

## **EMIÇÃO DE ÓXIDO NITROSO EM CULTIVO DE ARROZ IRRIGADO, EM SOLO DE VÁRZEA, SOB DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO**

Glaucilene Duarte Carvalho<sup>1</sup>, Alfredo Borges de Campos<sup>2</sup> & Nand Kumar Fageria<sup>3</sup>.

### RESUMO

O uso de adubos nitrogenados em sistemas agrícolas tem aumentado no intuito de garantir altas produções agrícolas, porém, em consequência do uso ineficiente desse fertilizante, tem-se aumentado a perda de nitrogênio para o ambiente. O objetivo desse trabalho foi avaliar a emissão de óxido nitroso no cultivo de arroz irrigado, sob adubação nitrogenada em solo de várzea. O estudo foi realizado em experimento em vasos na Embrapa Arroz e Feijão. Os tratamentos consistiam de dois genótipos de arroz irrigado: BRS Tropical (G1), BRA 051130 (G2), e uma testemunha (T), sem planta. Além de também estar sendo trabalhadas três doses de nitrogênio: 0, 150 e 300 mg kg<sup>-1</sup>. O método de coleta de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) foi o de câmara fechada, sendo utilizadas 12 câmaras de PVC de 1,0 m de altura e 0,25 de diâmetro. O fluxo de N-N<sub>2</sub>O para a atmosfera aumentou com a aplicação da adubação nitrogenada de plantio, sendo que os maiores picos foram registrados na quinta avaliação. No entanto, após a inundação dos vasos, com lâmina de aproximadamente 3 cm, não se verificou emissões de N<sub>2</sub>O, exceto no tratamento G2-0 no período da adubação de cobertura. As emissões totais de N<sub>2</sub>O do solo nos tratamentos com e sem N, foram equivalentes a 1,39 ± 0,44 mg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> para o tratamento com dose de 150 mg kg<sup>-1</sup> e 1,98 ± 0,06 mg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> para o de 300 mg kg<sup>-1</sup>, já sem adubação nitrogenada a emissão total foi de 1,45 ± 0,21 mg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** nitrogênio, óxido nitroso, arroz irrigado.

<sup>1</sup> Aluna de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Agronomia da UFG, área de concentração Solo e Água. E-mail: [glaucilene\\_agro@yahoo.com.br](mailto:glaucilene_agro@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Professor Dr. do Programa de Pós-graduação em Agronomia da UFG.

<sup>3</sup> Pesquisador Dr. da Embrapa Arroz e Feijão

## JUSTIFICATIVA

A planta de arroz é bastante exigente em nutrientes, sendo necessário que eles estejam prontamente disponíveis nos momentos de demanda, para não causar prejuízo a produção. A deficiência de N nessa cultura, nos solos de várzeas do Brasil Central, é frequentemente observada (Fageria et al., 2003a), e entre as principais razões para sua ocorrência estão às perdas por vários processos (volatilização, lixiviação, desnitrificação, erosão), baixas doses de aplicação e diminuição do teor de matéria orgânica em consequência dos cultivos sucessivos. É, também, o nutriente que a planta de arroz acumula em maior quantidade, com exceção do K (Fageria et al., 2003b).

O uso de adubos nitrogenados em sistemas agrícolas tem aumentado no intuito de garantir altas produções agrícolas. No cultivo do arroz irrigado isso não é diferente, porém, em consequência do uso ineficiente desse fertilizante, tem-se aumentado a perda de nitrogênio para o ambiente. Essas perdas ocorrem a partir da lixiviação de  $\text{NO}_3$ , volatilização de  $\text{NH}_3$ , nitrificação e desnitrificação. O cultivo de arroz irrigado contribui fortemente com emissão de  $\text{N}_2\text{O}$ , gás de efeito estufa, para a atmosfera devido à ocorrência de processos biológicos e da desnitrificação no solo, contribuindo com o aquecimento global (Fageria et al., 2003a). A seleção de genótipos com maior eficiência na utilização de nitrogênio é considerada, atualmente, uma das maneiras mais adequadas para diminuir o custo de produção da cultura do arroz e aumentar a produtividade de grãos através da maior resposta a esse nutriente (Fageria & Barbosa Filho, 1994).

