

MITIGAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM TERRAS BAIXAS PELA INSERÇÃO DE CULTIVOS DE SEQUEIRO EM ROTAÇÃO AO ARROZ IRRIGADO

Walkyria Bueno Scivittaro¹; Anderson Dias Silveira²; André Andres¹; Marla de Oliveira Farias³; Tháís Murias Jardim⁴; Rogério Oliveira de Sousa⁵; Cimélio Bayer⁶

Palavras-chave: metano, óxido nitroso, soja, sorgo forrageiro.

INTRODUÇÃO

Tradicionalmente, a principal atividade produtiva desenvolvida nas terras baixas do Rio Grande do Sul é o cultivo de arroz irrigado integrado à pecuária extensiva. Há alguns anos, porém, tem-se buscado melhor aproveitamento do potencial agrícola das terras baixas, por meio da inserção de cultivos de sequeiro em rotação ao arroz irrigado. Esse novo modelo de produção agrícola, além de possibilitar a elevação dos baixos índices econômicos e sociais da região, também promove alterações no uso e manejo do solo, da água e da cobertura vegetal desse complexo agroecossistema, refletindo-se na sustentabilidade dos sistemas produtivos.

Os resultados de pesquisas relativas ao impacto da introdução de cultivos de sequeiro em rotação ao arroz irrigado nas terras baixas do Rio Grande do Sul ainda são incipientes, demandando estudos de diferente natureza, incluindo avaliações relativas às emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Os solos agrícolas são uma importante fonte de óxido nitroso (N₂O) e metano (CH₄) para a atmosfera, contribuindo com cerca de 6% e 20% para o aumento no forçamento radiativo global, respectivamente (IPCC, 2013). As emissões de N₂O estão relacionadas principalmente ao aporte de nitrogênio (N), via adubação, a sistemas agrícolas aeróbios, enquanto que as emissões de CH₄ decorrem, preponderantemente, do cultivo de arroz irrigado por inundação do solo (NISHIMURA et al., 2011), respondendo por de 9 a 19% das emissões totais desse GEE (IPCC, 2013).

A inserção de cultivos de sequeiro em rotação ao arroz irrigado reduz drasticamente o período de ocorrência de ambiente anóxico, favorável à produção e emissão de CH₄. Mas, a alternância nas condições oxirredução do solo é intensificada, favorecendo os processos de nitrificação e desnitrificação, que têm o N₂O como produto intermediário (LIU et al., 2010). A conversão de sistemas envolvendo o monocultivo de arroz irrigado para sistemas de rotação de culturas, onde prevalecem condições aeróbias no solo, influencia a produtividade de grãos e a dinâmica de carbono e nitrogênio do solo e, conseqüentemente, as emissões de gases de efeito estufa.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os fluxos e emissões totais de CH₄ e N₂O dos cultivos de soja e sorgo forrageiro em terras baixas no Rio Grande do Sul, comparando-os aos do arroz irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na safra agrícola 2015/16, em Planossolo Háptico, na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS. A área experimental foi previamente cultivada com azevém, que recebeu três cortes com remoção

¹Engenheiro(a) Agrônomo(a), Dr.(a), Pesquisador(a) da Embrapa Clima Temperado, Caixa Postal 403, Pelotas-RS, CEP 96010-971, walkyria.scivittaro@embrapa.br

²Engenheiro Agrônomo, Mestrando da FAEM/UFPel.

³Engenheira Agrônoma, Dra, Bolsista DTI do CNPq/Embrapa Clima Temperado.

⁴Graduanda da FAEM-UFPel.

⁵Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor da FAEM/UFPel.

⁶Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor da UFRGS.

da palha durante o período de outono/inverno. Em meados de setembro de 2015, procedeu-se à dessecação do azevém remanescente, visando o estabelecimento dos cultivos de verão. Mas, em razão da primavera chuvosa, as culturas de verão somente puderam ser semeadas no dia 26 de novembro, correspondendo a uma semana após o preparo do solo.

