

# EMISSÕES DE CH<sub>4</sub> E N<sub>2</sub>O DURANTE O CULTIVO DA SOJA EM TERRAS BAIXAS AFETADAS PELO MANEJO PÓS-COLHEITA DO ARROZ IRRIGADO

Milena Baratto<sup>1</sup>; Mara Grohs<sup>2</sup>; Sandro José Giacomini<sup>3</sup>; Caren Alessandra da Rosa<sup>4</sup>; Luana Pinheiro Martins<sup>5</sup>; Bruno Cerentini Lovato<sup>6</sup>; Endiele Lopes dos Santos<sup>7</sup>; Fernanda Luisa Lüdtke<sup>8</sup>; Giovane Rodrigo Friedrich Neu<sup>9</sup>; Getúlio Elias Pilecco<sup>10</sup>

Palavras-chave: plantio direto; óxido nitroso; metano; sucessão

## INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul (RS) existem mais de cinco milhões de hectares em terras baixas, dos quais aproximadamente um milhão de hectares são cultivados anualmente com arroz (IRGA, 2018). Em função do sistema de irrigação do arroz adotado nessas áreas ser por alagamento, com a manutenção de uma lâmina de água na superfície do solo, ocorrem condições favoráveis à produção do gás de efeito estufa (GEE) metano (CH<sub>4</sub>). Nos últimos anos, a soja vem ganhando espaço em terras baixas como uma alternativa para os produtores utilizarem em rotação com o arroz irrigado, levando em consideração aspectos técnicos e econômicos (MARCHESAN, 2013). Além dos benefícios para o sistema de produção, o cultivo da soja em terras baixas deverá contribuir para reduzir significativamente a emissão de CH<sub>4</sub>, já que a cultura é conduzida em solo drenado, condição desfavorável à metanogênese. Por outro lado, as condições de umedecimento e secagem do solo durante o cultivo da soja podem favorecer a produção de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), um outro potente GEE.

Em terras baixas, a soja é comumente cultivada em alternância com o arroz no sistema denominado de “ping-pong”. O tipo de manejo do solo aplicado após a colheita do arroz deverá influenciar as emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O durante o cultivo da soja após o período de entressafra. No entanto, são escassas as informações sobre o efeito do manejo pós-colheita do arroz sobre as emissões de GEE na cultura da soja em rotação. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar como o manejo pós-colheita do arroz afeta as emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O durante o cultivo da soja em terras baixas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Regional de Pesquisa do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), no município de Cachoeira do Sul, durante a safra e a entressafra de 2019/20 e de 2020/21.

Foram avaliados os seguintes tratamentos: preparo antecipado, sistema convencional, plantio direto e plantio direto associado ao cultivo do trevo-persa. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. No preparo convencional a incorporação da palha foi realizada com o solo seco com auxílio de uma grade em dois momentos: uma incorporação inicial durante o inverno e a finalização do preparo na primavera, próxima à

<sup>1</sup> Graduanda em Agronomia da UFSM. E-mail: milenabaratto99@hotmail.com

<sup>2</sup> Dra. Eng. Agr. Pesquisadora do IRGA. E-mail: [grohs.mara@gmail.com](mailto:grohs.mara@gmail.com)

<sup>3</sup> Dr. Eng. Agr. Prof. Departamento de solos da UFSM. E-mail: [sjgiacomini@ufsm.br](mailto:sjgiacomini@ufsm.br)

<sup>4</sup> MSc. Eng. Agr. Doutorando do Dep. De solos da UFSM. E-mail: [caren\\_alessandra@hotmail.com](mailto:caren_alessandra@hotmail.com)

<sup>5</sup> Eng. Agr. IRGA. E-mail: [martinspluana@gmail.com](mailto:martinspluana@gmail.com)

<sup>6</sup> Graduando em Agronomia da UERGS. E-mail: [bruno\\_lovatos@hotmail.com](mailto:bruno_lovatos@hotmail.com)

<sup>7</sup> Graduanda em Eng. Agrícola da UFSM. E-mail: [endielelopes@gmail.com](mailto:endielelopes@gmail.com)

<sup>8</sup> Graduanda em Agronomia da UFSM. E-mail: [fernandaludtke8@gmail.com](mailto:fernandaludtke8@gmail.com)

<sup>9</sup> Graduando em Agronomia da UERGS. E-mail: [giovanerfneu@hotmail.com](mailto:giovanerfneu@hotmail.com)

