

POTENCIAL DE MITIGAÇÃO DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO USO DE BACTÉRIAS DIAZOTRÓFICAS EM ARROZ IRRIGADO

Eduarda Ehlert Vasconcelos¹; Nathália Furtado Luccas²; Henrique Aranha Silveira de Carvalho³; Samuel Pieper Griep⁴; Karolina Furtado F. Nobre⁵; Nathan Roschildt⁶; Walkyria Bueno Scivittaro⁷

Palavras-chave: arroz irrigado, gás de efeito estufa, mitigação, nitrogênio, FBN

INTRODUÇÃO

O desempenho da lavoura de arroz está fortemente associada à adequação das práticas de manejo da cultura, com destaque para a adubação. O nitrogênio (N) está entre os nutrientes mais importantes para a nutrição da cultura, sendo essencial para o alcance de produtividades elevadas. Os fertilizantes minerais são a principal fonte de N para a cultura de arroz; apresentam, porém, eficiência agrônômica bastante baixa, o que limita a produtividade de grãos, onera os custos de produção e pode causar problemas de poluição ambiental. O manejo inadequado de fertilizantes nitrogenados gera formas gasosas ou compostos solúveis que poluem o ar e contaminam os mananciais hídricos (JANTALIA et al., 2012).

Nos últimos anos, alternativas tecnológicas às fontes minerais de N têm sido consideradas como forma de reduzir a dependência de fertilizantes minerais e seu impacto negativo ao meio ambiente. A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é uma alternativa sustentável ao uso de fontes minerais de N. Em cereais, como o arroz, a FBN é realizada por bactérias diazotróficas, que são microrganismos benéficos capazes de colonizar caules e folhas, que se estabelecem no ambiente endofítico, promovendo o crescimento das plantas (OSÓRIO FILHO et al., 2014). Os microrganismos diazotróficos têm capacidade de suprir cerca de 20-30% das necessidades de N de cereais (DÖBEREINER et al., 2000), reduzindo o uso de fertilizantes nitrogenados minerais. Estudo realizado nas terras baixas do Rio Grande do Sul demonstrou interação positiva de bactérias diazotróficas com genótipos de arroz irrigado (MATTOS et al., 2012).

A despeito dos benefícios potenciais da FBN no cultivo de arroz irrigado, essa alternativa tecnológica ainda precisa ser criteriosamente avaliada pela pesquisa, com vistas ao estabelecimento de sua eficácia em diferentes sistemas de produção e condições edafoclimáticas, bem como de seu impacto ao meio ambiente. Com relação a esse último aspecto, destaca-se a necessidade de verificação de seu potencial mitigador de emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Diversos fatores podem influenciar a produção e emissão de GEE em solos cultivados com arroz irrigado, incluindo o manejo da adubação. Dentre as práticas agrícolas com maior efeito sobre a emissão de óxido nitroso (N₂O) está a fertilização nitrogenada (MALYAN et al., 2016). A adubação pode garantir alta produtividade ao arroz, mas, por outro lado, a aplicação de N como ureia aumenta as emissões de metano (CH₄), devido à diminuição do potencial redox, favorecendo os processos metanogênicos.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o potencial de mitigação de emissão de GEE associado ao uso de bactérias diazotróficas endofíticas combinadas à adubação mineral na cultura de arroz irrigado.

¹ Graduanda em Agronomia, FAEM-UFPEL, Caixa Postal 354, CEP 96160-000, Capão do Leão-RS, eduardavasconcelos2000@gmail.com

² Engenheira Agrônoma, nathalialuccas@gmail.com

³ Graduando em Agronomia, FAEM-UFPEL, H.aranha@outlook.com

⁴ Graduando em Agronomia, FAEM-UFPEL, samuel.griep@gmail.com

⁵ Graduanda em Agronomia, FAEM-UFPEL, karolinafurfnobre@gmail.com

⁶ Mestrando do PPG-MACSA, UFPEL, nathan-nrt@hotmail.com

⁷ Engenheira Agrônoma, Dra., Pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, walkyria.scivittaro@embrapa.br

