

Emissão de CH₄ e N₂O em sistemas de produção de arroz irrigado sob diferentes níveis de tecnologia⁽¹⁾

Daiane Carvalho dos Santos⁽²⁾; Estefânia Silva Camargo⁽³⁾; Tiago Zschornack⁽⁴⁾; Madalena Boeni⁽⁴⁾; Cimélio Bayer⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Instituto Rio Grandense do Arroz Irrigado (IRGA).

⁽²⁾ Pós-Doutoranda; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Porto Alegre, RS; santos.daianec@gmail.com; ⁽³⁾ Doutoranda; Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ⁽⁴⁾ Pesquisadores Estação Experimental Agronômica – Instituto Rio Grandense do Arroz; ⁽⁵⁾ Professor; Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RESUMO: O aumento nos níveis de tecnologia empregado na produção de arroz pode interferir tanto no rendimento quanto nas emissões de gases de efeito estufa (GEE). O presente estudo teve por objetivo avaliar o impacto da adoção de diferentes níveis de tecnologia na produção de arroz sobre as emissões de GEE e avaliar a contribuição das emissões de CH₄ e de N₂O para o potencial de aquecimento global (PAG). O estudo foi conduzido no Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), em Cachoeirinha, RS, em um Gleissolo Háptico. Os níveis de tecnologia consistiram de diferentes épocas de semeadura, níveis de adubação, e diferentes cultivares. Utilizou-se o método das câmaras estáticas, as coletas foram semanais, e a concentração de N₂O e CH₄ foram determinadas por cromatografia gasosa. As emissões de CH₄ foram afetadas pelo uso de diferentes níveis de tecnologia, sendo maiores no nível alto de tecnologia. Além do menor efeito dos níveis de tecnologia nas emissões de N₂O, este gás contribuiu com menos de 10% do PAG parcial.

Termos de indexação: *Oryza sativa*, gases de efeito estufa, potencial de aquecimento global.

INTRODUÇÃO

A concentração atmosférica dos principais gases do efeito estufa (GEE) está elevando-se a taxas anuais de 0,5% para o dióxido de C (CO₂), 0,8% para o metano (CH₄) e 1% para o óxido nitroso (N₂O), sendo estimado um aumento médio de 3°C na temperatura global até 2100, com sérias consequências ambientais, sociais e econômicas (IPCC, 2007).

Do ponto de vista ambiental, no Brasil, a atividade agrícola é uma das principais responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE), contribuindo com cerca de 75% das emissões de CO₂, 94% das emissões de N₂O e 91% das emissões de CH₄, oriundas de atividades agrícolas (IPCC, 2007). Dentre todas as atividades agrícolas envolvidas na produção e emissão de GEE, o cultivo de arroz irrigado responde por aproximadamente 15-20% do CH₄ antropogênico emitido, cujo a produção é

relacionada à decomposições anaeróbicas favorecidas nestes ambientes.

O atual sistema de produção de grãos, sob o ponto de vista sustentável, busca atender as demandas sócio-econômicas, com ênfase na maximização do uso dos recursos, sejam eles na forma de insumos e/ou de recursos naturais, de forma a amenizar o impacto da atividade sobre o agroecossistema. A produção de arroz no RS, nos últimos anos, tem se destacado diante das demais culturas anuais, especialmente pelo aumento significativo no rendimento de grãos por unidade de área. Esse resultado, dentre vários fatores, se deve principalmente ao aumento na quantidade de insumos utilizados na lavoura, sobretudo de fertilizantes, bem como pelo surgimento de novas cultivares e pela adoção de boas práticas agrícolas.

O aumento nos níveis de tecnologia para a produção de arroz, especialmente no que diz respeito ao aumento da quantidade de insumos, pode interferir nas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE).

Neste sentido, o presente estudo teve por objetivo (i) avaliar o impacto da adoção de diferentes níveis de tecnologia na produção de arroz sobre as emissões de GEE e (ii) avaliar a contribuição das emissões de CH₄ e de N₂O para o potencial de aquecimento global buscando assim estratégias que minimizem as emissões de GEE e aumentem a produtividade do arroz.

