



FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

Emissões de Metano e Óxido Nitroso em um Planossolo Cultivado com Arroz sob Alagamento Contínuo e Intermitente

Walkyria Bueno Scivittaro⁽¹⁾; Gerson Lübke Buss⁽²⁾; Rogério Oliveira de Sousa⁽³⁾; Cimélio Bayer⁽⁴⁾; Carla Machado da Rosa⁽⁵⁾; Roberto Carlos Doring Wolter⁽⁶⁾; Claudia Filomena Schneider Sehn⁽⁷⁾; Marcelo Machado Soncini⁽⁷⁾

⁽¹⁾ Pesquisadora; Embrapa Clima Temperado; Rod. BR 392 km 78, Caixa Postal 403, CEP 96010-971, Pelotas-RS; walkyria.scivittaro@cpact.embrapa.br; ⁽²⁾ Mestrando; Programa de Pós-Graduação em Agronomia; Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM-UFPEL); Campus Universitário s/n, Caixa Postal 354, CEP 96010-900; Capão do Leão-RS; gersonlubke@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Professor Associado; Departamento de Solos; FAEM-UFPEL; rosousa@ufpel.tche.br; ⁽⁴⁾ Professor Associado; Departamento de Solos; Faculdade de Agronomia – UFRGS; cimelio.bayer@ufrgs.br; ⁽⁵⁾ Pós-doutoranda; Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo; UFRGS; carlamrosa@yahoo.com.br; ⁽⁶⁾ Doutorando; Programa de Pós-Graduação em Agronomia; FAEM-UFPEL; robertowolter@gmail.com; ⁽⁷⁾ Graduando(a); FAEM-UFPEL.

RESUMO - A atividade agrícola é uma grande fonte de emissão de gases de efeito estufa (GEE). No cultivo do arroz irrigado, o manejo da água é uma das práticas culturais mais importantes, sendo tida, também, como a opção mais promissora para a mitigação das emissões de metano (CH₄), embora possa potencializar a emissão de óxido nitroso (N₂O). Realizou-se um trabalho com o objetivo de avaliar a influência do manejo da água sobre as emissões de CH₄ e N₂O (GEE) em solo cultivado com arroz irrigado. O experimento foi conduzido na safra 2011/2012, em um Planossolo Háplico, na Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS. Foram avaliados os tratamentos: T1- irrigação contínua (CONT.) e T2- irrigação intermitente (INTERM.). As avaliações de CH₄ e N₂O foram realizadas semanalmente, de acordo com métodos descritos por Mosier (1989). A maior emissão total de CH₄ foi observada no tratamento com irrigação contínua. O manejo intermitente da irrigação promove mitigação das emissões de metano do solo em cultivo de arroz, porém potencializa as emissões de óxido nitroso. Ainda assim, este manejo da água é mais eficiente na redução do potencial de aquecimento global, em relação à irrigação contínua.

Palavras-chave: gases de efeito estufa, solo de várzea, potencial de aquecimento global.

INTRODUÇÃO - A atividade agrícola é uma grande fonte de emissão de gases de efeito estufa (GEE). O cultivo de arroz irrigado por alagamento do solo representa de 15 a 20% das emissões de metano (CH₄), dentre todas as atividades humanas envolvidas na produção e emissão de GEE. A produção de metano no solo está relacionada à decomposição microbiana de materiais orgânicos em ambiente anóxico (Conrad, 2002).

O Rio Grande do Sul é o estado brasileiro que mais produz arroz, sendo responsável por cerca de 60% do arroz produzido no País (CONAB, 2012), cultivando,

anualmente, área superior a um milhão de hectares. A produção de arroz em áreas de várzea do Rio Grande do Sul envolve uma série de sistemas de cultivo e práticas agrícolas, como a adubação e o manejo da água de irrigação, que podem influenciar, de forma diferenciada, as emissões de GEE. Assim, é importante identificar entre esses sistemas e práticas culturais utilizados na cultura do arroz alternativas capazes de mitigar a emissão desses gases, sem afetar a produtividade da cultura.

O manejo da água é uma das práticas mais importantes para a produção de arroz e também é tida como a opção mais promissora para a mitigação das emissões de metano (Tyagi et al., 2010). O sistema de irrigação com alagamento contínuo proporciona condições anaeróbias no solo, que favorecem a produção e a emissão de CH₄. Já a supressão da irrigação em determinados períodos durante o cultivo, como realizada nos sistemas de irrigação intermitente, é bastante eficiente na redução das emissões de metano (Towprayoon et al., 2005; Tyagi et al., 2010), pois a aeração temporária, embora tenha a ação de potencializar as emissões de N₂O, promove uma condição aeróbia no solo, que suprime a metanogênese.