As culturas de arroz irrigado, soja e sorgo forrageiro foram semeadas em faixas (20 m x 50 m). Na faixa relativa a cada cultura/tratamento foram instalados, ao acaso, três sistemas coletores de gases de efeito estufa, que constituiram as repetições. Ao longo de todo o período de avaliação, realizaram-se amostragens de ar para determinação das emissões de CH₄ e N₂O do solo. As amostragens foram realizadas em intervalos regulares de cerca de sete dias, utilizando-se o método da câmara estática fechada, adaptado de Mosier (1989). A primeira coleta de amostras foi realizada em 7 de dezembro de 2015, correspondendo à emergência plena das três culturas. As amostras de ar coletadas foram analisadas por cromatografia gasosa. Os fluxos de CH₄ e N₂O medidos foram calculados pela relação linear entre a variação na concentração desses GEE e o tempo de coleta. Determinaram-se, ainda, as emissões totais de CH₄ e N₂O no período de avaliação. Os fluxos diários e as emissões totais de CH₄ foram analisados de forma descritiva (média ± desvio padrão).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A magnitude e o padrão de emissão de CH₄ do solo foram distintos nos cultivos de arroz irrigado, soja e sorgo forrageiro; os fluxos medidos para o arroz foram bem maiores que os da soja e do sorgo (Figura 1a). Para o arroz irrigado, os fluxos de CH₄ foram relativamente baixos até o 15º dia após o início das avaliações, correspondendo a quatro dias após o início da irrigação por inundação do solo. A partir de então, os fluxos foram crescentes, com algumas oscilações, até o 77º dia após a emergência das plantas (DAE), correspondendo à fase de pré-floração, quando começaram a diminuir; esse comportamento manteve-se constante até o final do ciclo da cultura, quando se procedeu a colheita do arroz (119 DAE). Após a colheita do arroz, foram realizadas ainda mais duas avaliações de emissões de GEE, com frequência quinzenal, para acompanhar o encerramento do ciclo da soja, que se estendeu até o início do mês de maio. No período posterior à colheita do arroz, os fluxos de CH₄ mantiveram a tendência de decréscimo (Figura 1a).

Os fluxos de metano do solo associados ao cultivo de arroz irrigado apresentaram amplitude de 0,6 a 385,9 g CH₄ ha⁻¹ h⁻¹. A emissão máxima de CH₄ ocorreu no 66º dia após o início das avaliações, ou seja, 45 dias após o início da irrigação, correspondendo à fase de emborrachamento (Figura 1a).

O aumento gradativo nos fluxos de CH₄ do solo a partir do início da irrigação do arroz, estendendo-se até a fase de floração, com subsequente redução na magnitude até o final do ciclo da cultura, é um comportamento usual, tendo sido reportado por Nishimura et al. (2011). O aumento na produção e emissão de CH₄ logo após a inundação do solo decorre da fermentação da matéria orgânica facilmente degradável presente (NEUE et al., 1994). Com o desenvolvimento da cultura até a floração, os fluxos crescentes devem-se ao aumento na quantidade de biomassa de raízes, promovendo maior exsudação radicular, principal substrato para as bactérias metanogênicas nessa fase do cultivo de arroz, bem como à maior capacidade de transporte de CH₄ resultante da grande quantidade de perflhos e de aerênquima (KHOSA, 2011).

Nos cultivos de soja e de sorgo forrageiro, as emissões de CH₄ do solo foram próximas de zero ao longo de todo o período de avaliação, com alternância de eventos de efluxo e influxo de baixa magnitude (Figura 1a). Esse comportamento é explicado pela manutenção do solo drenado para o cultivo dessas espécies, inibindo a atividade dos micro-organismos metanogênicos, confirmando observações de Camargo (2015), para as culturas de soja e milho. Para as culturas de soja e sorgo, as emissões máximas de CH₄ foram observadas nas duas últimas coletas (135º e 147º DAE), coincidindo com um período de precipitação frequente e de magnitude elevada, condicionando a saturação temporária do solo.