MATERIAL E MÉTODOS

Características da área experimental

O estudo foi conduzido na Estação Experimental do Instituto Rio Grandense do Arroz (IRGA), em Cachoeirinha, RS (29° 57' 02" S e 51° 06' 02" W) durante a safra 2011/2012. O clima da região é do tipo subtropical úmido (Cfa) conforme classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 20 °C e a precipitação média anual de 1.394 mm (de 1976 - 2002). O solo da área experimental foi classificado como um Gleissolo Háptico (Embrapa, 2006).

Práticas de manejo e delineamento experimental

Os tratamentos constaram de duas épocas de semeadura do arroz (uma considerada precoce e outra preferencial), três níveis de manejo (médio,

alto e muito alto) e três cultivares (variedades IRGA 424, PUITÁ e Híbrido 9). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, dispostos em parcelas subdivididas, com três repetições. As épocas de semeadura estão locadas nas parcelas principais, os níveis de manejo nas subparcelas e as cultivares nas subsubparcelas. O arroz irrigado está sendo conduzido no sistema de cultivo mínimo, em sucessão ao azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) como cultura de cobertura no inverno. Na época precoce, o arroz foi semeado na segunda quinzena de setembro e, na época preferencial, na segunda quinzena de outubro.

Os níveis de manejo da cultura seguiram as recomendações técnicas para a cultura do arroz irrigado (SOSBAI, 2010), para obter incrementos de produtividade de grãos de 2,0; 3,5 e 5,0 t ha⁻¹ em relação à testemunha sem adubação. Os níveis de manejos se diferenciaram quanto à densidade de semeadura, adubação de base e de cobertura, época de entrada da água, quantidade de massa seca da cobertura de solo no inverno, tratamento de sementes e aplicação de fungicida foliar (Tabela 1). A aplicação de herbicida (produto e dose) foi padronizada para os três níveis de manejo e para as duas épocas de semeadura.

Coleta das amostras de ar e análises dos gases

A coleta das amostras de ar foi realizada em câmaras de alumínio (64 x 64 cm), segundo o método da câmara estática fechada (Mosier, 1989). Como o objetivo do trabalho foi avaliar a influência dos diferentes níveis de tecnologia (médio, alto e muito alto) nas emissões de GEE, as coletas foram realizadas apenas na época precoce e nas parcelas semeadas com a cultivar 424. As coletas foram realizadas semanalmente, de setembro a fevereiro (safra) aos 0, 5, 10 e 20 minutos, sendo coletadas sempre pela manhã, período no qual a emissão obtida corresponde aproximadamente à emissão média diária.

As concentrações de metano (CH₄) e de óxido nítrico (N₂O) nas amostras de ar foram analisadas por cromatografia gasosa no Laboratório de Biogeoquímica Ambiental da UFRGS. Os fluxos ou taxas de emissão dos gases foram obtidos pela relação linear entre a variação da concentração dos gases e o tempo de coleta. As emissões determinadas foram assumidas como emissões médias diárias e as emissões acumuladas foram calculadas a partir da integração da área sob a curva estabelecida pela interpolação dos fluxos diários de emissão. O potencial de aquecimento global (PAG) foi calculado convertendo-se emissões de CH₄ e de N₂O para CO₂ equivalente (kg CO₂ equiv. ha⁻¹), segundo a equação: PAG = (CH₄x25) + (N₂Ox298). Os fluxos diários e a emissão

acumulada durante o período avaliado foram analisados por estatística descritiva (média ± desvio padrão).

Tabela 1 - Insumos e operações realizadas na cultura do arroz irrigado em função dos níveis de manejo, em duas épocas de semeadura (precoce e preferencial), no terceiro ano de realização do experimento, estação de crescimento 2011/12. Cachoeirinha, RS.