Em função do exposto, realizou-se um trabalho com o objetivo de avaliar a influência do sistema de irrigação, por inundação contínua ou intermitente, sobre as emissões de CH₄ e N₂O (GEE) em solo cultivado com arroz.

MATERIAL E MÉTODOS - O experimento foi realizado na safra 2011/2012, em um Planossolo Háplico, na Estação Experimental Terras Baixas, da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS. Foram avaliados os seguintes tratamentos, sendo cada um com três repetições: T1- irrigação contínua [irrigação por inundação iniciada quando as plantas de arroz se encontravam no estágio de quatro folhas (V4), estendendo-se até o estágio de maturação (R9)]; e T2- irrigação intermitente [irrigação por inundação iniciada em V4, sendo mantida, apenas, até o estabelecimento

pleno de lâmina de água, seguida de interrupção da irrigação até o estágio de iniciação da panícula (R0), quando se realizou nova entrada de água, com estabelecimento e manutenção de lâmina de água até a maturação de colheita]. Em ambos os tratamentos, durante o(s) período(s) de irrigação, procurou-se manter uma lâmina de água média de $7,0 \pm 2,0$ cm (Figura 1a).

A semeadura do arroz, cv. BRS Querência, foi realizada em 2 de novembro de 2011. Nesta ocasião, realizou-se adubação básica localizada, com 300 kg ha^{-1} da formulação 5-20-20. Em cobertura, aplicaram-se 110 kg ha^{-1} de N, como ureia, parcelados em duas aplicações, no estágio de quatro folhas (V4), em solo seco antecedendo o início da irrigação, e na iniciação da panícula (R0), sobre a lâmina de água, nas parcelas relativas ao sistema com irrigação contínua, e em solo seco, nas parcelas relativas ao sistema com irrigação intermitente.

As coletas de ar para análise de CH_4 e de N_2O foram realizadas semanalmente, ao longo do período de irrigação do arroz (início de dezembro até o final de março). Para isso, foram instaladas, previamente à inundação do solo, uma base de alumínio ($64 \text{ cm} \times 64 \text{ cm}$) em cada uma das três repetições dos tratamentos. No momento das amostragens, realizadas sempre entre 9 e 11 horas da manhã, câmaras de alumínio foram dispostas sobre as bases, sendo que o fechamento hermético do conjunto câmara-base foi obtido pela colocação de água em canaletas dispostas na parte superior da base, onde a câmara era apoiada (Gomes et al., 2009). As amostras de ar do interior das câmaras foram tomadas manualmente, com o auxílio de seringas de polipropileno (20 mL) nos tempos 0, 5, 10 e 20 minutos após seu fechamento. O ar no interior da câmara foi homogeneizado durante 30 segundos antes de cada amostragem, por meio de ventiladores presentes na parte superior da câmara, e a temperatura interna foi monitorada, com o auxílio de um termômetro digital de haste com visor externo. Imediatamente após as amostragens, as seringas foram acondicionadas em caixa térmica e mantidas sob refrigeração, sendo analisadas em um período inferior a 24 horas, no laboratório de Biogeoquímica Ambiental da UFRGS.

As concentrações de CH_4 e N_2O foram determinadas em cromatógrafo gasoso e os fluxos calculados utilizando-se a equação: $f = (\Delta Q/\Delta t) \cdot (PV/RT) \cdot (M/A)$. Onde: f é o fluxo de CH_4 ou N_2O ($\mu\text{g m}^{-2} \text{ h}^{-1}$), Q é a quantidade do gás ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) na câmara no momento da coleta, t é o tempo da amostragem (min), P é a pressão atmosférica (atm) no interior da câmara - assumida como 1 atm, V é o volume da câmara (L), R é a constante dos gases ideais ($0,08205 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$), T é a temperatura dentro da câmara no momento da amostragem (K), M é a massa molar do gás ($\mu\text{g mol}^{-1}$) e A é a área da base da câmara (m^2). A taxa de aumento de gás no interior da câmara foi obtida pelo coeficiente angular da equação da reta ajustada entre a concentração dos gases e o tempo. A partir dos valores de fluxo calculados, foi estimada a emissão total do período de avaliação (107 dias), calculada pela integração da área sob a curva obtida pela

interpolação dos valores diários de emissão de N_2O e de CH_4 do solo (Gomes et al., 2009). 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 dióxido de carbono - CO_2 (25 vezes para o CH_4 e 298 para o N_2O). Os fluxos diários e a emissão total foram analisados de forma descritiva (média \pm desvio padrão).