<sup>10</sup> Dr. Eng. Agr. Departamento de solos da UFSM. E-mail: [pilecco35@yahoo.com.br](mailto:pilecco35@yahoo.com.br)

semeadura da nova safra de arroz, a fim de caracterizar o sistema convencional. No cultivo mínimo, a palha foi incorporada ao solo com o auxílio de um rolo-faca, com o solo alagado, sendo realizadas duas passadas de rolo-faca, visando sua incorporação superficial. A água permaneceu na área por três dias, visando a decantação dos sólidos em suspensão, sendo posteriormente drenada. O manejo foi realizado logo após a colheita, durante o período de outono-inverno, a fim de caracterizar o sistema de cultivo mínimo. No plantio direto, a palha de arroz foi dessecada com glifosato (dose de 1.800 g i.a. ha<sup>-1</sup>), 15 dias após a colheita. Para o plantio direto associado ao trevo persa (cv. Lightning/PGW), a planta de cobertura foi semeada, a lanço, na densidade de 8 kg ha<sup>-1</sup>.

As coletas para quantificação dos GEE, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, iniciaram no dia 08/10/2019 e finalizaram em 15/10/2021, sendo que o período das coletas na cultura da soja compreendeu o período de 08/10/2019 a 24/04/2020 (Safra 1) e 15/10/2020 a 29/03/2021 (Safra 2), enquanto a entressafra foram os períodos intermediários a esses intervalos. Os fluxos foram medidos utilizando o método da câmara estática fechada, proposto por MOSIER (1989). As amostras coletadas foram encaminhadas para o Laboratório de Pesquisa em Biotransformações de Carbono e Nitrogênio (LABCEN), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), para determinação das concentrações de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O por cromatografia gasosa (GC-2014, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan). As emissões cumulativas de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O foram obtidos pela interpolação linear dos fluxos entre datas de coletas consecutivas.

Os fluxos diários foram calculados apenas para o período do cultivo de verão enquanto as emissões cumulativas consideraram os dois períodos do ano, safra e entressafra. Os dados de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O foram submetidos à análise da variância utilizando o software Sisvar (version 5.3-Build 75) e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste LSD a 5% de probabilidade do erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As emissões de CH<sub>4</sub> variaram de -43 a 565 g C-CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> na Safra 1 (Figura 1A), enquanto na Safra 2 variaram entre -16,7 a 41,7 g C-CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> (Figura 1C). Na Safra 1, as maiores emissões de CH<sub>4</sub> foram observadas aos 158 dias após o início das avaliações, em todos os manejos, reflexo direto das cinco irrigações por superfície realizadas nas semanas anteriores. Já na Safra 2, as maiores emissões de CH<sub>4</sub> concentraram-se entre os 7 e 14 dias após o início das avaliações, nos manejos de plantio direto, sistema convencional e no plantio direto associado ao cultivo do trevo-persa. No preparo antecipado, o maior pico de CH<sub>4</sub> foi observado aos 108 dias após o início das avaliações. Picos de CH<sub>4</sub> ou N<sub>2</sub>O podem ocorrer logo após a semeadura das culturas, em função da liberação dos gases que estão dentro do solo, através do seu rompimento, ocasionado pela passagem das máquinas, principalmente na linha de semeadura (DELLA CHIESA et al., 2019; GROHS et al., 2020).

Já as emissões de N<sub>2</sub>O variaram de -3,5 a 75,7 g N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> na Safra 1 (Figura 1B) e de 2,49 a 134,5 g N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> na Safra 2 (Figura 1D). Na Safra 1, ocorreram picos de N<sub>2</sub>O entre 98 e 101 dias de avaliação, nos manejos do plantio direto, convencional e plantio direto associado ao cultivo do trevo-persa, enquanto a maior emissão no plantio antecipado foi observada apenas aos 151 dias de avaliação. Para a Safra 2, os maiores picos de N<sub>2</sub>O foram observados aos 7 dias após a dessecação das culturas. Geralmente, os maiores picos de N<sub>2</sub>O ocorrem antes da semeadura e logo antes da colheita (nos estádios de maturação da cultura).

As emissões cumulativas de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O variaram entre os dois anos do estudo e estão apresentadas com o acumulado do período da safra e da entressafra. Para o CH<sub>4</sub>, no Ano 1 (Figura 2A), a emissão acumulada foi 58 vezes maior do que no Ano 2 (Figura 2C), em todos os tratamentos. Isto, pode ser atribuído à sequência de irrigações realizadas nesse período. Além das diferenças entre os anos, observou-se diferenças na emissão acumulada, entre os manejos.

