

## MODIFICADORES DA VISCOSIDADE DA SOLUÇÃO COMO REDUTORES DOS EFLUXOS DE CO<sub>2</sub> DO SOLO

**ARIANIS IBETH SANTOS NICOLELLA<sup>1,2</sup>, KLEVE FREDDY FERREIRA CANTERAL<sup>3</sup>, JOÃO CARLOS DOS SANTOS DUARTE<sup>4</sup>, FREDERICO LUIZ SIANSI<sup>5</sup>, LEONARDO FERNANDES FRACETO<sup>6</sup>, NEWTON LA SCALA JR.<sup>7</sup>**

<sup>1</sup> Eng. Manejo de Bacias Hidrográficas e Ambiente, estudante de doutorado Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do solo), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP, [santos.nicolella@unesp.br](mailto:santos.nicolella@unesp.br)

<sup>2</sup> Eng. Manejo de Bacias Hidrográficas e Ambiente, Professora Assistente, Dpto. de Suelo y Agua, Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agrpecuarias, Chiriquí – Panamá.

<sup>3</sup> Eng. Ambiental, estudante de doutorado Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do solo), FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP.

<sup>4</sup> Eng. Agrônomo, estudante de doutorado Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do solo), FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP.

<sup>5</sup> Eng. Agrônomo, estudante de doutorado Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do solo), FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP.

<sup>6</sup> Bachelor em química, Professor Associado, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, UNESP, Sorocaba – SP.

<sup>7</sup> Bachelor em Física, Prof. Doutor, Depto. De Ciências Exatas, FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP.

Apresentado no  
LIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2024  
6 a 8 de agosto de 2024 – Natal – RN, Brasil

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar modificadores da viscosidade da solução como redutores dos efluxos de CO<sub>2</sub> do solo (FCO<sub>2</sub>). Foram aplicados quatro tratamentos em lisímetros diferentes sem cobertura vegetal e solo caracterizado como Latossolo Vermelho: o controle (água) (C0), Goma guar (GG), Goma xantana (GX) e Hidroxietilcelulose (HEC) diluídos em água, mantendo igual viscosidade (15% maior que C0). Os FCO<sub>2</sub> foram avaliados durante 32 dias, mediante um espectrofotômetro portátil da série LI-COR Environmental (LI 8100). Os dados foram avaliados utilizando modelos lineares mistos. O FCO<sub>2</sub> médio de GG foi 11,04% maior do controle ( $1,63 \pm 0,09 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ( $p < 0,05$ ), no entanto os FCO<sub>2</sub> médios de HEC e GX foram 16,56% ( $p < 0,05$ ) e 28,83 % ( $p < 0,05$ ) menores que do controle, respectivamente. Pelo que considerasse que GG não foi o melhor modificador da solução, no entanto, HEC e GX poderiam ser considerados como redutores dos FCO<sub>2</sub> do solo em curto prazo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biopolímeros, manejo do solo, mudanças climáticas.

## EVALUATION OF SOLUTION VISCOSITY MODIFIERS AS REDUCERS OF CO<sub>2</sub> EFFLUX FROM THE SOIL

**ABSTRACT:** The objective was to evaluate solution viscosity modifiers as reducers of CO<sub>2</sub> effluxes from the soil (FCO<sub>2</sub>). Four treatments were applied in different lysimeters without vegetation cover and soil characterized as Red Oxisol: control (water) (C0), Guar Gum (GG), Xanthan Gum (GX) and Hydroxyethylcellulose (HEC) diluted in water, maintaining the same viscosity (15% higher than C0). FCO<sub>2</sub> were evaluated for 32 days using a portable spectrophotometer from the LI-COR Environmental series (LI 8100). Data were evaluated using linear mixed models. The mean FCO<sub>2</sub> of GG was 11.04% higher than the control ( $1.63 \pm 0.09 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) ( $p < 0.05$ ), however the mean FCO<sub>2</sub> of HEC and GX were 16.56 %

