

MODELOS PREDITIVOS PARA ESTIMAR O ESTOQUE DE CARBONO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

M. F. M. MARÇAL¹, L.P. BEZERRA², Z. M. SOUZA³, C. V. V. FARHATE⁴, E. S. LIMA⁵, L. H. LOVERA⁶.

¹ Eng. Florestal, Mestra, Faculdade de Engenharia Agrícola - FEAGRI, UNICAMP, Campinas - SP, Fone: (0XX19) 3521-1111, femagioni@gmail.com;

² Eng. Agrônoma, Doutoranda, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP;

³ Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP;

⁴ Eng. Agrônoma, Pós-doutoranda, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP;

⁵ Eng. Florestal, Doutorando, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP;

⁶ Eng. Agrônomo, Doutorando, FEAGRI/UNICAMP, Campinas-SP.

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: Dada à importância dos Sistemas Agroflorestais (SAF) em mitigar emissões de gases promotores do efeito estufa e promover a manutenção da produtividade agrícola, objetivou-se por meio desse estudo avaliar o estoque de carbono destes sistemas usando como referência uma área de pastagem e um fragmento florestal em regeneração natural e, em adição, prever a partir de variáveis físico-químicas do solo, por meio do algoritmo Random Forest, o estoque de carbono em diferentes sistemas de uso do solo. O estudo foi conduzido no município de Itirapina-SP, em uma área de Neossolo Quartzarênico, com o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos definidos foram: (I) SAF pecuária; (II) SAF fruticultura; (III) Pastagem convencional; e (IV) Fragmento florestal. Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo para análise de atributos físico-químicos, durante dois anos agrícolas consecutivos nas profundidades de 0,00-0,05 e 0,05-0,10m. Os resultados nos levaram a concluir que os SAF desenvolvidos tanto para a fruticultura como pecuária são mais eficientes em estocar carbono no solo, do que uma área de pastagem e um fragmento florestal.

PALAVRAS-CHAVE: atributos físico-químicos do solo, sistema de uso do solo, Random Forest.

PREDICTIVE MODELS FOR ESTIMATING CARBON STOCK IN AGROFLORESTATIC SYSTEMS

ABSTRACT: Given the importance of Agroforestry Systems (SAF) in mitigating greenhouse gas emissions and promoting the maintenance of agricultural productivity, the objective of this study was to evaluate the carbon stock of these systems using as reference a pasture area and a fragment forest in natural regeneration and, in addition, to predict from the physical-chemical variables of the soil, through the algorithm Random Forest, the carbon stock in different systems of land use. The study was conducted in the municipality of Itirapina-SP, in an area of Entisol Quartzipsamment, with a completely randomized design, with four treatments and six replicates. The treatments defined were: (I) SAF livestock; (II) SAF fruit growing; (III) Conventional grazing; and (IV) Forest fragment. Deformed and undeformed

soil samples were collected for physical-chemical attributes analysis, during two consecutive agricultural years at depths of 0.00-0.05 and 0.05-0.10m. The results have led us to conclude that SAFs developed for both fruit and livestock are more efficient in storing carbon in the soil than a pasture area and a forest fragment.

KEYWORDS: physical-chemical soil attributes, soil use system, Random Forest.

INTRODUÇÃO: Atualmente a utilização de sistemas agroflorestais visando alcançar máximos benefícios agronômicos pela maior eficiência na utilização dos recursos, tais como nutrientes, luz, captação e utilização de água, tem recebido grande atenção devido sua contribuição para mitigar mudanças climáticas por meio do sequestro de carbono orgânico no solo (LORENZ e LAL, 2014). O sequestro de carbono contribui para o aumento da matéria orgânica do solo, que por sua vez desempenha um papel importante na manutenção da produtividade agrícola, por promover melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos, permitindo um aumento na produtividade e redução de gastos com irrigação, fertilizantes, condicionadores de solo e outros insumos agrícolas. Dessa forma, a compreensão da dinâmica e armazenamento de carbono no solo, principalmente em sistemas agroflorestais, é essencial para a direção de políticas públicas voltadas à disseminação dessas práticas agrícolas (CONCEIÇÃO et al., 2017).

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi conduzido em uma área experimental, nas dependências da Fazenda da Toca, localizada no município de Itirapina-SP, nas coordenadas geográficas de 22°12' de latitude sul e 47°44' de longitude oeste, com altitude aproximada de 800 m. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com seis repetições e quatro sistemas de uso do solo, a saber: i) sistema agroflorestal desenvolvido para pecuária (SAF1); ii) sistema agroflorestal desenvolvido para fruticultura (SAF2); iii) área utilizada como pasto (Pasto); e, iv) fragmento florestal em processo de regeneração natural (Mata). Todos os sistemas de uso estão compreendidos sob o mesmo tipo de solo, cuja classificação é de Neossolo Quartzarênico, com textura arenosa. Ambos os sistemas de uso do solo foram implantados em áreas anteriormente ocupadas pelo cultivo de cana-de-açúcar até 2011, com exceção do fragmento florestal que se encontra em processo de regeneração natural há mais de 35 anos.

Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo para análise de variáveis físico-químicas, durante dois anos agrícolas consecutivos, sendo a primeira coleta realizada no segundo trimestre de 2016 e a segunda, no segundo trimestre de 2017.

As coletas de solo foram realizadas nas profundidades de 0,00-0,05, 0,05-0,10 m. Nos SAFs 1 e 2 as coletas foram realizadas em três regiões de amostragem: i) leiras de plantio (L); ii) faixas de influência das leiras (I); e iii) entrelinhas (E). Entretanto, no SAF1, foi realizada adicionalmente uma coleta nas entrelinhas de 12 metros projetadas para o pastejo dos animais (E12). Para as áreas de pasto e mata, devido à homogeneidade dessas áreas, não ocorreram subdivisões em regiões de amostragem, sendo realizadas as coletas de solo em seis repetições, em cada profundidade, distribuídas aleatoriamente nessas áreas.

A determinação da densidade do solo (Ds), macroporosidade (Macro) e microporosidade (Micro) foi realizada de acordo com as metodologias da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2017). Além disso, foram realizadas análises químicas do solo de acordo com a metodologia proposta por Raij et al. (2001). Os micronutrientes foram extraídos conforme metodologia descrita por Lindsay e Norwell (1978).

A determinação dos teores de C e N foram realizadas de acordo com Nelson e Sommers (1996).

Para cada camada de solo amostrada foram calculados os estoques de C e N (em Mg ha⁻¹), multiplicando a concentração de cada elemento (%) pela Ds (g cm⁻³) e, pela espessura da camada (cm). Os valores de estoque de carbono encontrados foram corrigidos com base em massa equivalente, de acordo com a metodologia proposta por Ellert e Bettany (1995).

O banco de dados completo foi composto por 21 variáveis, sendo 20 variáveis preditivas e uma variável-meta ou variável resposta, a qual se refere ao estoque de carbono do solo. Para fins de indução do modelo o banco de dados completo foi subdividido em dois subconjuntos de dados, ou seja, um para cada profundidade de amostragem, 0,00-0,05, 0,05-0,10 m.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Primeiramente foi realizada uma análise descritiva, utilizando gráficos boxplot, para entender o comportamento do estoque de carbono do solo (variável resposta), em relação a cada sistema de uso do solo avaliado.

De modo geral, a área cultivada com pastagem apresentou o menor estoque de carbono quando comparada aos demais sistemas de uso do solo, seguida pela área de mata. O SAF 2 L se destacou em relação aos outros sistemas de uso do solo por apresentar maiores valores de mediana para o estoque de carbono do solo, onde foram observados valores de 7,73 e 7,09 Mg ha⁻¹ nas camadas de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m, respectivamente.

Esses resultados estão de acordo com Cardinael et al. (2017) que demonstraram elevado potencial dos sistemas agroflorestais para aumentar o estoque de carbono tanto no solo quanto na biomassa das árvores sob diferentes condições pedoclimáticas na França.

Quanto à importância relativa das variáveis preditoras, de acordo com a Figura 1, o estoque de nitrogênio é a variável mais importante para prever o estoque de carbono do solo, seguido pelo sistema de uso do solo empregado na área. Esse resultado é semelhante ao encontrado por Were et al. (2015), que utilizaram diversas abordagens envolvendo modelagem preditiva e, observaram que as concentrações de nitrogênio total foi a variável que mais contribuiu para explicar os padrões espaciais dos estoques de carbono do solo.

