

EMISSÃO DE CO₂ DO SOLO E SUA RELAÇÃO COM ATRIBUTOS DO SOLO EM USOS DA TERRA CONTRASTANTES NO BIOMA CERRADO

KLEVE FREDDY FERREIRA CANTERAL¹, ARIANIS IBETH SANTOS NICOLELLA², WANDERSON BENERVAL DE LUCENA³, FREDERICO LUIZ SIANSI⁴, NEWTON LA SCALA JR.⁵, ALAN RODRIGO PANOSSO⁶

¹ Eng. Ambiental, Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo), Depto. de Engenharia e Ciências Exatas, FCAV/Unesp, Jaboticabal – SP, kleve.canteral@unesp.br.

² Eng. em Manejo de Bacias Hidrográficas e Ambiente, Doutoranda em Agronomia (Ciência do Solo), Depto. de Engenharia e Ciências Exatas, FCAV/Unesp, Jaboticabal – SP, santos.nicolella@unesp.br

³ Eng. Agrônomo, Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo), Depto. de Engenharia e Ciências Exatas, FCAV/Unesp, Jaboticabal – SP, wanderson.lucena@unesp.br

⁴ Eng. Agrônomo, Doutorando em Agronomia (Ciência do Solo), Depto. de Engenharia e Ciências Exatas, FCAV/Unesp, Jaboticabal – SP, frederico.siansi@unesp.br

⁵ Bacharel em Física, Prof. Titular Doutor, Depto. de Engenharia e Ciências Exatas, FCAV/Unesp, Jaboticabal – SP, la.scale@unesp.br

⁶ Eng. Agrônomo, Prof. Assist. Doutor, Depto. de Engenharia e Ciências Exatas, FCAV/Unesp, Jaboticabal – SP, alan.panosso@unesp.br

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: As mudanças de uso da terra e floresta (LUFC) podem desencadear alterações nos atributos do solo e na dinâmica de carbono (C). O objetivo desta pesquisa foi investigar a emissão de CO₂ do solo (FCO₂) e sua relação com os atributos do solo após 36 anos de conversão de florestas nativas para agroecossistemas no bioma Cerrado, Brasil Central. O estudo foi realizado no município de Selvíria, Mato Grosso do Sul, em áreas reflorestadas com *Eucalyptus camaldulensis* (RE), com espécies nativas do bioma Cerrado (REN) e pastagem manejada com *Brachiaria decumbens* (PM). O FCO₂ médio para a REN (2,74 μmol m⁻² s⁻¹) foi 9,6% superior ao RE (2,50 μmol m⁻² s⁻¹) e 20,7% a PM (2,27 μmol m⁻² s⁻¹). A temperatura do solo (Ts) foi significativamente maior (p < 0,01) para PM (26,6 °C), enquanto a umidade do solo (Us) foi maior para REN (4,5%). FCO₂ e Us mostraram correlação negativa em todos os usos da terra. A conversão para pastagem manejada promoveu melhoria nos atributos químicos do solo, bem como menores perdas de C via CO₂ do solo e, portanto, representa um sistema sustentável para atuar como sumidouro de C e mitigar as emissões de gases de efeito estufa oriundas do setor agropecuário.

PALAVRAS-CHAVE: respiração do solo, gases de efeito estufa, mudança climática.

SOIL CO₂ EMISSION AND ITS RELATION TO SOIL ATTRIBUTES IN CONTRASTING LAND USES IN THE CERRADO BIOME

ABSTRACT: Land use and forest change (LUFC) can trigger changes in soil attributes and carbon (C) dynamics. The objective of this research was to investigate soil CO₂ emission (FCO₂) and its relationship with soil attributes after 36 years of conversion of native forests to agroecosystems in the Cerrado biome, Central Brazil. The study was carried out in the municipality of Selvíria, Mato Grosso do Sul, in areas reforested with *Eucalyptus camaldulensis* (RE), with native species from the Cerrado biome (REN) and managed pasture with *Brachiaria decumbens* (PM). The mean FCO₂ for REN (2.74 μmol m⁻² s⁻¹) was 9.6% higher than RE (2.50 μmol m⁻² s⁻¹) and 20.7% higher for PM (2.27 μmol m⁻² s⁻¹). Soil temperature (Ts) was significantly higher (p < 0.01) for PM (26.6 °C), while soil moisture

(Us) was higher for REN (4.5%). FCO₂ and Us showed negative correlation in all land uses. Conversion to managed pasture promoted improvement in soil chemical attributes, as well as lower losses of C via soil CO₂ and, therefore, represents a sustainable system to act as a C sink and mitigate greenhouse gas emissions from the agricultural sector.