Com relação ao N₂O, os maiores fluxos foram determinados para a soja, seguida do

sorgo e, finalmente, do arroz irrigado. Para o arroz, com exceção das duas primeiras épocas de avaliação, correspondendo às coletas realizadas por ocasião da emergência e uma semana após esse evento (7 DAE), quando as emissões foram relativamente elevadas, as emissões de N_2O do solo foram baixas, com alternância entre valores baixos de emissão e influxos de N_2O . Esse comportamento foi verificado, inclusive, nos períodos subsequentes às duas coberturas nitrogenadas ao arroz, realizadas, no 11º e 49º dia após a emergência (Figura 1b). De forma geral, as emissões de N_2O associadas ao cultivo de arroz irrigado são baixas, podendo ocorrer influxos desse GEE em determinados momentos, que representam absorção pelo solo (LIU et al., 2010). Isto porque as emissões de N_2O estão associadas tanto à adubação nitrogenada, quanto à alternância nas condições de oxirredução do solo, que predis põem a ocorrência dos processos de nitrificação/desnitrificação (REDDY; DELAUNE, 2008), que têm o óxido nitroso como produto intermediário. Nos cultivos da soja e do sorgo forrageiro foram observados vários picos de emissão de óxido nitroso de baixa a média magnitude, especialmente na fase inicial de desenvolvimento dessas culturas, estendendo-se até o 70º DAE. A partir desse momento até a penúltima avaliação (135 DAE), as emissões de N_2O diminuíram bastante, sendo intercaladas por eventos de absorção de N_2O . Na última coleta, porém, as emissões de N_2O retornaram aos patamares do início do ciclo das culturas, apresentando valores bastante elevados (Figura 1b).

Atribui-se o maior potencial de emissão de N_2O das áreas cultivadas com soja e sorgo, relativamente ao arroz, ao elevado potencial de fixação biológica de N da soja e ao aporte de N, via adubação, ao sorgo. Ademais, em terras baixas, em razão da baixa condutividade hidráulica do solo, é comum a alternância nas condições de oxirredução do solo, especialmente após eventos de precipitação intensa, as quais são favoráveis à ocorrência dos processos de nitrificação/desnitrificação (REDDY; DELAUNE, 2008).

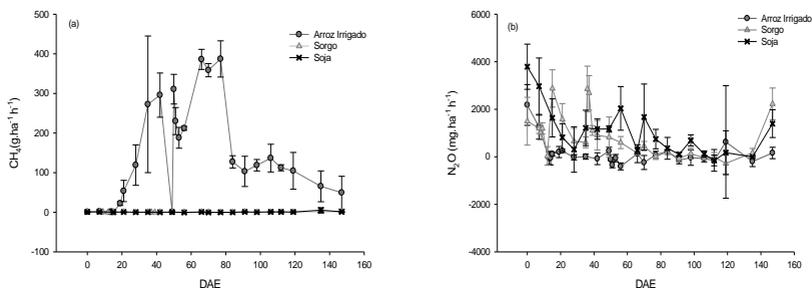


Figura 1. Fluxos de CH_4 (a) e de N_2O (b) em Planossolo cultivado com arroz irrigado, soja e sorgo forrageiro. Barras verticais representam o desvio padrão da média.

As emissões totais de CH_4 foram influenciadas pela espécie cultivada, sendo que o arroz irrigado proporcionou emissões bem maiores que o sorgo forrageiro e a soja. Esse resultado decorre do fato da produção de CH_4 ocorrer apenas em ambientes reduzidos, como os estabelecidos pela inundação do solo em lavouras de arroz irrigado, que favorecem a atividade de bactérias metanogênicas, responsáveis por sua produção (AULAKH et al., 2001). As baixas emissões de CH_4 medidas nas áreas cultivadas com soja ($3,24 \text{ kg } CH_4 \text{ ha}^{-1}$) e sorgo forrageiro ($1,57 \text{ kg } CH_4 \text{ ha}^{-1}$) (Figura 2a) refletem a condição de solo drenado/oxidado, salvo após eventos de precipitação elevada.