RESULTADOS E DISCUSSÃO - Os fluxos iniciais de CH_4 foram praticamente nulos, apresentando aumentos expressivos a partir de 34 dias após o alagamento do solo (DAA) e de 47 DAA, nos tratamentos com sistema de irrigação contínua e intermitente, respectivamente (Figura 1b). Em ambos os tratamentos, ocorreram dois picos de emissão, sendo o primeiro aos 75 DAA e aos 81 DAA, nos tratamentos com irrigação contínua e intermitente, respectivamente; o segundo pico ocorreu aos 103 DAA e aos 96 DAA. O primeiro pico de emissão de CH_4 ocorreu na fase de floração do arroz, provavelmente devido à alta liberação de exudatos radiculares. Já o segundo pico ocorreu na maturação dos grãos, estando relacionado à senescência das raízes do arroz, que favorece a atividade das bactérias metanogênicas, aumentando o fluxo de CH_4 (Aulakh et al., 2000).

As emissões de N_2O foram praticamente nulas na maior parte do período de avaliação, com exceção da primeira coleta, em que foram observados valores de 1837 e de $1563 \text{ mg ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, nos tratamentos com irrigação contínua e intermitente, respectivamente, e da terceira e quarta coletas, para o tratamento intermitente, em que foram obtidas emissões de 952 e de $2541 \text{ mg ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, respectivamente. No período compreendido entre a terceira e a quarta coletas, a interrupção da irrigação no tratamento intermitente proporcionou condições de aeração do solo, pela ausência da lâmina de água por período superior a dez dias. A alternância de condições de aeração e anoxia no solo, como as que ocorreram no início do período de alagamento do solo e durante a supressão da irrigação, no tratamento intermitente, favorecem a desnitrificação e a liberação de N_2O (Kögel-Knabner et al., 2010).

A interrupção da irrigação, a partir do 13º dia de alagamento, no tratamento com irrigação intermitente, induziu a produção e a emissão de N_2O do solo, processo que ocorre devido à entrada e disponibilização de oxigênio no solo, com a produção de N_2O , como produto intermediário dos processos de nitrificação e desnitrificação (Towprayoon et al., 2005). A manutenção da lâmina de água no tratamento com irrigação contínua, assim também como no tratamento intermitente, quando alagado, resultou em um fluxo de N_2O próximo a zero devido à ocorrência de condições estritamente anaeróbias, as quais restringem a emissão de N_2O (Towprayoon et al., 2005). Liu et al. (2010) também não constataram incremento nas taxas de emissão de N_2O durante o cultivo do arroz sob lâmina de água permanente, mesmo após aplicações de nitrogênio (ureia).

A interrupção da irrigação no tratamento com irrigação intermitente reduziu em 22% as emissões totais de CH_4 , passando de $128,4 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1}$, no tratamento com irrigação contínua, para $99,6 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1}$, no

tratamento com irrigação intermitente (Figura 2a). A produção de CH₄ no solo (metanogênese) requer condições anaeróbicas, pois é restrita a micro-organismos anaeróbios obrigatórios, que são sensíveis ao oxigênio (Silva et al., 2008), que é acumulado no solo após o desaparecimento da lâmina de água no tratamento com irrigação intermitente.

O sistema de irrigação intermitente promove incremento na eficiência de uso da água pelo arroz, sem prejuízo para seu desempenho produtivo (Scivittaro et al., 2011). Por outro lado, tende a potencializar a emissão de N₂O do solo. Conforme se observa na figura 2b, a emissão total de N₂O durante o período de 107 dias de avaliação foi quase três vezes superior no tratamento intermitente (0,60 kg N₂O ha⁻¹), comparativamente ao tratamento contínuo (0,22 kg N₂O ha⁻¹). É provável que no sistema intermitente tenha ocorrido alternância das condições de oxidação/redução, promovendo alternância dos processos de nitrificação e desnitrificação, intensificando a produção e emissão de N₂O, principalmente no período em que houve a interrupção da irrigação.

