

BALANÇO DE CARBONO E DINÂMICA DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO CERRADO

Robélío Leandro Marchão¹, Arminda Moreira de Carvalho¹, Alexsandra Duarte de Oliveira¹, Lourival Vilela¹, Giovana Alcântara Maciel¹, Juliana Hiromi Sato², Cícero Célio de Figueiredo², Bruno José Rodrigues Alves³

¹ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Cerrados ² Univer sidade de Brasília - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária

³ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Agrobiologia

O cultivo do milho em consórcio com gramíneas forrageiras é bastante expressivo no Cerrado, sendo considerado uma alternativa eficiente de exploração agrícola com mais sustentabilidade. A forrageira pode ser utilizada tanto para alimentação animal como para formação de palhada para plantio direto, trazendo vários benefícios ao sistema, como melhoria da qualidade do solo, quebra de ciclo de pragas, doenças e plantas invasoras, entre outros. Para incrementar estoques de carbono e de nitrogênio no solo são necessários alta produção de biomassa e acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo. O estoque de carbono no solo está diretamente relacionado com o aumento de nitrogênio, proveniente de sistemas com associação de culturas e plantas de cobertura, como por exemplo as braquiárias que vem se expandindo muito em consórcios com milho, podendo ser mais uma prática de mitigação das emissões de gases de efeito estufa (GEE). As cultivares de braquiária mais modernas, devido aos baixos teores de lignina tem se mostrado bastante eficientes na ciclagem de nutrientes e fornecimento para a cultura de milho, seja em consócio ou em sucessão. Essas gramíneas possuem elevado potencial de proteger o solo, estocar carbono e nitrogênio e ainda fornecer nutrientes, incluindo N para a cultura de milho. Assim, esse plano de ação tem como objetivo quantificar o estoque de carbono e emissão de gases de efeito estufa em sistemas milho/braquiária no bioma Cerrado. Os estudos foram realizados prioritariamente em experimentos de longa duração da Embrapa. Foram realizadas atividades de caracterização dos estoques de carbono e nitrogênio no solo e na palhada/cobertura do solo; Foram levantados os fluxos de N₂O no solo e as variáveis edafoclimáticas (biomassa, nitrogênio mineral, teor gravimétrico de água, densidade aparente, espaço poroso preenchido por água, temperatura do solo e ar, precipitação pluviométrica, umidade relativa, entre outros. A matéria orgânica do solo foi avaliada em relação à quantidade e qualidade. Os dados de atributos químicos e microbiológicos de solo e da matéria orgânica foram relacionados às emissões de óxido nitroso buscando compreender as relações existentes tomando em conta o manejo do solo.

RESULTADOS PRELIMINARES

- sistema plantio direto, têm sido importantes na intensificação sustentável do uso da terra no Brasil. Eles são mais eficientes na ciclagem de nutrientes, melhorando a qualidade do solo e aumentando a sua biodiversidade. Além disso, como já comprovado pela pesquisa, promovem o sequestro de carbono, contribuindo para a mitigação das emissões de GEE;
- Pesquisas anteriores já haviam demonstrado que as emissões de N₂O nos sistemas agrícolas são influenciadas por condições edafoclimáticas (solo, clima, vegetação, entre outras), e que a disponibilidade de matéria orgânica do solo (MOS) é um fator-chave no processo. O estudo avança na compreensão de como se dá o acúmulo de frações de MOS estáveis e lábeis (menos estáveis) nos solos sob integração lavoura-pecuária (ILP) e as possíveis relações com as emissões de N₂O. Os sistemas ILP emitem menos óxido nitroso (N₂O), um importante gás de efeito estufa, quando comparados a lavouras em sistema de plantio convencional. Foi constatado que o uso de gramíneas forrageiras, que aportam matéria orgânica e aprofundam raízes no perfil do solo, influencia esse processo, assim como a presença de agregados com maior diâmetro. Entre as explicações para esse resultado, está o fato de que as gramíneas forrageiras depositam matéria orgânica mais difícil de ser degradada e, além disso, a ILP proporciona solos com agregados maiores. Com mais carbono e nitrogênio acumulados nessas partículas, a matéria orgânica presente é protegida da decomposição feita pela microbiota, os microrganismos que habitam o solo;
- As maiores emissões acumuladas, ao fim dos 146 dias de avaliação durante o ciclo do sorgo consorciado, foram observadas na área com lavoura em plantio convencional, com 1,8 kg/ha de N-N₂O, enquanto as emissões da lavoura contínua sob plantio direto representaram metade dessa emissão (0,9 kg/ha). Entre as áreas cultivadas, o sistema ILP foi o que apresentou as menores emissões acumuladas de N₂O, com 0,79 kg/ha. Na área de Cerrado, considerada a referência positiva
- Os sistemas de integração baseados na rotação pastagem-lavoura associada ao

do estudo e onde as emissões diárias estão sempre próximas de zero, a emissão acumulada do período representou apenas 11% da emissão da lavoura em plantio convencional, que é considerada a referência negativa;