KEYWORDS: soil respiration, greenhouse gases, climate change.

INTRODUÇÃO: A contribuição de fontes antropogênicas tem aumentado consideravelmente a concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, especialmente o dióxido de carbono (CO₂) (PAUSTIAN et al., 2016). Segundo o Painel Intergovernamental de Mudança Climática (IPCC, 2014), o CO₂ representa cerca de 65% das emissões globais de GEE, sendo 24% (10-12 Pg CO₂ equivalente ano⁻¹; 1 Pg = 10¹⁵ g) provenientes dos setores de Agricultura, Silvicultura e Outros Usos da Terra (AFOLU). Nesse contexto, desde 2010 o Brasil tem implementado o Plano de Agricultura de Baixo Carbono (ABC) para incentivar práticas agrícolas sustentáveis por meio da adoção de diferentes sistemas, incluindo florestas plantadas e pastagem manejada. A emissão de CO₂ do solo (FCO₂) ou respiração do solo é um processo bioquímico resultante da atividade microbiana (oxidação química) e respiração das raízes das plantas (USSIRI & LAL, 2009). Esse processo representa um componente crítico do ciclo global de carbono (C), sendo regulado por mecanismos de produção e transporte de gases do solo à atmosfera (XAVIER et al., 2020). Entretanto, poucos trabalhos buscam compreender o efeito da conversão a longo prazo de florestas nativas para agroecossistemas quanto as alterações nos atributos do solo e perdas de C via CO₂. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi investigar a emissão de CO₂ do solo e sua relação com os atributos do solo após 36 anos de conversão de florestas nativas para agroecossistemas no bioma Cerrado, Brasil Central.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado em uma fazenda experimental localizada no município de Selvíria, Mato Grosso do Sul (MS), Brasil Central (20° 20' 53" de latitude Sul e 51° 23' 55" longitude Oeste) a 354 m acima do nível do mar. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho (Haplic Acrustox) (Soil Survey Staff, 2014). O clima é definido como C1dAa', o que caracteriza uma região subúmida seca (Thorntwaite, 1948), com médias anuais de precipitação e temperatura de 1.300 mm e 23,5 °C, respectivamente. Em 1986, as áreas avaliadas no presente estudo foram convertidas para os seguintes usos da terra: floresta plantada de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*); reflorestamento com 21 espécies nativas do bioma Cerrado; e pastagem, na qual foi usada o capim *Brachiaria decumbens*. As avaliações da emissão de CO₂ do solo (FCO₂), temperatura do solo (Ts) e umidade do solo (Us) foram realizadas simultaneamente nas três áreas ao longo de duas semanas (13 a 20 de julho de 2022) entre 7 às 12 h. Foram estabelecidos 18 pontos de amostragem em cada agroecossistema, por meio de colares de cloreto de polivinila (PVC). A FCO₂ foi avaliada por meio de um sistema de fluxo de solo (LI-8100; LI-COR Bioscience, NE, EUA). A Ts foi determinada usando um termômetro digital e a Us foi medida por meio de um equipamento de reflectometria no domínio do tempo (TDR) (HydrosenseTM Campbell Scientific, Austrália). Amostras de solo deformadas e não deformadas foram coletadas na profundidade de 0-0,2 m, nos locais próximos aos colares de PVC para determinação dos atributos químicos e físicos do solo. Os teores de cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺), potássio (K⁺), acidez potencial (H + Al) e matéria orgânica do solo (MOS) foram realizados segundo Raij et al. (2001). O carbono orgânico do solo (COS) foi estimado dividindo-se a MOS por 1,724. A densidade do solo (Ds), microporosidade, macroporosidade, volume total de poros (VTP) e teor de argila foram determinadas de acordo com Embrapa (1997). Os resultados foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de probabilidade. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey (p < 0,05) e, posteriormente,