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado sob condições de campo, na safra agrícola 2021/2022, em um Planossolo Háptico, no Centro Tecnológico da empresa RiceTec Sementes LTDA, em Capão do Leão, RS. Aproveitou a infraestrutura de experimento de avaliação da interação entre adubação nitrogenada mineral e inoculante de bactérias diazotróficas na cultura de arroz irrigado, que compreendeu seis tratamentos: T1- testemunha com omissão da adubação nitrogenada em cobertura e sem o uso de inoculante de bactérias diazotróficas (IBD); T2- tratamento controle representado por 100% dose recomendada de N para o arroz (DRN), como ureia, estabelecida de acordo com os resultados da análise química de solo e considerando expectativa alta de resposta da cultura à adubação (120 kg ha⁻¹ de N) (REUNIÃO..., 2018); T3- 75% DRN (90 kg ha⁻¹ de N); T4- uso de IBD; T5- 100% DRN associado ao uso de IBD; e T6- 75% DRN associado ao uso de IBD. As avaliações de emissões de GEE foram realizadas, apenas, nos tratamentos T2, T5 e T6.

A adubação nitrogenada mineral em cobertura para o arroz foi parcelada entre os estádios V3/V4 e R0. Como fonte de N, utilizou-se ureia. Na semeadura, todos os tratamentos receberam a aplicação de 240 kg ha⁻¹ da formulação 10-48-00. Para os tratamentos T4 a T6, as sementes de arroz foram inoculadas com consórcio de bactérias diazotróficas endofíticas contendo os acessos CMM 176, CMM 197 e CMM 205, oriundos da Coleção Microrganismos Multifuncionais de Clima Temperado. O inoculante com concentração celular de 10⁸ UFC g⁻¹ de turfa foi aplicado às sementes de arroz da cultivar BRS Pampa CL 4 h antes da semeadura. A adubação do arroz foi complementada pela aplicação de 120 kg ha⁻¹ de K₂O, como cloreto de potássio, no estádio V3/V4.

Para a avaliação das emissões de GEE, utilizou-se o método da câmara estática fechada (MOSIER, 1989). Essas foram realizadas em triplicada, em intervalos regulares de 7 dias, iniciando no estádio V3/V4 e estendendo-se até uma semana após a colheita do arroz. As amostras de ar foram analisadas por cromatografia gasosa. Os fluxos de CH₄ e N₂O 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 e o potencial de aquecimento global parcial (PAGp) da cultura. Os fluxos diários de CH₄ e N₂O foram analisados de forma descritiva (média ± desvio padrão) e as médias das emissões totais e PAGp comparados pelo teste de Tukey (p<0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os fluxos de N₂O do solo ao longo do período de cultivo do arroz foram semelhantes para os tratamentos, com eventual variação em magnitude no período inicial de avaliação. O pico máximo de emissão de N₂O ocorreu no 6º dia após o início das avaliações (DAA), com valores correspondentes a 31.549; 17.320 e 3.126 mg N₂O ha⁻¹ h⁻¹, sendo o valor mais alto correspondente ao tratamento com aplicação de 75% da DRN associado ao uso de IBD. Por outro lado, o tratamento 100% DRN/IBD proporcionou o pico máximo de emissão de N₂O de menor, enquanto o tratamento onde se utilizou apenas fertilizante mineral (100% DRN) apresentou desempenho intermediário entre os demais (Figura 1a). A emissão máxima de N₂O ocorreu alguns dias após a primeira cobertura com N e entrada de água na lavoura de arroz, sendo atribuída à recente aplicação de N, associada à variação na umidade e, conseqüentemente, nas condições de oxirredução do solo, que regulam a intensidade dos processos de nitrificação e desnitrificação (ADVIENTO-BORBE et al., 2013), que mediam a produção de N₂O. No restante do período de avaliação, os fluxos de N₂O foram praticamente nulos, em razão da estabilidade da lâmina de água, favorecendo a condição de solo anaeróbico e limitando os processos de nitrificação/desnitrificação, que têm o N₂O como produto intermediário.

