

ZANELLA, R., PRIMEL, E.G., GONÇALVES, F.F. & MARTINS, A. F. Development and validation of a high-performance liquid chromatographic procedure for the determination of herbicides residues in surface and agriculture waters. *Journal of Separation Science*, v.26, p. 1-6, 2003.

DOIS SISTEMAS DE CULTIVO DE ARROZ IRRIGADO E A EMISSÃO DE METANO*

Falberni de S. Costa¹; Magda A. de Lima²; Cimélio Bayer¹; Rosa T.S. Frighetto²; Humberto Bohnen³; Vera R.M. Macedo³; Elio Marcolin³; ¹Depto. Solos - PPG Ciência do Solo - Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, 90001-970, Porto Alegre, RS. e-mail: falberni.costa@ufrgs.br; ²Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental/CNPMA, EMBRAPA. 13820-000, Jaguariúna, SP; ³Instituto Rio Grandense do Arroz/IRGA. 94930-030, Cachoeirinha, RS.

Palavras-chave: Preparo convencional, plantio direto, mitigação.

O cultivo do arroz irrigado é uma importante fonte antrópica de metano (CH₄), onde o manejo é possível no sentido de mitigar as emissões (Sass et al., 1994). No Brasil, as avaliações *in situ* das emissões de CH₄ em lavouras de arroz encontram-se em fase inicial. O estado do Rio Grande do Sul (RS) é o maior produtor de arroz irrigado no Brasil, sendo responsável por mais de 50 % da produção nacional (CONAB, 2003). No RS, os sistemas de cultivo atualmente mais utilizados são o preparo convencional (PC) e o plantio direto (PD), que representam, respectivamente, 41 e 14 % da área cultivada (IRGA, 2003). No PC, os resíduos das plantas de cobertura de inverno são incorporados na camada de revolvimento, enquanto que no PD os resíduos são mantidos na superfície do solo, e essas diferenças no manejo dos resíduos podem afetar as emissões de CH₄.

O objetivo principal deste estudo pioneiro foi quantificar as emissões de CH₄ em solo cultivado com arroz irrigado nos sistemas PC e PD no sul do Brasil, e relacioná-las a fatores ambientais.

A pesquisa foi realizada em parceria entre a UFRGS, a EMBRAPA/CNPMA e o IRGA, na área experimental do IRGA (29°57'02" S e 51°06'02" W), município de Cachoeirinha, RS. O experimento foi instalado em um gleissolo, textura franca, utilizado desde 1994 com PC, com aração e gradagens, e com PD, com apenas abertura de sulco para semeadura. No inverno foram cultivados trevo branco (*Trifolium repens*, L) e azevém (*Lolium multiflorum*, Lam). A semeadura do arroz (10/12/02) foi mecânica e em linha e a cultivar utilizada foi a IRGA 422 CL. Na adubação de base aplicou-se 10 kg N-uréia ha⁻¹ e 200 kg ha⁻¹ da fórmula 0-20-30. O N-uréia em cobertura foi aplicado em 30/12/02 (50 kg N ha⁻¹, estádio V4), em 31/01/03 (40 kg N ha⁻¹, estádio V8) e em 19/02/03 (30 kg N ha⁻¹, início da diferenciação da panícula). O alagamento do solo ocorreu em 30/12/02.

Além das emissões durante a estação de cultivo, foram quantificadas as emissões durante 24 h no PD e em solo com e sem plantas no PC. As emissões foram relacionadas a fatores climáticos, de solo e da lâmina de água de alagamento por equações de regressão, para verificar os fatores controladores das emissões para as condições locais.

As coletas das amostras de ar foram semanais, pelo método da câmara fechada (Mosier, 1989). No 7º dia após o alagamento (DAA) do solo, em cada sistema de cultivo foram instaladas duas bases a 5 cm de profundidade, que permaneceram fixas durante todo o período de coleta. A primeira coleta foi aos 8 DAA e a última aos 91 DAA. As amostras de ar foram coletadas sempre pela manhã, a partir das 9:00 h, começando-se pelas câmaras do PC e finalizando-se nas do PD. A cada coleta foram registradas as temperaturas do interior da câmara, do ar atmosférico e do solo a 2, 5 e 10 cm de profundidade, bem como coletadas amostras da solução do solo a 5 cm de profundidade, exceto aos 8 e 91 DAA. As

* Parte deste trabalho já foi apresentada no XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, julho de 2003, Ribeirão Preto (SP).

coletas durante 24 h no PD ocorreram das 12 h do dia 17 às 12 h de 18/03/03 (estádio de grão pastoso), com intervalo de 3 h entre coletas. A coleta no solo com e sem plantas no PC foram realizadas no dia 25/03/03 (estádio de maturação fisiológica dos grãos), das 6 às 15 h, também com intervalo de 3 h entre cada coleta. As amostras de ar foram analisadas no laboratório do CNPMA, por cromatografia gasosa, com coluna capilar e detector de ionização de chama. No laboratório de biogeoquímica ambiental da UFRGS foram quantificados os teores de N mineral (Kjeldahl) e de carbono orgânico (analisador automático de C) nas amostras da solução do solo. As informações climáticas foram obtidas na estação meteorológica do IRGA.