No Ano 1, para o CH<sub>4</sub> cumulativo, o sistema que mobilizou o solo no outono-inverno (preparo antecipado) foi diferente ( $P < 0,05$ ) dos sistemas conservacionistas e o período da entressafra foi determinante para esse resultado, visto que a presença de considerável quantidade de palha presente no solo na entressafra, associado com a lâmina de água para a incorporação da mesma, propiciaram condições favoráveis para a emissão de CH<sub>4</sub>. O efeito dos manejos no Ano 2 foi menos acentuado comparado ao Ano 1, em função da ausência de irrigações frequentes durante o período da safra de soja.

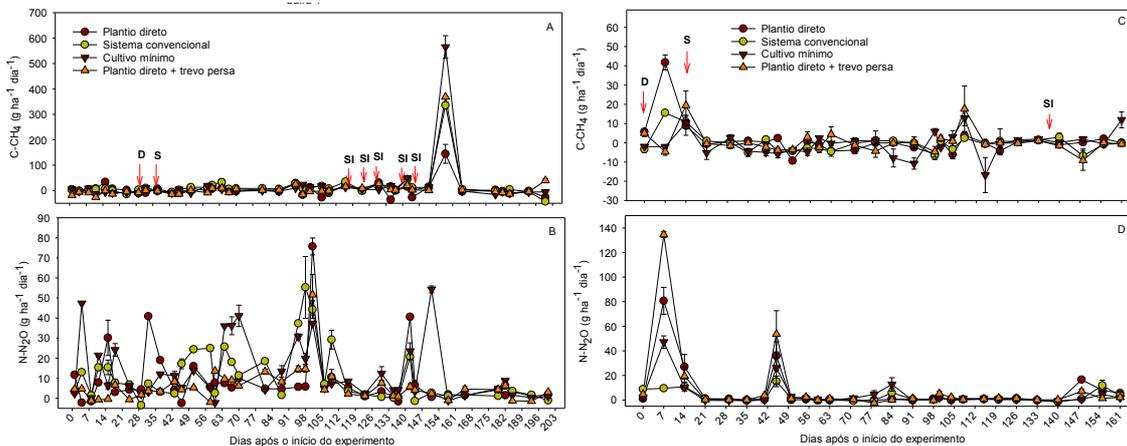


Figura 1- Fluxos de CH<sub>4</sub> (A) e de N<sub>2</sub>O (B), na safra 1 (A) e safra 2 (C) e fluxos N<sub>2</sub>O na safra 1 (B) e safra 2 (D), após a aplicação dos tratamentos plantio direto, sistema convencional, cultivo mínimo e plantio direto associado ao trevo persa. Cachoeira do Sul, 2021. Letras com seta indicam: S: semeadura; SI: irrigação por superfície; D: dessecação. As barras verticais indicam a diferença mínima significativa de acordo com o teste LSD 5%.

Para N<sub>2</sub>O cumulativo, também se observou efeito do ano avaliado, sendo as emissões no Ano 1 (Figura 2B), 1,9 vezes maiores do que o Ano 2 (Figura 2D) (2,8 vs 1,48 kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>). As diferenças nas emissões cumulativas de N<sub>2</sub>O ao longo do período avaliado mantiveram-se constantes em relação aos manejos, com maior emissão acumulada, durante o cultivo da soja, no preparo antecipado (3,9 kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>), seguido do sistema convencional (3,05 kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>), plantio direto (2,6 kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) e com a menor emissão no plantio direto associado ao cultivo do trevo-persa (1,72 kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>). Já na safra 2, a presença de trevo persa cultivado em plantio direto resultou numa maior emissão de N<sub>2</sub>O entre todos os manejos (2,35 kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>), seguido pelo plantio direto (1,8 kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>), preparo antecipado (1,4 kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>) e o sistema convencional (0,62 kg N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>). Porém, quando se inseriu os dados da entressafra, os sistemas com maior emissão de N<sub>2</sub>O cumulativo foram o Plantio Direto associado ou não ao trevo persa, nos dois anos do estudo. Ou seja, assim como no CH<sub>4</sub>, o período da entressafra define os manejos com maior potencial mitigatório de N<sub>2</sub>O na cultura da soja, sendo que o plantio direto é o manejo com maior emissão desse gás. A inserção do trevo-persa, apesar de aumentar a emissão de N<sub>2</sub>O após a sua dessecação, é uma alternativa para reduzir em até 42% a contribuição desse gás para o sistema de produção da soja em terras baixas, quando se considera o sistema completo.