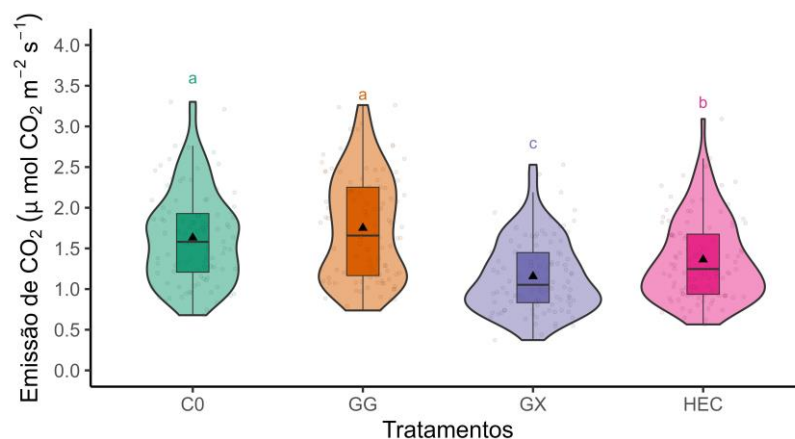
( $p < 0.05$ ) and 28.83 % ( $p < 0.05$ ) lower than the control, respectively. From what we considered that GG was not the best modifier of the solution, however, HEC and GX could be considered as reducers of soil FCO<sub>2</sub> in the short term.