foi feita a matriz de correlação de Pearson ($p < 0,05$). O processamento de dados foi feito em ambiente R e Python.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A emissão média de CO_2 do solo foi significativamente maior ($F = 7,28$; $p < 0,01$) para REN ($2,74 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), o que correspondeu a um aumento de 9,6% em comparação ao RE ($2,50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e 20,7% em relação a PM ($2,27 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; FIGURA 1). As maiores perdas de C via CO_2 do solo para REN provavelmente estão associadas à maior diversidade microbiológica desses ambientes e maior respiração das raízes das plantas, uma vez que esse processo decorre da mineralização da matéria orgânica, realizada por microrganismos do solo (USSIRI & LAL, 2009). A Ts foi maior ($p < 0,01$) para a pastagem ($26,6 \text{ }^\circ\text{C}$), devido a maior exposição do solo à radiação solar e, por consequência, maiores taxas de evapotranspiração. O efeito oposto foi observado para RE ($21,9 \text{ }^\circ\text{C}$) e REN ($21,0 \text{ }^\circ\text{C}$) (FIGURA 1), pois o dossel florestal atua como isolante térmico da temperatura incidida sobre o solo, reduzindo as perdas de água e proporcionando um microclima mais ameno. Em contraste, a maior Us foi observada para REN (6,2%), seguida da PM (4,3%) e RE (2,4%; FIGURA 1).

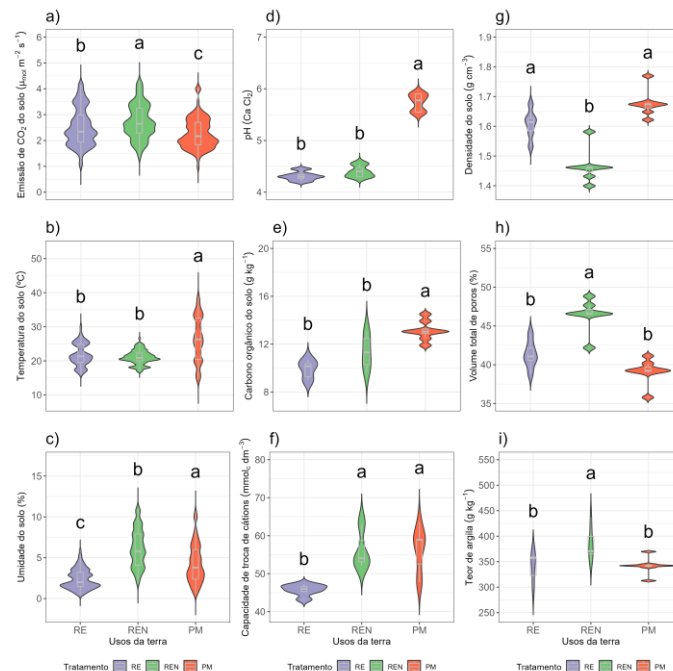


FIGURA 1. Gráficos de violino dos valores médios da a) emissão de CO_2 do solo (FCO_2), b) temperatura do solo (Ts), c) umidade do solo (Us), d) pH do solo, e) carbono orgânico do solo (COS), f) capacidade de troca de cátions (CTC), g) densidade do solo (Ds), h) volume total de poros (VTP) e i) teor de argila para o reflorestamento com eucalipto (RE), reflorestamento com espécies nativas (REN) e pastagem manejada (PM).

A FIGURA 1 mostra que os atributos pH ($5,7$), COS ($13,1 \text{ g kg}^{-1}$) e Ds ($1,68 \text{ g cm}^{-3}$) foram significativamente maiores ($p < 0,01$) para PM, enquanto a CTC foi semelhante entre REN ($55 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e PM ($55,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$), mas inferior para RE ($45,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Por outro lado, o VTP (46%) e teor de argila (386 g kg^{-1}) tiveram maiores valores médios para REN. Portanto, as práticas de manejo (calagem, adubação fosfatada) adotadas na área de pastagem tiveram efeito positivo reduzir/neutralizar a acidez dos solos, aumentar a quantidade de cátions básicos (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) e do teor de COS.

A emissão de CO_2 do solo foi inversamente relacionada com a Ts (REN e PM) e Us em todos os usos da terra (FIGURA 2). A temperatura do solo participa de importantes processos fisiológicos (evapotranspiração) e bioquímicos (atividade enzimática), regulando a velocidade

das reações químicas (WALLENSTEIN et al., 2010). Em adição, o baixo teor de água no solo, especialmente para a área de eucalipto, provavelmente limitou a respiração do solo (menor FCO₂), pois diversos processos intra e extracelulares são favorecidos ou inibidos pela disponibilidade de água no solo (FAIMON & LANG, 2018).