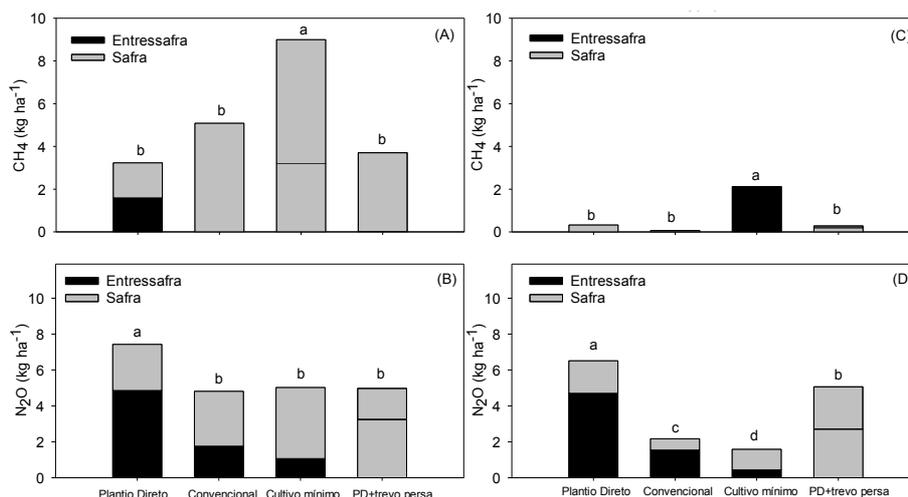


Figura 2 - CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O acumulado no plantio direto, sistema convencional, cultivo mínimo e plantio direto associado ao trevo-persa, no Ano 1 (A e B) (2019/20) e Ano 2 (C e D) (2020/21). Cachoeira do Sul, 2021. Letras diferentes, diferem estatisticamente a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÃO

As emissões de CH<sub>4</sub> são baixas no cultivo de soja em terras baixas, assim o foco deve ser a busca por estratégias que visem a mitigação da emissão de N<sub>2</sub>O. Durante o cultivo da soja, as maiores emissões de CH<sub>4</sub> estão associadas a irrigações frequentes e/ou precipitações elevadas com a entrada de material vegetal via senescência, enquanto as emissões de N<sub>2</sub>O concentram-se no período entre a dessecação pré-semeadura e o final do ciclo da soja.

Nesse sentido, o período da entressafra é o que define os sistemas com maior potencial de emissão, tanto de CH<sub>4</sub> quanto de N<sub>2</sub>O. Para o CH<sub>4</sub>, a utilização do rolo-faca com o solo inundado deve ser evitada, enquanto para o N<sub>2</sub>O, os sistemas com revolvimento do solo têm menor emissão. Quando se busca a utilização de sistemas conservacionistas, estes devem vir associados, obrigatoriamente, à utilização de uma planta de cobertura como o trevo-persa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DELLA CHIESA, T.; PIÑEIRO, G.; YAHDJIAN, L. Gross, background, and net anthropogenic soil nitrous oxide emissions from soybean, corn, and wheat croplands. *Journal of environmental quality*, v. 48, n. 1, p. 16-23, 2019.
- GROHS, Mara et al. Greenhouse gas emissions during rice crop year affected by management of rice straw and ryegrass. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 44, 2020.
- IRGA, Instituto Rio Grandense do Arroz –. **Boletim de resultados da lavoura safra-2018/2019 - Arroz irrigado e soja em rotação**. Disponível em: Acesso em: 01 de jun de 2022.
- MARCHESAN, E. **Desafios e perspectivas de rotação com soja em áreas de arroz**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 8., 2013. Santa Maria, RS. Palestras... Santa Maria: SOSBAI. p. 1628-1637, 2013.
- MOSIER, A. R. Chamber and isotope techniques. In 'Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere'. (Eds MO Andreae, DS Schimel) pp. 175–187. 1989.
- SCHMATZ, R. et al. How the mass and quality of wheat and vetch mulches affect drivers of soil N<sub>2</sub>O emissions. *Geoderma*, v. 372, p. 114395, 2020.
- SOSBAI. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. **Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado**. Farroupilha, RS. SOSBAI, 209 p., 2018.