigation in agriculture**. Philos Trans R Soc B BiolSci, 2008.

SOMMER, R. e De Pauw, E. **Organic carbon in soils of Central Asia, status quo and potentials for sequestration**. PlantSoil, 2011.

VALOIS, A.C.C. **Benefícios e estratégias de utilização sustentável da Amazônia**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2003.

VELOSO, M.G.; et al. **Legume cover crops under no-tillage favor organomineral association in micro aggregate sand soil C accumulation**. SoilTill. Res., 2019

ZARO, G.C.; et al. **Carbon sequestration in an agroforestry system of coffee with rubber trees compared to open-grown coffee in southern Brazil**. Agroforest Syst, 2020.

AUTORES:

Lorena Flávia Silva, Graduanda em Engenharia Agrônoma da Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG, Unidade Passos.
E-mail: silvalorena27@hotmail.com

Franciane Diniz Cogo, Mestre em Ciência do Solo pela Universidade Federal de Lavras. Graduanda em Engenharia Agrônoma pelo Centro Universitário do Sul de Minas. Professora área de Geologia da Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG, Unidade Passos.
E-mail: franciane.diniz@uemg.br