Insumos e operações realizadas	Níveis de manejo		
	Médio	Alto	Muito Alto
Sementes (kg ha ⁻¹)			
Variedade IRGA 424 E	120	100	80
PUITÁ			
Híbrido 9	50	50	50
Adubação na semeadura – 5-20-30 (kg ha ⁻¹)	200	350	500
Adubação de N em cobertura (kg ha ⁻¹)			
Primeira aplicação de N*	V4	V3	V3
Aplicação de Herbicida	V4	V3	V3
Segunda aplicação de N	V8	V8	V8
Tratamento de sementes	Inseticida	Inseticida + Fungicida	Inseticida + Fungicida + Micronutrientes
Fungicida foliar	Não	1x em R2	2x em R2 e 15 dias após R2
Entrada da H ₂ O ¹	V4	V3	V2
Cobertura no inverno	Azevém sem adubação de N	Azevém com adubação de N	Azevém com adubação de N

Segundo escala de Counce et al. (2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de emissão de CH₄ em todos os sistemas de preparo manteve-se abaixo de 100 g CH₄ ha⁻¹ h⁻¹ até o 40º dia após o alagamento (DAA) do solo (Figura 1a). Posteriormente a este período, os fluxos de CH₄ aumentaram progressivamente.

As emissões de CH₄ aumentaram no final do estágio vegetativo e início do estágio reprodutivo (29º– 42º DAI) (Figura 1a), sendo este normalmente atribuído à decomposição dos resíduos culturais remanescentes (Le Mer & Roger, 2001). O aporte de C ao solo por meio dos resíduos vegetais potencializa as emissões de CH₄ (Naser et al., 2007).

Os picos subsequentes de CH₄ aconteceram durante o estágio reprodutivo (72ºDAI) e no estágio de maturação do arroz (98º e 102º DAI) (Figura 1a). O pico de emissão verificado no estágio reprodutivo ocorreu durante o florescimento do arroz, período onde a liberação de C na rizosfera atinge o seu ápice (Lu et al., 2000). Segundo Aulakh et al. (2001), entre 30-60% do C fotossintetizado pelas plantas de

arroz é alocado no sistema radicular, sendo que uma parte significativa desse C é secretado pelas raízes na forma de compostos orgânicos, os quais se constituem em importante fonte de C para os microrganismos metanogênicos (Neue et al., 1997).

Dentre as práticas que normalmente resultam no aumento dos fluxos de N_2O do solo está a adubação nitrogenada. No entanto, durante os períodos de coletas, não foi possível verificar os picos de emissões de N_2O realizadas nos estágios de desenvolvimento V3 e V4 do arroz (Figura 1b).

As emissões acumuladas de CH_4 atingiram 570, 745 e 400 kg de CH_4 ha^{-1} (Figura 2a) nos níveis muito alto, alto e médio, respectivamente. Esses valores são superiores aos encontrados nas safras 2009/10 e 2010/11, quando as maiores emissões alcançaram 504 e 397 kg CH_4 ha^{-1} nas safras 2009/10 e 2010/11, respectivamente (dados não apresentados).

As maiores emissões de CH_4 na safra 2011/12, verificadas no nível alto de tecnologia, coincidem com os resultados encontrados nas safras anteriores, ou seja, durante as três safras em que o experimento foi avaliado, as maiores emissões de CH_4 sempre ocorreram no nível alto de tecnologia. Na média das 3 safras, as emissões de CH_4 foram de 329; 549 e 412 kg ha^{-1} para os níveis de tecnologia médio, alto e muito alto, respectivamente.

Na emissão acumulada de N_2O (Figura 2b) ao invés do solo atuar como fonte de N_2O , houve absorção de N_2O pelo solo para os níveis de tecnologia muito alto e alto, de forma que essa absorção se refletiu em valores negativos de emissão de N_2O do solo.

As emissões de CH_4 e de N_2O convertidas para kg CO_2 equivalente ha^{-1} (base equiparável) mostram a expressiva contribuição do CH_4 para o potencial de aquecimento global (PAG) durante o cultivo de arroz irrigado (Figura 3), corroborando os resultados encontrados nos demais experimentos e nas safras passadas. Na presente safra, a participação do CH_4 no PAG foi superior a 97%, similar aos dados encontrados nas safras anteriores. Entre os níveis de tecnologia, verificou-se que o arroz produzido com nível alto de tecnologia teve maior contribuição para o PAG, em virtude da sua maior emissão de CH_4 .

Com base no $PAG_{\text{parc.}}/Rend_{\text{arroz}}$, o cultivo de arroz sob o nível médio de tecnologia mostrou-se mais efetivo em mitigar o $PAG_{\text{parc.}}$, apresentando valor de 1,03 kg de CO_2 equiv. por kg de arroz produzido (Figura 3b). Enquanto que no sistema de cultivo sob o nível de tecnologia alto este índice foi de 1,78 kg CO_2 equiv. kg de arroz $^{-1}$, apresentando maior emissão de gases por kg de arroz produzido.