**KEYWORDS:** Biopolymers, climate change, soil management.

**INTRODUÇÃO:** A agricultura, silvicultura e outros usos da terra, são atividades que mais aportam nas concentrações de gases de efeito estufa depois da exploração dos combustíveis fósseis, (entre 13 e 21 %), equivalente a 5,9 Gt ano<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> (CANADELL et al., 2021). Os efluxos de CO<sub>2</sub> do solo (FCO<sub>2</sub>) são produto principalmente da atividade microbiana, em cujas atividades metabólicas consomem O<sub>2</sub> e produzem CO<sub>2</sub> (LUO E ZHOU, 2006). O solo possui uma solução com uma propriedade reológica denominada viscosidade, que determina a facilidade com a que um fluido consegue fluir (HOLTHUSEN et al., 2012). Em efeito, a viscosidade influencia na velocidade de locomoção dos microrganismos em soluções líquidas (JOINER et al., 2019). Alguns biopolímeros possuem propriedades gelificantes, conseguindo aumentar a viscosidade da solução que se aplica ao solo, permitindo diminuições dos FCO<sub>2</sub> (NICOLELLA, 2023). No entanto, dependendo das doses deste produto pode provocar estresse hídrico nas plantas (TAVARES et al., 2021). Outros produtos como o Hidroxietilcelulose (TORRIJOS et al., 2022) possuem propriedades viscosas como espessante ou aglutinante, da mesma forma a goma guar e goma xantana com efeitos sobre as propriedades do solo (ADHIKARI et al., 2019; SULAIMAN et al., 2022). Por tanto, a identificação de substâncias adequadas para o estudo da viscosidade nos FCO<sub>2</sub> com os menores efeitos adversos possíveis e tempo de biodegradabilidade curtos é de grande importância para a futura aplicabilidade no campo agrícola. Pelo que, objetivou-se avaliar modificadores da viscosidade da solução como redutores dos efluxos de CO<sub>2</sub>.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi realizado na Estação Experimental Agroclimatológica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Jaboticabal, São Paulo, Brasil (21°14'S e 48° 17' W a 615 m acima do nível do mar). O solo do local foi caracterizado como Latossolo Vermelho Eutrófico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA Solos, 2018). Foram utilizados 4 lisímetros sem cobertura vegetal, adjacentes um do outro para a aplicação dos tratamentos, um por cada lisímetro. Um dos tratamentos constou do controle (água) com viscosidade 0,0318 Pa s, o resto dos tratamentos (03) foram conformados por soluções de Goma guar (GG), Goma xantana (GX), Hidroxietilcelulose (HEC) diluídos em água. As soluções dos tratamentos foram preparadas com doses que deram como resultado uma viscosidade de 0,03660 Pa s, o que equivale a uma viscosidade 15% superior do controle, mantendo uma viscosidade igual nos três tratamentos. Neste sentido, se manteve uma relação de produto (g) em água (l) de: GG = 2,22 g l<sup>-1</sup>, HEC = 5,00 g l<sup>-1</sup> e GX = 0,38 g l<sup>-1</sup>. Em cada lisímetro foram estabelecidos cinco pontos amostrais identificados por colares de PVC de 0,10 m de diâmetro e 0,04 m de altura, inseridos a 0,01 m de profundidade do solo. Os efluxos de CO<sub>2</sub> foram medidos com um espectrofotômetro portátil da série LI-COR Environmental (LI 8100) durante 32 dias, entre outubro e novembro de 2023. Os dados foram analisados através de modelos lineares mistos, considerando como efeitos fixos os tratamentos e dias avaliação e os pontos de amostragem de cada lisímetro como efeito aleatório. As comparações de média foram realizadas pelo teste Tukey ao 5% de significância.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A análise de médias revelou diferenças significativas entre todos os tratamentos ( $F= 94,26$ ;  $p<0,001$ ) (FIGURA 1). O tratamento GG apresentou a maior taxa média de fluxo de dióxido de carbono ( $\text{FCO}_2$ ) com  $1,81 \pm 0,09 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , representando um aumento de efluxo de 11,04% em relação ao controle ( $1,63 \pm 0,09 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), no entanto a diferença não foi significativa ( $p>0,05$ ). Por outro lado, nos tratamentos HEC e GX, as taxas de  $\text{FCO}_2$  ( $1,36 \pm 0,09$  e  $1,16 \pm 0,09 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente) foram significativamente inferiores ( $p< 0,05$ ) às do tratamento controle, resultando em reduções de  $\text{FCO}_2$  de 16,56% em HEC e 28,83% em GX, este último apresentando a menor média de  $\text{FCO}_2$ . São escassos os estudos que exploram os efeitos da aplicação de biopolímeros na viscosidade da solução do solo em relação ao  $\text{FCO}_2$  do solo. No entanto, NICOLELLA (2023) registrou uma diminuição de até 25,6% nas taxas de  $\text{FCO}_2$  ao aplicar 75 g de polietileno glicol 6000 por litro de água, em um período que excede o período de investigação deste estudo, sugerindo que os efeitos redutores dos  $\text{FCO}_2$  com GX e HEC podem ser alcançados em um tempo menor. Além disso, é reconhecido que alguns biopolímeros contribuem para a estabilização do solo ao promover a coesão dos agregados e a retenção de umidade, preenchendo os poros (HAM et al., 2018). Isso pode proporcionar uma proteção física contra a degradação da matéria orgânica pelos microrganismos (SIX et al., 2002) e reduzir a difusão de gases no solo (NICOLELLA, 2023).



**FIGURA 1.** Gráfico de violino e caixas dos efluxos de  $\text{FCO}_2$  ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) de acordo com os tratamentos (C0 = Controle, GG = Goma guar, GX = Goma xantana, HEC = Hidroxietilcelulose). As linhas superiores e inferiores da caixa representam o intervalo interquartil (25-75%); a linha preta indica a mediana e os triângulos indicam a média; os círculos (°) indicam a variação de cada ponto amostrado em cada lisímetro, e a largura das figuras representa a distribuição dos dados (seções mais largas representam um maior número de dados). Letras diferentes indicam diferenças significativas pela análise de média de Tukey ao 5% de significância.