Os fluxos de CH₄ do solo foram característicos de cultivo de arroz irrigado, iniciando baixos e aumentando gradativamente a partir da segunda cobertura com N (Figura 1b), prática que

estimula o crescimento das plantas e a exsudação radicular. Para todos os tratamentos, o primeiro pico elevado de emissão de CH_4 ocorreu no 50º DAA, decrescendo em seguida, possivelmente devido à instabilidade temporária na lâmina de irrigação do arroz, promovendo a oxidação do solo. Sob condições anaeróbicas, a produção de CH_4 é controlada pela disponibilidade de substratos de C oriundos da mineralização de matéria orgânica do solo, pela redução dos aceptores finais de elétrons e pela atividade metanogênica (DALAL et al., 2008). Os fluxos de CH_4 aumentaram novamente durante a fase reprodutiva, quando as plantas apresentam maior quantidade de biomassa de raízes, fornecendo maior quantidade de substrato para a metanogênese (NEUE, 1993). O comportamento dos fluxos de CH_4 foi semelhante para todos os tratamentos, variando, apenas, em magnitude. O maior pico de emissão ocorreu no 78º DAA, antecedendo o final da fase de floração e início da maturação dos grãos. Nesse momento, as emissões totalizaram $444 \text{ g CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ no tratamento 75% DRN/IBD; $437 \text{ g CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, para o tratamento 100% DRN, e $340 \text{ g CH}_4 \text{ ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$, para o tratamento 100% DRN/IBD (Figura 1b).

As emissões sazonais de N_2O foram baixas para todos os tratamentos. Em cultivos de arroz irrigado, o potencial de emissão de N_2O do solo é normalmente baixo, devida à estabilidade das condições de oxirredução do solo. O tratamento em que se associou 100% DRN ao uso de inoculante de bactérias diazotróficas proporcionou emissões de N_2O praticamente nula ($0,6 \text{ kg N}_2\text{O ha}^{-1}$), sendo inferior aos demais tratamentos ($3,3$ e $3,8 \text{ kg N}_2\text{O ha}^{-1}$), que não diferiram entre si. Por sua vez, as emissões sazonais de CH_4 não diferiram entre os tratamentos de manejo do N para o arroz. Os totais medidos corresponderam a $390,4 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1}$, para o tratamento 75% DRN/IBD; $346,4 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1}$, para o tratamento 100% DRN/IBD e $313,9 \text{ kg CH}_4 \text{ ha}^{-1}$, para o tratamento com 100% DRN.

Independentemente do tratamento, o CH_4 foi o principal componente do Potencial de Aquecimento Global parcial (PAGp) do arroz, respondendo por mais de 90% do total. Os valores de PAGp não variaram entre os manejo do N para o arroz. O valor do PAGp do tratamento 75% DRN/IBD foi de $14.408,3 \text{ kg CO}_2 \text{ eq. ha}^{-1}$, sendo 17% e 19% maior que o PAGp dos tratamentos 100% DRN/IBD2 e 100% DRN, respectivamente.