Os padrões das emissões de CH_4 nos sistemas são apresentados na figura 1. As taxas foram menores no PD em relação ao PC, exceto nas duas primeiras avaliações. A média (\pm desvio padrão) e a amplitude das emissões, respectivamente, foram $14,0 (\pm 8,5)$ e $27,8 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ no PC e de $10,3 (\pm 5,0)$ e $17,7 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ no PD. A média das taxas de emissão entre os sistemas foi de $12,2 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$, valor este dentro do intervalo citado na literatura internacional, que é de 0 a $80 \text{ mg CH}_4 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ (Le Mer & Roger, 2001).

Aos 8 e 9 DAA, o PD emitiu 3 vezes mais CH_4 do que o PC (Figura 1). Já aos 14 DAA, e a partir desta data, o PC passou a emitir mais CH_4 do que o PD. A maior emissão inicial no PD pode ser devido à manutenção dos resíduos das culturas de inverno sobre a superfície do solo e ao seu maior conteúdo de CO (32 % a mais na camada de 0-10 cm, dado não apresentado) em relação ao PC. No PC, com resíduos e CO incorporados ao solo ($\pm 20 \text{ cm}$), a liberação dos produtos da decomposição dos resíduos que podem ser convertidos em CH_4 , em tese, é mais lenta e gradativa, explicando assim o padrão das suas emissões.

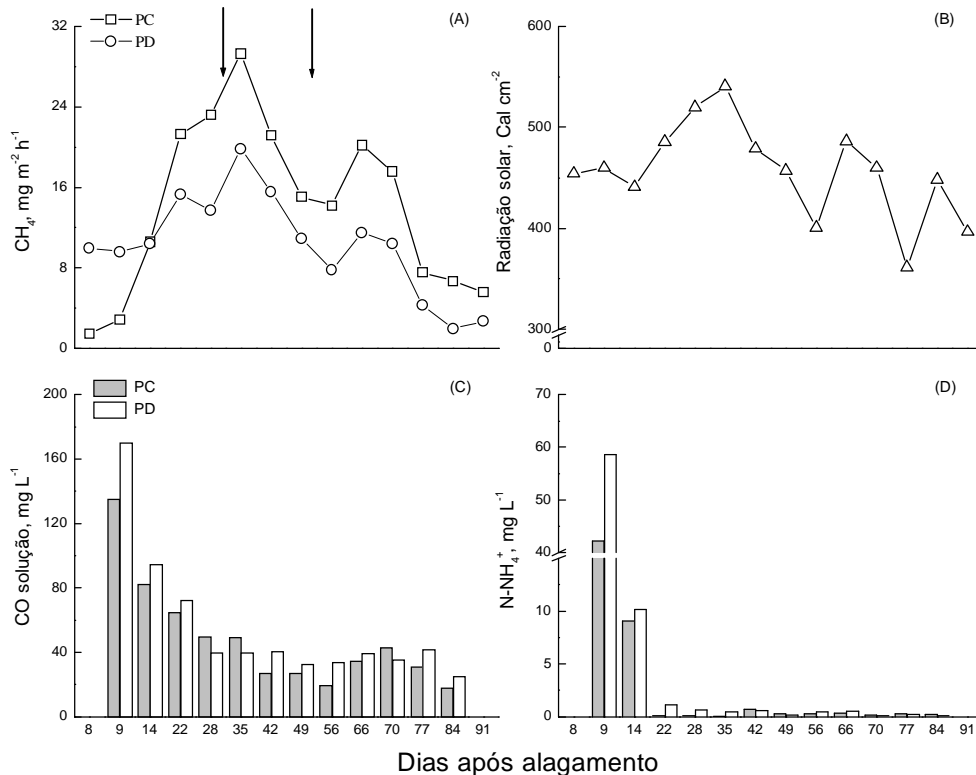


Figura 1. Taxas de emissão de CH_4 (A), radiação solar (B), e concentrações de carbono orgânico em solução (C) e N-NH_4^+ (D) em dias após o alagamento do solo, nos sistemas de preparo convencional (PC) e plantio direto (PD), IRGA, Cachoeirinha, RS, 2002/03. Em (A) valores são médias de duas repetições e as setas indicam aplicações de N-uréia. A radiação solar é o somatório dos dias da semana anterior a cada avaliação.