Em ambientes alagados, o N é um dos elementos mais influenciados pelas condições de anaerobiose. A dificuldade de se prever a intensidade das transformações que ocorrem com o N, aliado as variações climáticas que controlam a mineralização da matéria orgânica do solo e o crescimento da cultura, tornam os resultados da análise de solo menos sensíveis para estimar a disponibilidade de N às plantas de arroz irrigado (Vahl & Souza, 2004). Assim, em solos alagados inúmeras são as alterações eletroquímicas que ocorrem, verificando-se alterações e transformações na disponibilidade de íons na água de drenagem e na solução do solo (Swarowsky et al., 2006).

Nas últimas décadas tem ocorrido aumento significativo da atividade agrícola na região do Cerrado brasileiro, com a consequente substituição da vegetação nativa por extensas áreas cultivadas. Essa atuação tem repercussões nos principais ciclos da matéria, do carbono e do nitrogênio. O uso intensivo das terras tem induzido grandes perdas de carbono dos solos e da cobertura vegetal (Lima, 2002). A emissão de  $N_2O$  provém, principalmente, do uso de fertilizantes nitrogenados, da fixação biológica de nitrogênio, da mineralização da matéria orgânica adicionada, da adição ou depósito de dejetos animais nos solos, da lixiviação de solos e da queima de resíduos agrícolas (Lima, 2002). Atualmente, o óxido nitroso ( $N_2O$ ) tem recebido maior atenção, principalmente por contribuir para o efeito estufa e para a destruição da camada de ozônio. Além do potencial poluente que o  $N_2O$  apresenta, outro aspecto preocupante é o aumento anual, de 0,2 a 0,3%, de sua concentração na atmosfera, devido ao aumento das emissões ocasionadas principalmente pela ação antrópica (Giacomini et al., 2006).

Em contraposição a essa problemática de aquecimento global e da insustentabilidade agrícola, destaca-se o papel potencial da agricultura em atuar como um dreno de gases de efeito estufa, contribuindo para a mitigação do forçamento radioativo da atmosfera. E, segundo Gomes (2006), pesquisas mostram que as técnicas desenvolvidas atualmente para melhorar a produtividade das culturas, e manter sistemas sustentáveis também contribuem para a diminuição ou mitigação destes gases.

Existem vários estudos em nível internacional (IPCC, 2001; IAEA, 1982; Duxbury, 1994; Kirk, 2004) sobre os principais fatores relacionados às características dos solos e sistemas de manejo que controlam os fluxos de gases de efeito estufa e a dinâmica dos nutrientes. Entretanto, os dados e metodologias foram, em sua maioria, adquiridos e desenvolvidos em condições ambientais diferentes das presentes. Com isso, tornam-se necessárias adaptações nas metodologias propostas e também estudos que possibilitem a compreensão dessa problemática nesse ambiente.

## OBJETIVO

O objetivo desse trabalho foi avaliar a emissão de óxido nitroso no cultivo de arroz irrigado, sob adubação nitrogenada em solo de várzea.

## METODOLOGIA

O estudo foi realizado em experimento em vasos durante o período de outubro de 2009 a março de 2010, na Embrapa Arroz e Feijão, localizada no município de Santo Antônio de Goiás-GO.