CONCLUSÕES

As emissões de CH_4 foram afetadas pelo uso de diferentes níveis de tecnologia, sendo maiores no nível alto de tecnologia.

A adubação nitrogenada em cobertura não efeito detectável nas emissões de N_2O do solo.

Em solos cultivados com arroz irrigado a contribuição do CH_4 para o Potencial de Aquecimento Global é superior à contribuição do N_2O e foi maior no nível alto de tecnologia.

REFERÊNCIAS

AULAKH, M. S.; KHERA, T. S.; DORAN, J. W.; BRONSON, K. F. Denitrification, N_2O and CO_2 fluxes in rice-wheat cropping system as affected by crop residues, fertilizer N and legume green manure. *Biology and Fertility of Soils*, 34:375-389, 2001.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

IPCC - Climate Change 2007: The Physical Science Basis: Summary for Policymakers.

LE MER, J.; ROGER, P. Production, oxidation, emission and consumption of methane by soils: a review. *European Journal of Soil Biology*, 37:25-50, 2001.

LU, Y.; WASSMANN, R.; NEUE, H-U; CHANGYONG, H. Dynamics of dissolved organic carbon and methane emissions in a flooded rice. *Soil Science Society America Journal*, 64:2011-2017, 2000.

NASER, H. M.; NAGATA, O.; TAMURA, S.; HATANO, R. Methane emissions from five paddy fields with different amounts of rice straw application in central Hokkaido, Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*, 53: 95-101, 2007.

NEUE, H. U.; WASSMANN, R.; KLUDZE, H. K.; BUJUN, W.; LANTIN, R. S. Factors and processes controlling methane emissions from rice fields. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 49:111-117, 1997.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO – SOSBAI. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil. Bento Gonçalves, 2010. 188 p.

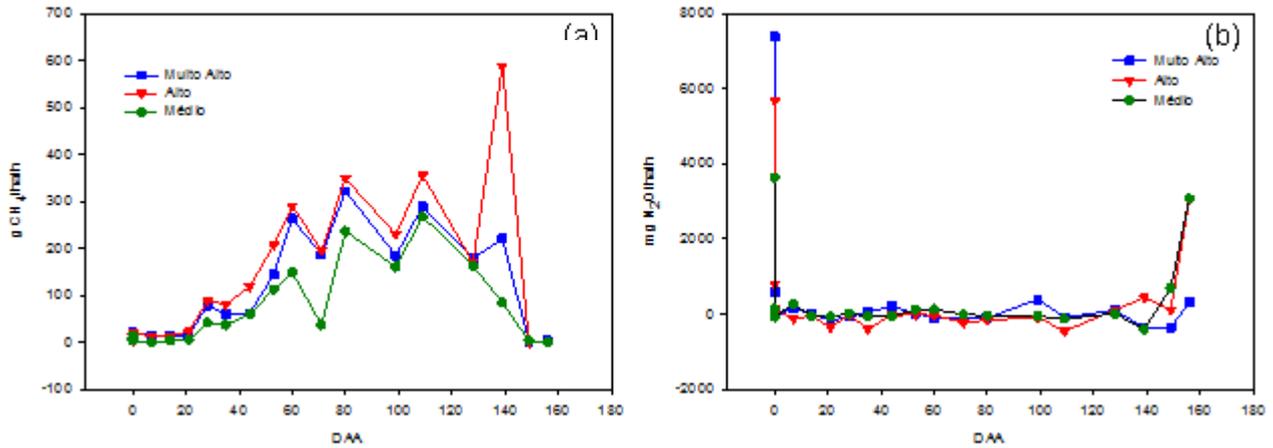


Figura 1 - Fluxos de emissão de metano (a) e óxido nitroso (b) em um Gleissolo Háplico cultivado com arroz irrigado na safra 2011/2012 sob diferentes níveis de tecnologia.