- Nas áreas com ILP, há uma maior mobilização de nitrogênio pelas pastagens na entressafra de grãos, o que reduz a disponibilidade desse elemento químico para a biomassa microbiana responsável pelos processos de nitrificação e desnitrificação;
- Constatou-se ainda que a decomposição de resíduos da lavoura durante a sucessão de culturas na primeira e na segunda safras (soja e sorgo) e a presença da gramínea forrageira com e sem pastejo nos dois sistemas em plantio direto explicam as diferenças nos fluxos de N_2O , nos diferentes sistemas de manejo analisados;
- Uma das conclusões foi que as gramíneas forrageiras tropicais, sobretudo as braquiárias, quando encontram solos de fertilidade construída, como é o caso desse estudo, conseguem expressar todo o potencial de desenvolvimento do seu sistema radicular, que tem um importante efeito físico no solo, protegendo e estabilizando a MOS e mitigando as emissões de GEE.

DESAFIOS

- Apesar de estar presente em proporções bem menores que o gás carbônico (CO_2), o N_2O possui capacidade cerca de 300 vezes maior que a do CO_2 de reter calor na atmosfera. Além disso, o N_2O permanece na atmosfera por mais de 100 anos;
- O Brasil é considerado o principal emissor de N_2O da América Latina. As emissões do gás são influenciadas por uma série de fatores, como: o manejo; a elevada quantidade de água dos solos, que reduz a aeração e promove a anaerobiose; a acidez do solo; o uso de fertilizantes nitrogenados; o plantio convencional, que interfere na aeração, na decomposição dos resíduos vegetais e na flora; e os excrementos de animais, que são fontes de nitrogênio e de carbono orgânico, que favorecem a atividade microbiana;
- Trabalhos conduzidos em outras regiões do mundo com *Brachiaria humidicola* indicam que as menores emissões de óxido nitroso por esses sistemas podem ser explicadas pela capacidade de as raízes liberarem inibidores biológicos de nitrificação, que bloqueiam as rotas enzimáticas das bactérias do gênero *Nitrosomonas*, sendo estas responsáveis pela oxidação da amônia, transformando-a em nitrito. O nitrito sofre nitrificação pelas bactérias

do gênero *Nitrobacter*, tornando-se nitrato. O nitrato é então reduzido a gases de nitrogênio, entre eles o N_2O , na desnitrificação promovida por bactérias heterotróficas;

- Futuras pesquisas que possam entender as relações entre as comunidades de microrganismos presentes no solo e suas interações com a rizosfera em sistemas agrícolas mais complexos, como a ILP, são fundamentais para obter avanços nessa linha de pesquisa. O impacto da presença de outros tipos de microrganismos que estão sendo estudados e recomendados pela Embrapa também poderá ajudar a entender como tornar o ambiente mais propício para o desenvolvimento das plantas com maior produtividade e menor impacto ambiental.

SOLUÇÕES

- Esses e outros resultados estão sendo utilizados para embasar uma grande estratégia de adoção de tecnologias sustentáveis (ou de baixa emissão de carbono). A partir de pesquisas dessa natureza, teve origem o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC), que, entre outras tecnologias, previa a implantação de quatro milhões de hectares de ILP/ILPF no Brasil, entre 2010 e 2020. Em 2015, o Brasil assumiu novos compromissos no Acordo de Paris, com a intenção de implantar mais 20 milhões de hectares de ILPF e recuperação de pastagens degradadas entre 2021 e 2030.

DADOS PUBLICADOS EM:

SANT-ANNA, S. A. C.; JANTALIA, C. P.; SÁ, J. M. et al. Changes in soil organic carbon during 22 years of pastures, cropping or integrated crop/livestock systems in the Brazilian Cerrado. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, n. 108, p. 101-120, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10705-016-9812-z>.

SATO, J. H.; CARVALHO, A. M.; FIGUEIREDO, C. C. et al. Nitrous oxide fluxes in a Brazilian clayey oxisol after 24 years of integrated crop-livestock management. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, n. 108, p. 55-68, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10705-017-9822-5>.

SATO, J. H.; FIGUEIREDO, C. C.; MARCHÃO, R. L. et al. Understanding the relations between soil organic matter fractions and N_2O emissions in a long-term integrated crop-livestock system. *Eur. J. Soil Sci.*, p. 1-14, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/ejss.12819>.

SOARES, D.; RAMOS, M. L. G.; MARCHÃO, R. L. et al. How diversity of crop residues in long-term no-tillage systems affect chemical and microbiological soil properties. *Soil & Tillage Research*, v. 194, p. 104316, 2019.