Em cada vaso, utilizou-se 5 kg de solo de várzea, sendo este oriundo de área experimental do Rio Formoso-TO. Os resultados da análise química e granulométrica das amostras de solo, coletadas antes da instalação do experimento, revelaram: pH 3,8; MO 24 g dm<sup>-3</sup>; P 46,8 mg dm<sup>-3</sup>; K 48 mg dm<sup>-3</sup>; Ca 2,97 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg 0,93 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al 1,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Cu 7,4 mg dm<sup>-3</sup>; Zn 1,6 mg dm<sup>-3</sup>; Fe 380 mg dm<sup>-3</sup>; Mn 59 mg dm<sup>-3</sup>; B 1,47 mg dm<sup>-3</sup> e S 7,9 mg dm<sup>-3</sup>. A análise granulométrica mostrou 400 g kg<sup>-1</sup> de argila, 233 g kg<sup>-1</sup> de silte e 367 g kg<sup>-1</sup> de areia. As análises química e granulométricas de solo foram realizadas de acordo com Embrapa (1997).

Os tratamentos consistiam de dois genótipos de arroz irrigado: BRS Tropical (G1), BRA 051130 (G2), e uma testemunha (T), sem planta. Além de também estar sendo trabalhadas 3 doses de nitrogênio: 0, 150 e 300 mg de N kg<sup>-1</sup> de solo. A metade do N foi aplicada no plantio na forma de uréia e o restante em cobertura, aos 43 dias após o plantio, também na forma de uréia. O parcelamento do N foi baseado no trabalho de Fageria et al. (2003). A adubação base foi de 200 mg kg<sup>-1</sup> de solo de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em plantio, 300 mg kg<sup>-1</sup> de solo de K<sub>2</sub>O, sendo 200 mg kg<sup>-1</sup> no plantio e 100 mg kg<sup>-1</sup> em cobertura e de 2 g kg<sup>-1</sup> de solo de calcário. Tendo-se como fonte o superfosfato triplo, o cloreto de potássio e o calcário dolomítico.

O delineamento experimental foi de o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e com quatro repetições. As doses de N constituíram a parcela principal, e os genótipos as subparcelas. Deixaram-se quatro plantas por vasos e após 15 dias do plantio os vasos foram inundados com lâmina de água de aproximadamente 3 cm.

O método de coleta de óxido nitroso ( $N_2O$ ) foi o de câmara fechada, sendo utilizadas 12 câmaras de PVC de 1,0 m de altura e 0,25 de diâmetro, sendo fechadas na parte superior por um CAP, também em PVC (Figura 1). Cada câmara acondicionava as quatro plantas de cada vaso. Realizaram-se coletas ao longo de todo o ciclo do arroz. As amostragens se deram aos cinco dias consecutivos das adubações nitrogenadas, tanto de plantio quanto de cobertura, fora a esse período foram feitas coletas uma vez por semana e novamente em cinco dias consecutivos após a retirada da lâmina d'água dos vasos (após a coleta das plantas). Ao longo de todo o experimento foram coletadas amostras após 20 minutos de incubação da câmara nos vasos, sendo que estas coletas foram feitas por meio de uma bomba de vácuo manual, que transferia aproximadamente 20 mL do gás do interior da câmara para frasquinhos de vidro lacrados, após ter sido feito vácuo de 80 kPa.

A concentração de  $N_2O$  das amostras de gás foi analisada no Laboratório de Instrumentação Analítica da Embrapa Arroz e Feijão, utilizando um cromatógrafo a gás Perkin Elmer Auto System XL equipado com coluna empacotada contendo “Porapak Q” e detector de captura de elétrons (ECD). Os gases de arraste utilizados foram argônio (95%) e metano (5%), conhecido como mistura P5.



**Figura 1.** Material usado na coleta de gás, sendo frascinhos lacrados e detalhe do CAP de PVC com a válvula de três vias (A), e as câmaras incubadas nos vasos (B).