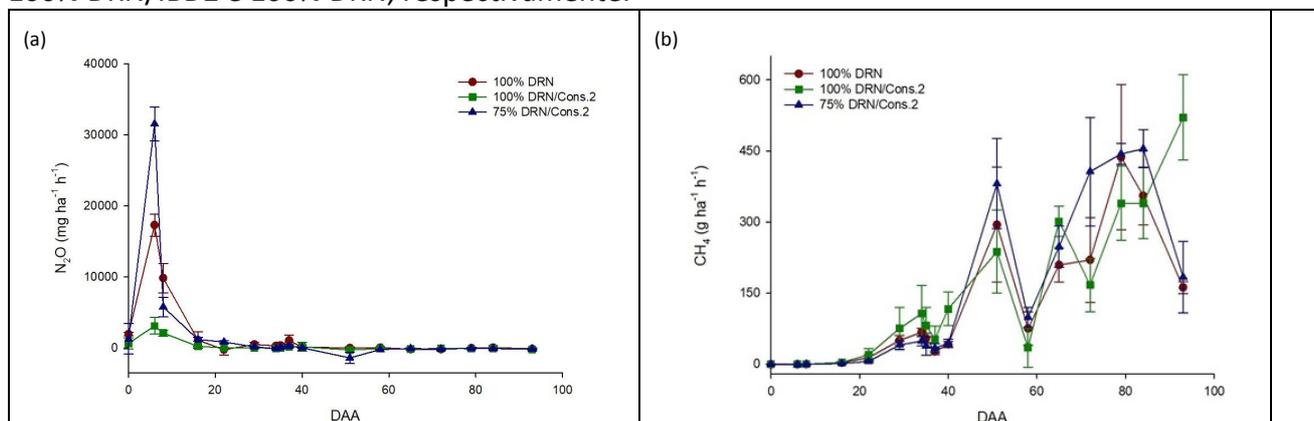


Figura 1. Fluxos de CH_4 (a) e N_2O (b) em Planossolo cultivado com arroz irrigado, em função da interação entre inoculante de bactéria diazotrófica e doses de nitrogênio.

CONCLUSÃO

A substituição parcial da adubação nitrogenada mineral pelo uso de inoculante de bactérias diazotróficas endofíticas reduz as emissões de N_2O do arroz irrigado. Por sua vez, os fluxos de CH_4 da cultura mantêm-se invariáveis, independentemente do manejo do nitrogênio.

A combinação de fertilizante nitrogenado mineral e inoculante de bactérias diazotróficas endofíticas apresenta potencial mitigador de emissões de N_2O da cultura de arroz irrigado, embora não reduza o potencial de aquecimento global parcial da cultura, devido à elevada

contribuição do CH₄ para as emissões de GEE do arroz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADVIENTO-BORBE, M. A.; PITTELKOW, C. M.; ANDERS, M.; VAN KESSEL, C.; HILL, J. E.; MCCLUNG, A. M.; SIX, J.; LINQUIST, B. A. Optimal fertilizer nitrogen rates and yield-scaled global warming potential in drill seeded rice. *Journal of Environmental Quality*, v. 42, n. 6, p. 1623-1634, 2013.
- DALAL, R. C.; ALLEN, D. E. Magnitude and biophysical regulators of methane emission and consumption in the Australian agricultural, forest, and submerged landscapes: a review. *Plant and Soil*, v. 309, p. 43-76, 2008.
- DÖBEREINER, J. Fixação de nitrogênio em associação com gramíneas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. *Microbiologia do solo*. Campinas: SBCS, p. 173-179, 2000.
- JANTALIA, C. P.; HALVORSON, A. D.; FOLLETT, R. F.; ALVES, B. J. R.; POLIDORO, J. C.; URQUIAGA, S. Nitrogen source effects on ammonia volatilization as measured with semi-static chambers. *Agronomy Journal*, v. 104, n. 6, p. 1595-1603, 2012.
- MALYAN, S. K.; BHATIA, A.; KUMAR, A.; GUPTA, D. K.; SINGH, R.; KUMAR, S. S.; TOMER, R.; KUMAR, O.; JAIN, K. Methane production, oxidation and mitigation: a mechanistic understanding and comprehensive evaluation of influencing factors. *Science of the Total Environment*, v. 572, p. 874-896, 2016.
- MATTOS, M. L. T.; FAGUNDES, P. R. R.; SCIVITTARO, W. B.; GUIDONI, A. L.; GALARZ, L. A.; FACIO, M. L. P. Seleção de bactérias endofíticas diazotróficas para a fixação de nitrogênio na cultivar de arroz irrigado BRS Pampa. In: FERTBIO 2012, Maceió. Anais... Maceió: SBCS, 2012. 1. CD-ROM.
- MOSIER, A. R. Chamber and isotope techniques. In: ANDREAE, M. O.; SCHIMEL, D. S. (Ed.). *Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere*. Berlin: Wiley, 1989. p. 175-187.
- NEUE, H. U. Methane emission from rice fields. *Bioscience*, v. 43, n. 7, p. 466-474, 1993.
- OSÓRIO FILHO, B. D.; GANO, K. A.; BINZ, A.; LIMA, R. F.; AGUILAR, L. M.; RAMIREZ, A.; CABALLERO-MELLADO, J.; SÁ, E. L.; GIONGO, A. Rhizobia enhance growth in rice plants under flooding conditions. *American and Eurasian Journal of Agriculture & Environmental Science*, v. 14, n. 8, p. 707-718, 2014.
- REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 32, Farroupilha-RS. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Cachoeirinha: Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado, 2018, 205 p.