As emissões totais de N_2O associadas ao cultivo de arroz irrigado ($0,46 \text{ kg } N_2O \text{ ha}^{-1}$) foram inferiores àquelas determinadas nos cultivos de sorgo forrageiro ($2,08 \text{ kg } N_2O \text{ ha}^{-1}$) e de soja ($3,15 \text{ kg } N_2O \text{ ha}^{-1}$) (Figura 2b). As maiores emissões nos cultivos de sequeiro estiveram associadas, principalmente, ao aporte de N, via adubação ou fixação biológica a sistemas aeróbios, favorecendo os processos de nitrificação e desnitrificação (LIU et al., 2010).

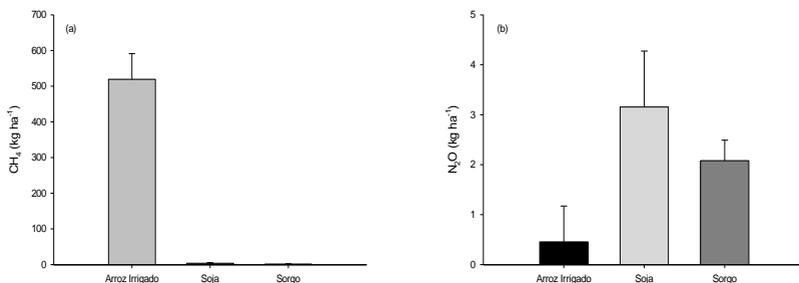


Figura 2. Emissões totais de CH₄ (a) e de N₂O (b) em Planosolo cultivado com arroz irrigado, soja e sorgo forrageiro. Barras verticais representam o desvio padrão da média.

CONCLUSÃO

O cultivo de soja e sorgo forrageiro em terras baixas reduz as emissões de CH₄ e aumenta as emissões de N₂O do solo, em comparação ao cultivo de arroz irrigado, sendo a redução nas emissões de CH₄ mais significativa que a elevação nas emissões de N₂O.

A diversificação de culturas, com a inserção de cultivos de sequeiro em rotação ao arroz irrigado, constitui-se em alternativa mitigadora de emissões de GEE em terras baixas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AULAKH, M. S. et al. Denitrification, N₂O and CO₂ fluxes in rice-wheat cropping system as affected by crop residues, fertilizer N and legume green manure. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 34, p. 375-389, 2001.
- CAMARGO, E. S. **Potencial de práticas agrícolas em mitigar as emissões de gases de efeito estufa na cultura do arroz irrigado**. 2015. 138 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- IPCC. Climate change 2013: the physical science basis. In: STOCKER, T. F. et al. (Ed.). **Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change**. Cambridge, UK: Cambridge University, 2013. 1535 p.
- KHOSA, M. K. et al. Methane emission from rice fields in relation to management of irrigation water. **Journal of Environmental Biology**, Lucknow, v. 32, p. 169-172, 2011.
- LIU, S. et al. Effects of water regime during rice-growing season on annual direct N₂O emission in a paddy rice-winter wheat rotation system in southeast China. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 408, p. 906-913, 2010.
- MOSIER, A. R. Chamber and isotope techniques. In: ANDREAE, M. O.; SCHIMMEL, D. S. (Ed.). **Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere: report of the Dahlem Workshop**. Berlin: Wiley, 1989. p.175-187.
- NEUE, H. U. et al. Diel and seasonal patterns of methane fluxes in rice fields. **International Rice Research Notes**, Los Baños, v. 19, n. 3, p. 33-34, 1994.
- NISHIMURA, S. et al. Combined emissions of CH₄ and N₂O from a paddy field was reduced by preceding upland crop cultivation. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v. 57, p. 167-178, 2011.
- REDDY, K. R.; DeLAUNE, R. D. **Biogeochemistry of wetlands: science and applications**. New York: CRC, 2008. 780 p.