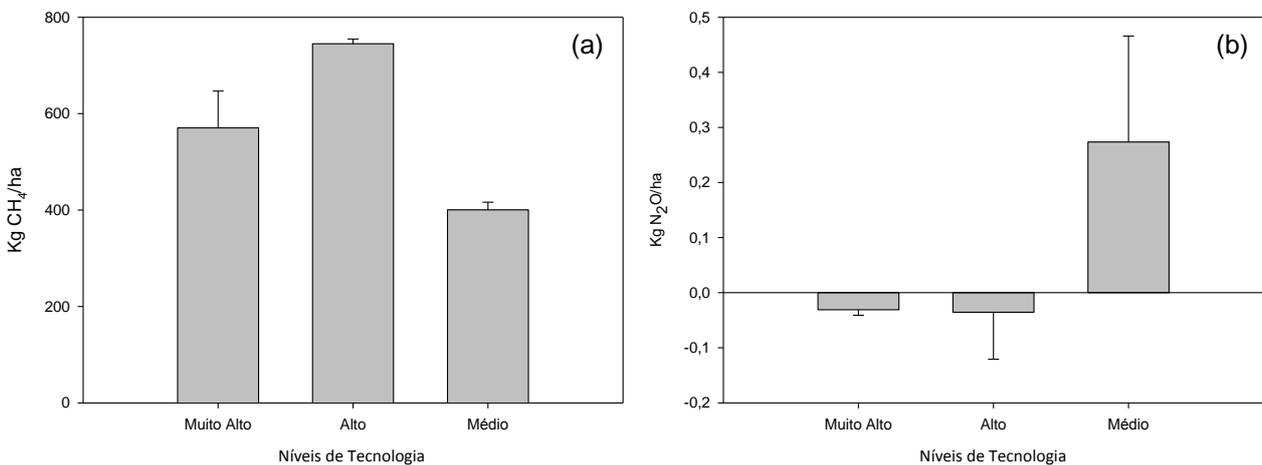


Figura 2 – Emissão acumulada de (a) metano – CH_4 e de (b) óxido nitroso – N_2O em um Gleissolo Háplico cultivado com arroz irrigado na safra de 2011/2012 sob diferentes níveis de tecnologia.

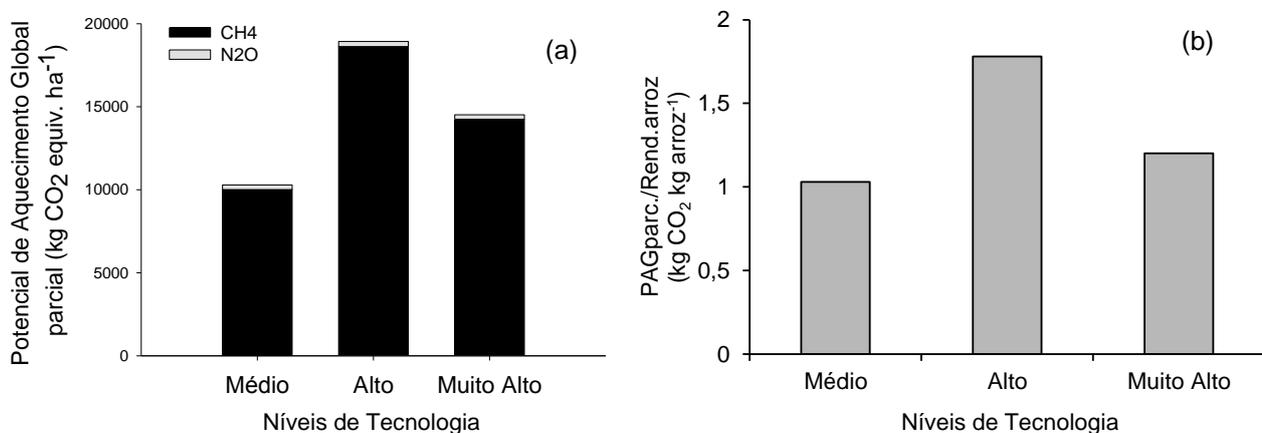


Figura 3 - Potencial de aquecimento global parcial (a) e $\text{PAG}_{\text{parcial}}$ /rendimento de arroz (b) sob diferentes níveis de tecnologia em um Gleissolo Háplico cultivado com arroz irrigado na safra 2011/2012.