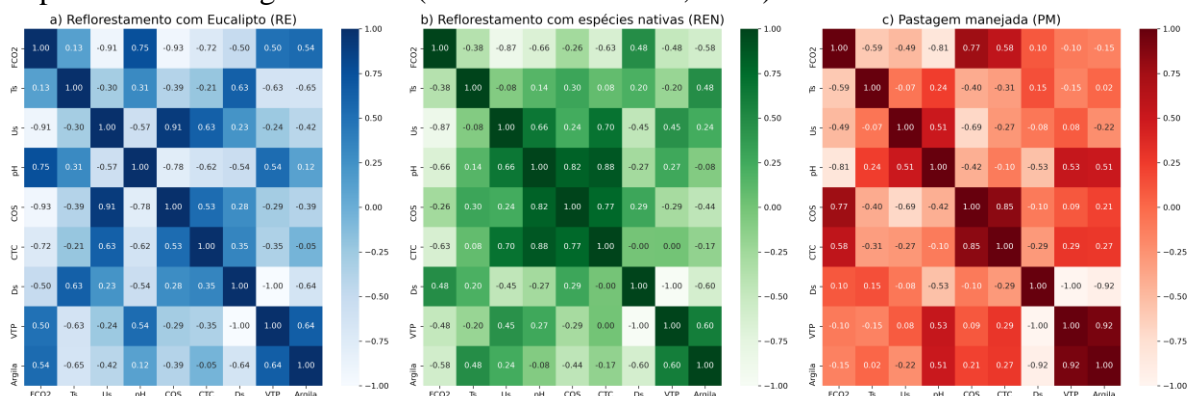


FIGURA 2. Matriz de correlação linear de Pearson ($p < 0,05$) para os diferentes usos da terra estudados. FCO₂: emissão de CO₂ do solo, Ts: temperatura do solo, Us: umidade do solo, COS: carbono orgânico do solo, CTC: capacidade de troca de cátions, Ds: densidade do solo e VTP: volume total de poros.

CONCLUSÕES: A conversão a longo prazo (36 anos) de florestas nativas para pastagem manejada promoveu melhoria nos atributos químicos do solo e apresentou menores perdas de C via CO₂ do solo, resultando em um agroecossistema potencialmente estratégico para atuar como sumidouro de carbono e mitigar as emissões de GEE oriundas do setor agropecuário.

AGRADECIMENTOS: À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES/001) pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por financiar parte desta pesquisa.

REFERÊNCIAS:

- FAIMON, J.; LANG, M. What actually controls the minute to hour changes in soil carbon dioxide concentrations?. *Geoderma*, v. 323, p. 52-64, 2018.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014. Climate Change 2014: Mitigation. Contribution of Working Group III. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. **Cambridge University Press**, Cambridge, United Kingdom and New York, NY.
- PAUSTIAN, K.; LEHMANN, J.; OGLE, S.; REAY, D.; ROBERTSON, G. P.; SMITH, P. Climate-smart soils. *Nature*, v. 532, n. 7597, p. 49–57, 2016.
- RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. **Instituto Agrônomo**, Campinas, p. 285, 2001.
- USSIRI, D. A. N.; LAL, R. Long-term tillage effects on soil carbon storage and carbon dioxide emissions in continuous corn cropping system from an alfisol in Ohio. *Soil and Tillage Research*, v. 104, n. 1, p. 39–47, 2009.
- WALLENSTEIN, M.; ALLISON, S. D.; ERNAKOVICH, J.; STEINWEG, J. M.; SINSABAUGH, R. Controls on the temperature sensitivity of soil enzymes: a key driver of in situ enzyme activity rates. *Soil enzymology*, p. 245-258, 2011.
- XAVIER, C. V.; MOITINHO, M. R.; TEIXEIRA, D. D. B.; SANTOS, G. A. A.; CORÁ, J. E.; LA SCALA JR., N. Crop rotation and sequence effects on temporal variation of CO₂ emissions after long-term no-till application. *Science of the Total Environment*, v. 709, p. 136107, 2020.