Ambos os sistemas tiveram dois picos de emissão, sendo o primeiro aos 35 DAA e o segundo aos 66 DAA. Esses picos podem ser relacionados a dois estádios de

desenvolvimento importantes das plantas de arroz, que são o final da fase vegetativa, na qual a planta atinge o número máximo de perfilhos, e o final da fase reprodutiva, na qual ocorre a emissão das panículas/antese. Outros fatores podem atuar de forma associada a essas modificações morfo-fisiológicas, maximizando ou minimizando a magnitude do pico das emissões, como é o caso da origem do C para a metanogênese e a aplicação de nitrogênio (N). Neste estudo, a segunda aplicação de N em cobertura (31/01/03) ocorreu dois dias antes do pico detectado aos 35 DAA, o que pode ter influenciado a magnitude do pico em ambos os sistemas. Cai et al. (1997), mediram que a emissão de CH₄ foi reduzida em 7 e 14% com a aplicação de 100 e 300 kg N-uréia ha⁻¹, respectivamente, em relação ao tratamento controle.

As concentrações de CO e N na solução do solo foram decrescentes ao longo do período, refletindo o consumo do CO nas reações de oxirredução quando do alagamento e o consumo de N-NH₄⁺ pelas plantas. Destaque é dado ao N-NH₄⁺ (N-NO₃⁻ < 0,1 mg L⁻¹), que no início do cultivo apresentava concentrações de 42,30 mg L⁻¹ no PC e 58,70 mg L⁻¹ no PD, e ao final do cultivo (112 dias) de 0,27 mg L⁻¹ no PC e 0,15 mg L⁻¹ no PD. Esses resultados demonstram o efeito de bio-filtro das plantas de arroz, com efeitos positivos na qualidade ambiental.

As emissões de CH₄ durante o período de cultivo foram (P<0,0001) relacionadas com a radiação solar, que explicou 50 % da variação das emissões. Nas coletas de 24 h, o pico máximo das emissões ocorreu às 15 h (5 mg CH₄ m⁻² h⁻¹) e o mínimo ocorreu às 9 h (2,9 mg CH₄ m⁻² h⁻¹), as quais foram explicadas em 70 % (P<0,005) pela temperatura do solo a 5 cm de profundidade. A maior diferença no solo com e sem plantas ocorreu às 6 h, com o solo com plantas (6,3 mg CH₄ m⁻² h⁻¹) emitindo 12,6 vezes mais CH₄ do que o solo sem plantas (0,5 mg CH₄ m⁻² h⁻¹). Nas demais horas (9, 12 e 15), a razão com plantas/sem plantas foi decrescente. Nessa avaliação, o pico máximo das emissões também ocorreu às 15 h e a temperatura do solo a 2 cm de profundidade explicou 90 % (P<0,05) da variação nas emissões.

As quantidades totais de CH₄ emitido em 82 dias foram de 31,6 g m⁻² no PC e de 21,1 g m⁻² no PD, demonstrando o potencial deste sistema de manejo na mitigação das emissões de CH₄ em lavoura de arroz irrigado. A diferença das emissões entre os sistemas representa 2.625 kg ha⁻¹ em equivalente CO₂, que deixarão de contribuir para o aumento antropogênico do efeito estufa. Esse valor representa ainda 0,7 Mg C que não foi adicionada à atmosfera e é semelhante às taxas de seqüestro de C em solos agrícolas na região subtropical (Bayer et al., 2000). Os resultados das emissões de CH₄ apresentados são pioneiros no sul do Brasil e serão utilizados na elaboração do inventário nacional de emissão de gases do efeito estufa a partir de sistemas de produção agrícola, diminuindo assim as grandes incertezas apresentadas nos relatórios já publicados das emissões a nível nacional. Nesse sentido, a pesquisa continuará nas próximas safras com objetivo de se avançar no conhecimento das variáveis controladoras da metanogênese, bem como para a identificação de práticas mitigadoras das emissões de CH₄ de lavoura de arroz irrigado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T.J.C. et al. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil Tillage Research*, v. 54, p. 101-109, 2000.
- CAI, Z.; XING, G.; YAN, X. et al. Methane and nitrous oxide emissions from rice paddy fields as affected by nitrogen fertilisers and water management. *Plant and Soil*, v. 196, p. 7-14, 1997.
- CONAB, 2003. <http://www.conab.gov.br> (26/03/03).
- IRGA, 2003. <http://www.irga.rs.gov.br> (26/03/03).
- LE MER, J.; ROGER, P. Production, oxidation, emission and consumption of methane by soils: a review. *European Journal of Soil Biology*, v. 37, p. 25-50, 2001.
- MOSIER, A.R. Chamber and isotope techniques. In: Andreae, M.O.; Schimel, D.S. (eds.) *Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere: report of the*