As taxas de emissão de  $N_2O$  foram determinadas a partir da integração dos fluxos de  $N_2O$  medidos em cromatografia gasosa entre as taxas de emissão dos tratamentos com adubação e sem adubação. O cálculo dos fluxos de  $N_2O$  é dado pela equação abaixo e as emissões obtidas pela integração dos fluxos (Madari et al., 2007).

$$F_{N_2O} = \delta C / \delta t (V/A) M/V_m$$

em que:

$$F_{N_2O} = \delta C / \delta t (V/A) M/V_m$$

$\delta C / \delta t$ : é a mudança de concentração de  $N_2O$  na câmara no intervalo de incubação;

V: volume da câmara;

A: área do solo coberto pela câmara;

M: peso molecular de  $N_2O$ ;

$V_m$  = volume molecular na temperatura de amostragem.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO TEÓRICA

O aumento das emissões de  $N_2O$  após a adubação nitrogenada indica um efeito intenso e de curta duração, variando de dias a pouco mais de uma semana após a fertilização (Gomes, 2006). Essa tendência foi constatada no trabalho em questão, pois o fluxo de N- $N_2O$  para a atmosfera aumentou com a aplicação da adubação nitrogenada de

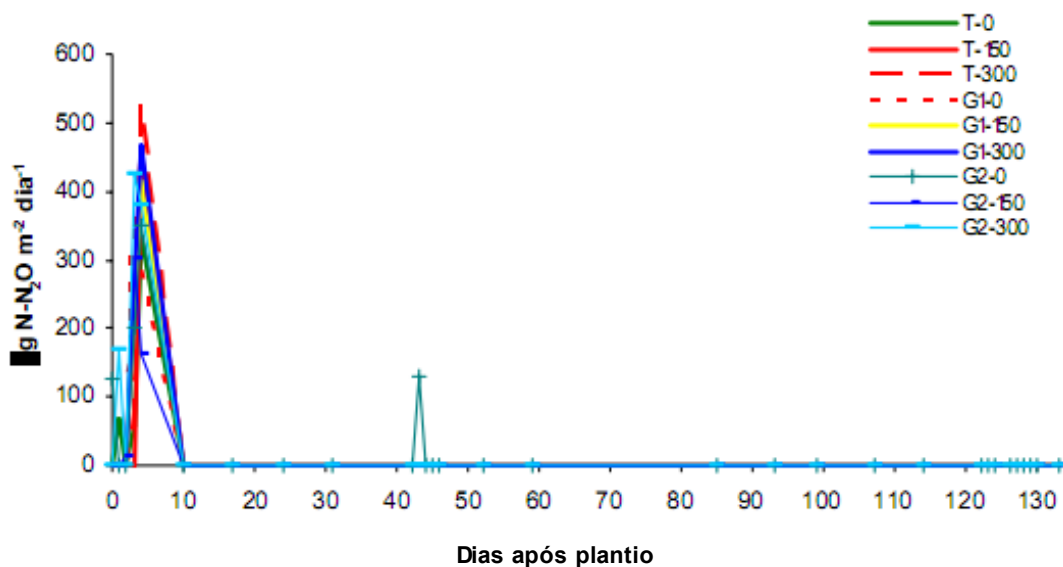
plântio, em todos os tratamentos (Figura 2). Na segunda avaliação, realizada um dia após a adubação observou-se um maior fluxo no tratamento G2-150 sendo este de  $169,13 \mu\text{g N-N}_2 \text{ m}^{-2}$ . Mas, os maiores picos foram registrados na quinta avaliação que se deu quatro dias após a adubação de plântio. No entanto, após a inundação dos vasos, com lâmina de aproximadamente 3 cm, não verificou-se emissões de  $\text{N}_2\text{O}$ , exceto no tratamento G2-0 no período da adubação de cobertura (43 dias após o plântio-DAP).

Porém, nem todo o  $\text{N}_2\text{O}$  produzido no solo, seja por nitrificação ou desnitrificação, chegará à atmosfera. Segundo Elder & Lal (2008) a fração do total de  $\text{N}_2\text{O}$  produzido no solo que é emitido à atmosfera depende da estrutura e da umidade do solo, os quais afetam a difusividade do gás no interior do solo.