**CONCLUSÕES:** O tratamento com goma guar não é considerado como redutor dos  $\text{FCO}_2$  nas condições deste estudo, já que os efluxos provenientes deste tratamento foram maiores que os efluxos do controle. Os tratamentos com Goma xantana e Hidroxietilcelulose resultaram em menores  $\text{FCO}_2$  pelo que poderiam ser considerados para reduzir os efluxos de  $\text{CO}_2$  do solo permitindo gerar estratégias de mitigação de emissão de gases de efeito estufa nas atividades agropecuárias em curto prazo.

**AGRADECIMENTOS:** SENACYT-Panamá, CAPES, FAPESP, Usina São Martinho.

## REFERÊNCIAS:

- ADHIKARI, R.; MINGTARJA, H.; FREISCHMIDT, G.; BRISTOW, K. L.; CASEY, P. S.; JOHNSTON, P.; SANGWAN, P. Effect of viscosity modifiers on soil wicking and physico-mechanical properties of a polyurethane based sprayable biodegradable polymer membrane. **Agricultural Water Management**, [s. l.], v. 222, p. 346–353, 2019.
- CANADELL J.G, MONTEIRO P.M.S, et al. Global Carbon and other Biogeochemical Cycles and Feedbacks. In.: Masson-Delmotte V, Zhai A, et al. (Eds.) **Climate Change The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, p. 673–816, 2021. doi:10.1017/9781009157896.007
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (Solos). Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: 5.ed. Embrapa. 356 p, 2018.
- HAM, S.-M.; CHANG, I.; NOH, D.-H.; KWON, T.-H.; MUHUNTHAN, B. Improvement of Surface Erosion Resistance of Sand by Microbial Biopolymer Formation. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, [s. l.], v. 144, n. 7, p. 06018004, 2018. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29GT.1943-5606.0001900>>. Acesso em: 27 mar. 2024.
- HOLTHUSEN, D.; HAAS, C.; PETH, S.; HORN, R. Are standard values the best choice? A critical statement on rheological soil fluid properties viscosity and surface tension. **Soil and Tillage Research**, [s. l.], v. 125, p. 61–71, 2012. Disponível em: Acesso em: 14 dez. 2022.
- JOINER, K. L.; BALJON, A.; BARR, J.; ROHWER, F.; LUQUE, A. Impact of bacteria motility in the encounter rates with bacteriophage in mucus. **Scientific Reports 2019 9:1**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 1–12, 2019.
- LUO, Y.; ZHOU, X. Processes of CO<sub>2</sub> Production in Soil. **Soil Respiration and the Environment**, [s. l.], p. 35–59, 2006. Disponível em: Acesso em: 16 jan. 2023.
- NICOLELLA, A.I.S. **Viscosidade da solução e respiração do solo**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, Brasil, 2023.
- SIX J.; CONANT R.T.; PAUL E.A.; PAUSTIAN K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. **Plant and Soil** 241:155-176, 2002.
- SULAIMAN, H.; TAHA, M. R.; ABD RAHMAN, N.; MOHD TAIB, A. Performance of soil stabilized with biopolymer materials – xanthan gum and guar gum. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, [s. l.], v. 128, p. 103276, 2022.
- TAVARES, D. S.; FERNANDES, T. E. K.; RITA, Y. L.; ROCHA, D. C.; SANT’ANNA-SANTOS, B. F.; GOMES, M. P. Germinative metabolism and seedling growth of cowpea (*Vigna unguiculata*) under salt and osmotic stress. **South African Journal of Botany**, [s. l.], v. 139, p. 399–408, 2021.
- TORRIJOS, R.; NAZARET, T. M.; CALPE, J.; QUILES, J. M.; MAÑES, J.; MECA, G. Antifungal activity of natamycin and development of an edible film based on hydroxyethylcellulose to avoid *Penicillium* spp. growth on low-moisture mozzarella cheese. **LWT**, [s. l.], v. 154, p. 112795, 2022.