Dahlem Workshop on Exchange of traces gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere, Berlin, 1989. p. 175-187.

SASS, R.L.; FISHER, F.M.; LEWIS, S.T. Methane emissions from rice fields: effect of soil properties. *Global Biogeochemical Cycles*, v. 8, p. 135-140, 1994.

A QUALIDADE DA ÁGUA EM ÁREAS CULTIVADAS COM ARROZ IRRIGADO

Francisco C. Deschamps ⁽¹⁾; José A. Noldin ⁽¹⁾; Domingos S. Eberhardt ⁽¹⁾; Ronaldir Knoblauch ⁽¹⁾. ⁽¹⁾ EPAGRI, Estação Experimental de Itajaí. Caixa Postal 277, 88301-970, Itajaí, SC. xicodsc@hotmail.com

Palavras chave: metodologia, fósforo, impacto ambiental, nitrogênio, bacia hidrográfica

A elevada produtividade alcançada atualmente pela cultura do arroz, depende da disponibilidade de água de boa qualidade. Considerando que as práticas culturais envolvem revolvimento de solo e aplicação de agroquímicos, a cultura do arroz apresenta-se como potencial comprometedor da qualidade da água. Como recurso limitado e também essencial para várias outras atividades, bacias onde a cultura é desenvolvida passam então a se constituir em áreas de conflito na disputa pela sua utilização. Neste ponto, constitui-se ainda um desafio dimensionar o exato impacto da cultura do arroz irrigado na qualidade da água de bacias onde a cultura se desenvolve. Em parte isto decorre das complexas relações existentes na dinâmica hídrica e na dificuldade que se tem de caracterizar fontes difusas de poluição, já que em uma bacia, inúmeras atividades estão presentes (COUILLARD e LEFEBVRE, 1985). Outra dificuldade associada, diz respeito a falta de valores de referência que permitam detectar alterações que possam ser caracterizadas como poluidoras, com a identificação de sua origem. Apesar de disponível, a legislação apresenta-se limitada nessa área, já que considera poucos parâmetros e não leva em consideração fatores regionais geológicos que afetam a qualidade da água.

É importante considerar que os diversos componentes físico-químicos da água representam riscos distintos quando alterados, devendo também ser levado em consideração em situações de conflito. Elevadas concentrações iniciais de elementos na água da cultura do arroz irrigado, podem ser reduzidos se o sistema for mantido fechado, sem perdas por drenagem (FURTADO e LUCA, 2001).

No presente trabalho, foram determinadas as frequências com que alguns parâmetros de qualidade de água se apresentariam alterados, a partir do estabelecimento de valores limites, em seis bacias hidrográficas de Santa Catarina.

As amostras foram coletadas nas safras 1998/99 e 1999/00, abrangendo o período de agosto a maio dos respectivos anos. Os pontos de coleta se localizaram a montante, na área de drenagem e a jusante das lavouras. Após a coleta, as amostras foram analisadas seguindo-se os procedimentos descritos no Standard Methods (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1992), com algumas adaptações.

As bacias dos rios Itajaí e Itapocú se localizam na região norte do estado, enquanto as do rio Araranguá, Mampituba, D'una e Tubarão representam a área sul do estado. É nestas bacias hidrográficas que se concentra a maioria das áreas de cultivo de arroz irrigado em Santa Catarina. Para o estabelecimento dos valores médios e seus respectivos desvios, do total de amostras processadas em cada bacia eliminou-se os valores extremos superiores e inferiores, correspondendo a 10% do número de valores em cada sentido. Dessa maneira, 80% do total de resultados processados foi utilizado. Já para a determinação do percentual de valores fora dos limites estabelecidos, todos os valores determinados foram considerados.

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios e o desvio padrão determinados para os parâmetros estudados em cada bacia. Também consta os valores limites, aqui denominados de valores de corte, sobre os quais os resultados de análise foram comparados. Os valores superiores foram então considerados fora dos limites. Apesar de