Se uma molécula de  $\text{N}_2\text{O}$  migrar do local de produção para um poro mais oxigenado no solo, maiores são as chances de que esta molécula seja emitida para a atmosfera, logo a proporção entre  $\text{N}_2$  e o  $\text{N}_2\text{O}$  liberado à atmosfera deve ser afetado pelas condições de solo (Firestone & Davidson, 1989). Segundo Liu et al. (2007), em ambientes úmidos, a proporção do N perdido como  $\text{N}_2\text{O}$  deve ser menor do que a fração perdida como  $\text{N}_2$ , pois é provável que nessas condições, a desnitrificação seja conduzida a  $\text{N}_2$ , aumentando a relação  $\text{N}_2+\text{N}_2\text{O}/\text{N}_2\text{O}$ . Isso pode ter ocorrido no trabalho em questão, já que não houve emissão após a inundação dos vasos (Figura 2).

As emissões totais de  $\text{N}_2\text{O}$  do solo nos tratamentos com e sem N, foram equivalentes a  $1,39 \pm 0,44 \text{ mg N-N}_2\text{O m}^{-2}$  para o tratamento com dose de  $150 \text{ mg kg}^{-1}$  e  $1,98 \pm 0,06 \text{ mg N-N}_2\text{O m}^{-2}$  para o tratamento com dose de  $300 \text{ mg kg}^{-1}$ , já sem adubação nitrogenada a emissão total foi de  $1,45 \pm 0,21 \text{ mg N-N}_2\text{O m}^{-2}$  (Figura 3). Assim, foram emitidos oriundo do fertilizante gerando um fator de emissão do fertilizante de 0,29 % e 0,63%, para os tratamentos com dose de 150 e  $300 \text{ mg kg}^{-1}$ , respectivamente.

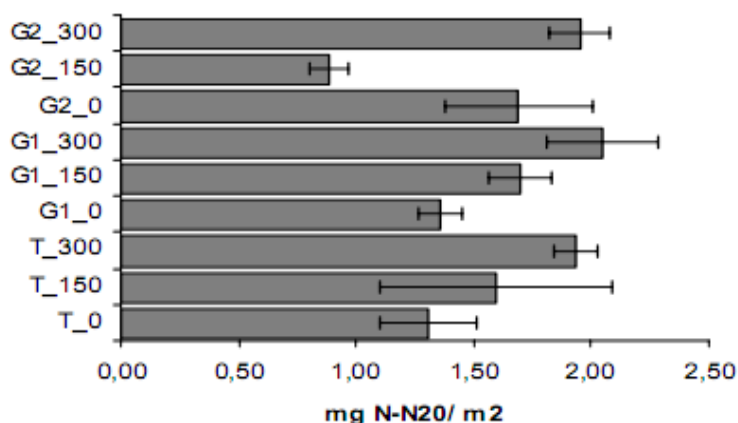




**Figura 2.** Emissões de N-N<sub>2</sub>O ( $\mu\text{g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) no solo afetadas por diferentes doses de nitrogênio (0, 150, 300) e sob dois diferentes genótipos (G1, G2) e uma testemunha (T).

Ao se estudar os fluxos de N<sub>2</sub>O oriundos da adubação nitrogenada atribuem-se a maior emissão, na fase inicial, logo após a semeadura, devem ao estímulo na dinâmica de N do solo devido à interrupção do período seco pela irrigação, ocorrendo também na área não adubada com N. Os fluxos de N<sub>2</sub>O foram maiores logo após a semeadura, possivelmente, devido à forma de aplicação, no sulco de plantio.





**Figura 3.** Emissão total de N-N<sub>2</sub>O (mg N-N<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>) nos diferentes tratamentos durante todo o ciclo do arroz.

Os fatores de emissão encontrados nesse estudo estão muito abaixo do recomendado pelo Painel Intergovernamental da ONU sobre Mudança do Clima (IPCC, 2006) que é de 1%, variando entre 0,3 e 3%. Madari et al. (2007) quantificaram a emissão de N<sub>2</sub>O, derivada de 80 kg N ha<sup>-1</sup> na forma de uréia, aplicada na cultura do feijoeiro comum irrigado, sob plantio direto em Latossolo Vermelho distrófico, com adubação e irrigação controladas manualmente, ou seja, com aplicação direta do adubo nitrogenado na superfície do solo, evitando assim grandes perdas por volatilização de amônia, encontrando fator de emissão do fertilizante equivalente a 0,12 %, valor também abaixo do recomendado pelo IPCC.