DADOS PESSOAIS DOS COORDENADORES DO PROJETO

Dr. Robério Leandro Marchão

Embrapa Cerrados

e-mail: robelio.marchao@embrapa.br

POTENCIAL DE PRÁTICAS DE MANEJO DO SOLO E DA COBERTURA VEGETAL EM MITIGAR AS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM TERRAS BAIXAS

Walkyria Bueno Scivittaro¹; Júlio José Centeno da Silva¹; Marla de Oliveira Farias¹; Anderson Dias Silveira²; Camila Lemos Lacerda²; Gerson Lübke Buss²; Jaqueline Trombetta da Silva²; Rogério Oliveira de Sousa²; Thaís Antolini Veçozzi²; Thaís Murias Jardim²; Lilian Medeiros Barros³

¹ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Clima Temperado; ² Universidade Federal de Pelotas; ³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense.

O cultivo de arroz irrigado constitui-se em atividade com elevado potencial de emissão de gases de efeito estufa (GEE), particularmente o metano (CH_4), cuja produção está relacionada à decomposição microbiana de materiais orgânicos em ambientes anóxicos, e o óxido nitroso (N_2O), que é produto da transformação microbiana do nitrogênio (N) nativo do solo e presente em resíduos orgânicos (REDDY; DeLAUNE, 2008).

A época, as operações de preparo do solo e o manejo da cobertura vegetal determinam potenciais distintos de incorporação de carbono (C) e nitrogênio (N) ao solo e de emissão de GEE no cultivo de arroz (YAO et al., 2010).

Este estudo teve por objetivo avaliar o potencial de práticas de manejo do solo e da cobertura vegetal em mitigar as emissões de CH_4 e N_2O em terras baixas cultivadas com arroz irrigado. O estudo foi realizado em planossolo háplico, na Embrapa Clima Temperado, em Pelotas-RS.

As avaliações estenderam-se por dois anos, incluindo dois períodos de entressafra (outono/inverno) e de safra (primavera/verão). Os tratamentos compreenderam quatro sistemas envolvendo associações de manejos do solo na entressafra e cultivos de primavera/verão, sendo que todos iniciaram com o cultivo de arroz irrigado: T1- arroz/soja/arroz (arroz irrigado colhido em solo seco, com manutenção da resteva em superfície durante o período de outono/inverno; semeadura direta de soja na primavera; preparo antecipado do solo no outono; semeadura direta de arroz na primavera seguinte); T2- arroz/arroz/arroz (arroz irrigado colhido em solo úmido, com manutenção da área em pousio durante o período de outono/inverno; preparo convencional do solo na primavera e semeadura de arroz, que foi colhido em presença de lâmina de água; preparo do solo com rolo-faca no outono; semeadura direta de arroz na primavera); T3- arroz/arroz/soja (arroz irrigado colhido em presença de lâmina de água, seguido de preparo do solo com rolo-faca; semeadura direta de arroz na primavera, que foi colhido em presença de lâmina de água; preparo do solo com rolo-faca e semeadura direta de soja na primavera); e T4- arroz/soja/arroz com preparo (arroz irrigado colhido em solo seco, seguido de preparo antecipado do solo no outono, semeadura

direta de soja na primavera e colheita no final do verão; preparo antecipado do solo no outono e semeadura direta do arroz na primavera).

Nos cultivos de arroz irrigado e soja, seguiram-se as indicações técnicas da pesquisa para essas culturas no sul do Brasil (REUNIÃO... 2014a, 2014b). Como o estudo envolveu diferentes culturas de verão (arroz irrigado e soja); para comparação, optou-se pela conversão dos dados de produtividade para energia bruta produzida.

As amostragens de ar para a determinação das emissões de CH_4 e N_2O do solo foram realizadas em intervalos regulares de aproximadamente sete dias, utilizando-se o método da câmara estática fechada. As concentrações de CH_4 e N_2O nas amostras de ar foram determinadas por cromatografia gasosa.

Determinaram-se os fluxos e as emissões totais de CH_4 e de N_2O do solo. Com base na emissão acumulada de CH_4 e de N_2O , foi calculado o potencial de aquecimento global parcial (PAGp), que considera o potencial de aquecimento de cada gás em relação ao CO_2 .

RESULTADOS PRELIMINARES

- O preparo antecipado do solo no outono reduziu as emissões de CH_4 durante a entressafra, em relação ao preparo convencional de primavera e ao preparo do solo no outono/inverno com rolo-faca;
- Durante a entressafra, em sucessão ao cultivo de arroz irrigado, os fatores de emissão de CH_4 corresponderam a: 0,807 $\text{kg CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, para a área preparada com rolo-faca; 0,307 $\text{kg CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, para a área sob preparo convencional de primavera; 0,044 $\text{kg CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, para sob preparo antecipado; e 0,041 $\text{kg CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, na ausência de preparo do solo;
- Independentemente do manejo do solo, as emissões de CH_4 na entressafra são menores que as medidas durante o cultivo de arroz irrigado, variando de 408 $\text{kg CH}_4 \text{ ha}^{-1}$, na área sob preparo convencional, a