O potencial de aquecimento global parcial (PAGp), calculado em equivalente de CO₂ (Figura 3), foi de 3274 kg CO₂ equiv. ha⁻¹, no sistema de irrigação contínua, e de 2668 kg CO₂ equiv. ha⁻¹, no sistema intermitente, representando uma diferença de 19%. Segundo Zschornack et al. (2011), no sistema de irrigação contínua, a emissão de CH₄ é bem maior que as emissões de N₂O, podendo responder por mais de 90% da composição do potencial de aquecimento global parcial.

CONCLUSÕES - O manejo da irrigação intermitente promove mitigação nas emissões de metano do solo em cultivo de arroz; porém, potencializa as emissões de óxido nitroso. Ainda assim, este manejo da água é mais eficiente na redução do potencial de aquecimento global, em relação à irrigação por inundação contínua.

AGRADECIMENTOS - Os autores agradecem ao CNPq e à FAPERGS, pelo auxílio financeiro e bolsas de estudo.

REFERÊNCIAS

AULAKH, M.S.; WASSMANN, R.; RENNENBERG, H.; et al. Pattern and amount of aerenchyma relate to variable methane transport capacity of different rice cultivars. **Plant Biology**, 2(2):182-194, 2000.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). 8º **Levantamento de safras 2011/2012**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acessado em 31/05/2012.

CONRAD, R. Control of microbial methane production in wetland rice fields. **Nutr. Cycl. Agroecosyst.** 64:59-69, 2002.

GOMES, J.; BAYER, C.; COSTA, F.S.; PICCOLO, M.C.; ZANATTA, J.A.; VIEIRA, F.C.B.; SIX, J. Soil nitrous oxide emissions in long-term cover crops-based rotations under subtropical climate. **Soil and Tillage Research**, 106(1):36-44, 2009.

KÖGEL-KNABNER, I.; AMELUNG, W.; CAO, Z.; FIEDLER, S.; FRENZEL, P.; JAHN, R.; KALBITZ, K.; KÖLBL, A.; SCHLOTTER, M. Biogeochemistry of paddy soils. **Geoderma**, 157:1-14, 2010.

LIU, S.; QIN, Y.; ZOU, J.; LIU, Q. 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**. 408:906-913, 2010.

MOSIER, A.R. Chamber and isotope techniques. In: ANDREAE, M.O.; SCHIMMEL, D.S. (Eds.). **Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere**: report of the Dahlem Workshop. Berlin, Wiley, 1989. p.175-187.

SCIVITTARO, W.B.; SILVA, P.S da; STEINMETZ, S.; SEVERO, A.C.M. Uso da água pelo arroz: efeito do período de supressão da irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 7., Balneário Camboriú, 2011. **Anais...** Itajaí, SOSBAI, 2011. v.2, p.315-318.

SILVA, L.S.; SOUSA, R.O.; POCOJESKI, E. Dinâmica da matéria orgânica em ambientes alagados. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo**. Porto Alegre, Metrópole, 2008. p.525-544.

TOWPRAYOON, S.; SMAKGAHN, K.; POONKAEW S. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from drained irrigated rice fields. **Chemosphere**, 59(11), p.1547-1556, 2005.

TYAGI, L.; KUMARI, B.; SINGH, S.N. Water management - a tool for methane mitigation from irrigated paddy fields. **Science of Total Environment**, 408(5):1085-1090, 2010.

ZSCHORNACK, T.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A.; VIEIRA, F.C.B.; ANGHINONI, I. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from flood-irrigated rice by no incorporation of winter crop residues into the soil. **R. Bras. Ci. Solo**, 35:623-634, 2011.