## CONCLUSÃO

- Os maiores fluxos de N-N<sub>2</sub>O foram obtidos alguns dias após a adubação de plantio.
- O maior valor de emissão total de N<sub>2</sub>O foi obtido no tratamento com dose de 300 mg kg<sup>-1</sup>.

## REFERÊNCIAS

- DUXBURY, J. M. The significance of agricultural sources of greenhouse gases. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v. 38, p. 151-163, 1994.
- ELDER, J. W. & LAL, R. Tillage effects on gaseous emissions from an intensively farmed organic soil I North Central Ohio. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.98, n.1, p. 45-55, 2008.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPQ, 1997. 212 p.
- FAGERIA, N. K. & BARBOSA FILHO, M. P. **Deficiências nutricionais na cultura do arroz: identificação e correção**. Brasília: Embrapa-SPI, 1994. 36 p. (Embrapa- CNPAF. Documentos, 42).
- FAGERIA, N. K.; SLATON, N. A.; BALIGAR, V. C. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. **Advances in Agronomy**, New York, v. 80, n. 2, p. 63-152, 2003a.
- FAGERIA, N. K.; SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F. **Manejo da fertilidade do solo para o arroz irrigado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003b. 250 p.
- FIRESTONE, M.K. & DAVIDSON, E.A. Microbiological basis of NO and N<sub>2</sub>O production and consumption in soil. In: ANDREAE, M.O.; SCHIMMEL, D.S. (Ed.). **Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere**. Chichester: Wiley, 1989. p.7-21.
- GIACOMINI, S. J.; JANTALIA, C. P.; AITA, C.; URQUIAGA, S. S. & ALVES, B. J. R. Nitrous oxide emissions following pig slurry application in soil under no-tillage system. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.11, p. 1653-1661, 2006.
- GOMES, J. **Emissão de gases do efeito estufa e mitigação do potencial de aquecimento global por sistemas conservacionistas de manejo do solo**. 2006. 151p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo)- Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- IAEA. International Atomic Energy Agency. **Manual on measurement of methane and nitrous oxide emissions from agriculture**. Viena:IAEA, 1982. 91 p. (IAEA, TECDOC, 674).
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2001: the scientific basis**. United Kingdom: Cambridge University, 2001. 881 p.
- IPCC. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**, v. 4, capítulo 11. 2006.
- KIRK, G. **The biogeochemistry of submerged soils**. Chichester: Wiley, 2004. 304 p.

LIMA, M. A. de. Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidades e desafios. **Caderno de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 451-472, set-dez. 2002.

LIU, X. J.; MOSIER, A. R.; HALVORSON, A. D.; REULE, C. A. & ZHANG, F. S. Dinitrogen and N<sub>2</sub>O emissions in arable soils: effect of tillage, N source and soil moisture. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v.39, n.9, p.2362-2370, 2007.

MADARI, B. E.; COSTA, A. R. da; JANTALIA, C. P.; MACHADO, P. L. O. A.; CUNHA, M. B. da; MARTINS, D. R.; SANTOS, J. H. G. dos; ALVES, B. J. R. **Fator de Emissão de Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) para a Fertilização com N na Cultura do Feijoeiro Comum Irrigado no Cerrado**. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2007. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico 144. Dezembro, 2007).

SWAROWSKY, A.; RIGHES, A. A.; MARCHEZAN, E.; RHODEN, A. C.; GUBIANI, E. I. Concentração de nutrientes na solução do solo, sob diferentes manejos do arroz irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 344-351, abr-jun. 2006.

VAHL, L. C.; SOUZA, R. O. Aspectos físico-químicos de solos alagados. In: GOMES, A. da S., MAGALHÃES JUNIOR, A. M. de (Org). **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Embrapa, Brasília - DF, 2004, p. 97-117, cap. 4.