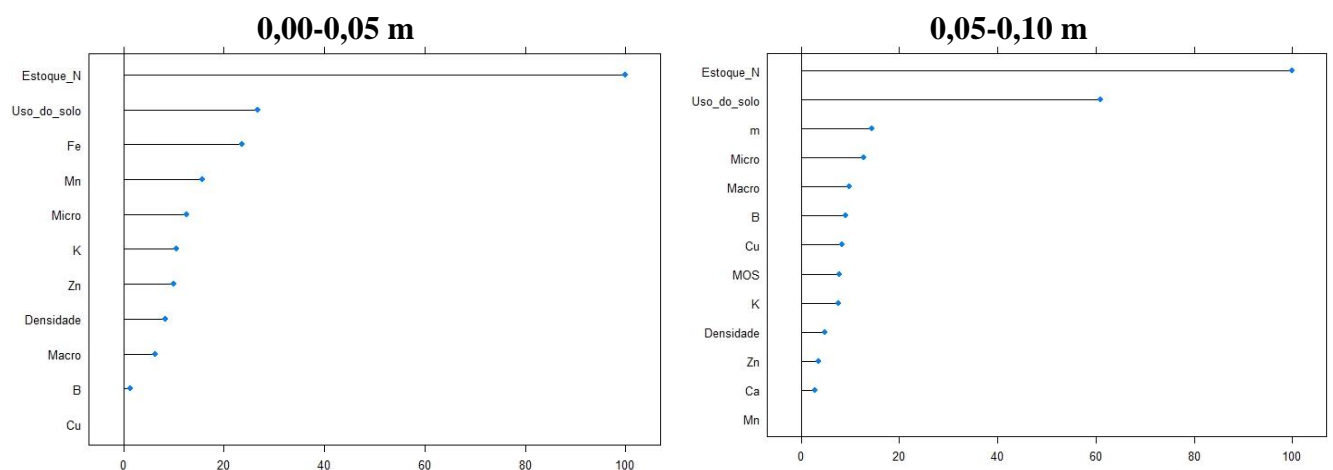


FIGURA 1. Importância relativa das variáveis físico-químicas do solo utilizadas para prever o estoque de carbono do solo por meio do modelo Random Forest. Macro = macroporosidade; Micro = microporosidade; MOS = matéria orgânica do solo; pH = potencial hidrogeniônico; P = teor de fósforo disponível; K = teor de potássio; Ca = teor de cálcio; Mg = teor de magnésio; m = acidez potencial; CTC = capacidade de troca de cátions; B = teor de Boro; Cu = teor de cobre; Fe = teor de ferro; Mn = teor de manganês; Zn = teor de zinco e Estoq.N = estoque de nitrogênio.

A segunda variável com maior influência sobre a predição do estoque de carbono foi o uso do solo. A ciência atual evidencia que o uso do solo e a mudança no uso da terra são os fatores mais importantes determinantes dos estoques e sequestro de carbono em curto prazo, uma vez que o estoque de carbono do solo leva de décadas a séculos para se acumular, mas as perdas

de carbono resultantes das mudanças no uso da terra podem ocorrer rapidamente em poucos anos e são extremamente difíceis de serem revertidas (OSTLE et al., 2009).

Outro resultado importante foi que os modelos gerados a partir das variáveis físico-químicas do solo e do algoritmo Random Forest apresentaram elevado potencial para prever o estoque de carbono, sendo os modelos gerados sensíveis a diferentes sistemas de uso do solo.

CONCLUSÕES: Sistemas agroflorestais desenvolvidos tanto para a fruticultura como pecuária são mais eficientes em estocar carbono no solo, do que uma área de pastagem e um fragmento florestal em regeneração natural. O estoque de nitrogênio e o sistema de uso do solo são as variáveis mais importantes para estimar o estoque de carbono a partir de variáveis físico-químicas do solo por meio do algoritmo Random Forest. Os modelos preditivos gerados a partir das variáveis físico-químicas do solo e do algoritmo Random Forest apresentaram elevado potencial para prever o estoque de carbono do solo e, são sensíveis a diferentes sistemas de uso do solo.

REFERÊNCIAS:

CARDINAEL, R.; CHEVALLIER, T.; CAMBOUAD, A.; BÉRAL, C.; BARTHÈS, B.G.; DUPRAZ, C.; DURAND, C.; KOUAKOUA, E.; CHENU, C. Increased soil organic carbon stocks under agroforestry: a survey of six different sites in France. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.236, p.243-255, 2017.

CONCEIÇÃO, M.G.; MATOS, E.S.; BIDONE, E.D.; RODRIGUES, R.A.R.; CORDEIRO, R.C. Changes in soil carbon stocks under integrated crop-livestock-forest system in the Brazilian Amazon Region. **Agricultural Sciences**, v.8, p.904-913, 2017.

ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, v.75, p.529-538, 1995.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de Métodos de Análise de Solos. 3ª edição revista e ampliada, Brasília: Embrapa, 573p. 2017.

LINDSAY, W.L.; NORWELL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. **Soil Science Society of America Journal**, v.42, p.421-428, 1978.

LORENZ, K.; LAL, R. Soil organic carbon sequestration in agroforestry systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.34, p.443-454, 2014.

NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. **Total carbon, organic carbon, and organic matter**. In: Methods of Soil Analysis, p. 961-1010, 1996.

OSTLE, N.J.; LEVY, P.E.; EVANS, C.D.; SMITH, P. UK land use and soil carbon sequestration. **Land Use Policy**, v.26, p. 274-283, 2009.

RAIJ, B. V; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001, 285 p.

WERE, K.; BUI, D.T.; DICKA, Y.B.; SINGH, B.R. A comparative assessment of support vector regression, artificial neural networks, and random forests for predicting and mapping soil organic carbon stocks across an Afrotropical landscape. **Ecological Indicators**, v.52, p.394-403, 2015.