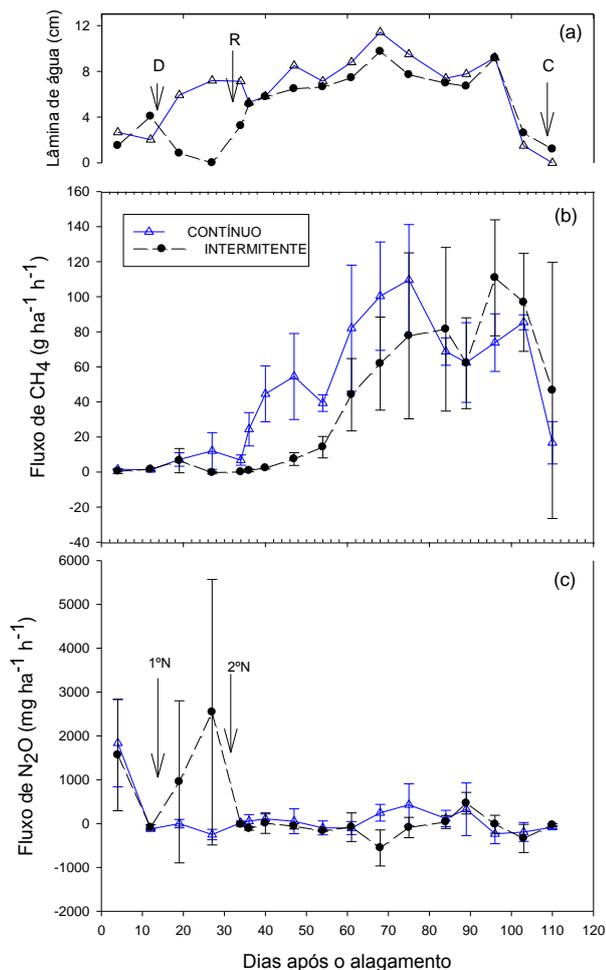


Figura 1 - Altura da lâmina de água (a), fluxo de CH₄ (b) e fluxo de N₂O (c) em Planossolo cultivado com arroz irrigado por inundação contínua e intermitente. D = interrupção da irrigação; R = re-entrada da água; C = colheita; 1°N e 2°N = primeira e segunda coberturas nitrogenadas, respectivamente. Barras verticais representam o desvio padrão da média.

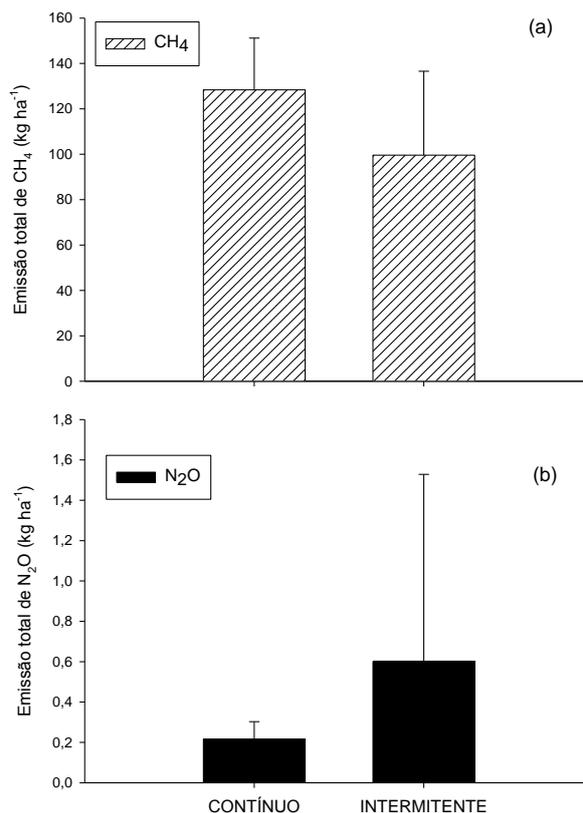


Figura 2 - Emissão total de CH₄ (a) e de N₂O (b) em Planossolo cultivado com arroz irrigado por inundação contínua e intermitente. Barras verticais representam o desvio padrão da média.

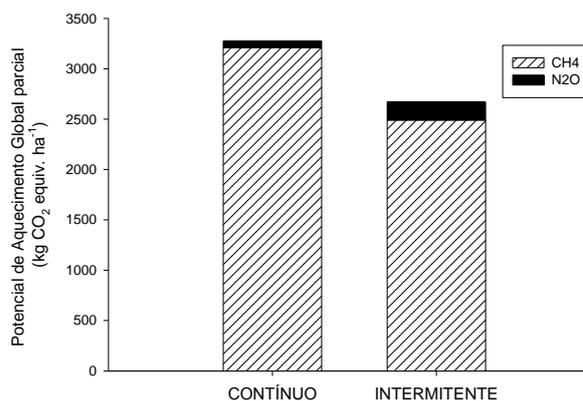


Figura 3 - Potencial de Aquecimento Global parcial (PAGp) em Planossolo cultivado com arroz irrigado por inundação contínua e intermitente.