

ISSN 1678-2518

Novembro, 2011

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 137

Residual do Herbicida Atrazina em Solo Cultivado com Milho e na Água de Irrigação de Arroz Cultivado em Sequência

*Maria Laura Turino Mattos
André Andres
Ieda Maria Baade dos Santos*

Pelotas, RS
2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Clima Temperado
Endereço: BR 392 Km 78
Caixa Postal 403, CEP 96001-970 - Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8199
Fax: (53) 3275-8219 - 3275-8221
Home page: www.cpact.embrapa.br
E-mail: sac@cpact.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Ariano Martins de Magalhães Júnior

Secretária-Executiva: Joseane Mary Lopes Garcia

Membros: Márcia Vizzotto, Ana Paula Schneid Afonso, Giovani Theisen, Luis Antônio Suita de Castro, Flávio Luiz Carpena Carvalho, Christiane Rodrigues Congro Bertoldi, Regina das Graças Vasconcelos dos Santos.

Suplentes: Isabel Helena Verneti Azambuja, Beatriz Marti Emygdio

Supervisão editorial: Antônio Luiz Oliveira Heberlê

Revisão de texto: Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica: Fábio Lima Cordeiro

Editoração eletrônica e capa: Camila Peres (estagiária)

1ª edição

1ª impressão (2011): 100 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Mattos, Maria Laura Turino Mattos

Residual do herbicida Atrazina em solo cultivado com milho e na água de irrigação de arroz cultivado em sequência / Maria Laura Turino Mattos, André Andres e Ieda Maria Baade dos Santos – Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011.

20 p. (Embrapa Clima Temperado. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 1678-2518, 137)

1. Agrotóxico. 2. Persistência de pesticida. 3. Água – Solo – Grão. 4. Milho. 5. Arroz. I. Título. II. Andres, André. III. Santos, Ieda Maria Baade dos. III. Série.

CDD 632.954

© Embrapa

Sumário

Resumo	5
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	12
Conclusão	16
Agradecimentos	16
Referências	16

Residual do Herbicida Atrazina em Solo Cultivado com Milho e na Água de Irrigação de Arroz Cultivado em Sequência

Maria Laura Turino Mattos¹

André Andres²

Ieda Maria Baade dos Santos³

RESUMO

Na cultura do milho, dentre os principais herbicidas recomendados para o controle pré-emergente das plantas daninhas, a atrazina [(2-cloro-4-(etilamino)-6-(isopropilamino)-s-triazina)] está indicada e presente em várias formulações comerciais. É classificada como um agrotóxico de uso restrito devido ao seu alto potencial para contaminação de águas subterrâneas e relativa persistência no solo, por isso o seu uso representa uma preocupação pública mundial. A introdução da atrazina no agroecossistema de várzeas subtropicais, em função da rotação de culturas de arroz irrigado por submersão, com o milho e sorgo, desperta atenção pelo seu elevado poder toxicológico e periculosidade ambiental. O objetivo deste trabalho foi determinar o residual da atrazina na água de irrigação e no solo, de uma lavoura de arroz implantada numa área cultivada anteriormente com milho, cujo controle de plantas daninhas foi realizado com o referido herbicida, no sistema de rotação de culturas. Iniciou-se o experimento, com duração de três anos agrícolas, na safra 2003/04, em um PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico, na Estação

1 Eng. Agrôn., D.Sc. em Ciência do Solo, pesquisadora da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, maria.laura@cpact.embrapa.br

2 Eng. Agrôn., M.Sc. em Matologia, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, andré.andres@cpact.embrapa.br

3 Eng. Agrôn., M.Sc. em Tecnologia Agroindustrial, Assistente da Embrapa Meio Norte, Teresina, PI, ieda@cpamn.embrapa.br

Experimental Terras Baixas, Embrapa Clima Temperado, Capão do Leão, RS. Realizaram-se análises quantitativas de resíduos de atrazina em amostras de solo e água. Coletaram-se amostras compostas de água e de solo à profundidade de 0,20 m. No sistema de rotação de culturas arroz/milho/arroz, a atrazina persistiu em PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico até 180 dias pós-aplicação desse herbicida na cultura do milho e na água de irrigação do arroz, cultivado pós-milho, até 110 dias após a submersão.

Termos para indexação: agrotóxicos; persistência; água; solo; grãos

ABSTRACT

Among the main recommended herbicides for the control of pre-emerging weeds in corn there is atrazine ([2-chloro-4-(ethylamino)-6-(isopropilamino)-s-triazine]), which is used in multiple commercial formulations. It is classified as a restricted-use pesticide due to its high potential for groundwater contamination and persistence, which is a global public concern. The introduction of atrazine in agroecosystem subtropical as a result of the flooded rice crop rotation, with corn and sorghum, calls attention by its high toxicological power and environmental destructiveness. The goal of this work was to determine the atrazine residual in irrigation water and soil, in rice crop deployed in an area previously cultivated with corn whose weed control with atrazine was held in the crop rotation system. The three year experiment initiated in agricultural harvest 2003/04, in a Typic Albaqualf in Lowland Experimental Station of Embrapa Temperate Agriculture, municipality of Capão do Leão, RS. Soil and water samples were analysed for atrazine residues content. Samples composed of water and soil at a depth of 0,20 m were collected. In the crop rotation system rice/corn/rice, atrazine persisted in irrigation water up to 110 days after submersion and in the Typic Albaqualf until 180 days after atrazine application.

Index terms: pesticides; persistence; water; soil; grain

1 INTRODUÇÃO

A diversificação do uso dos solos de terras baixas, envolvendo a rotação da cultura de arroz irrigado por submersão, com milho e sorgo, introduz neste agroecossistema agrotóxicos com elevado poder toxicológico, como exemplo o herbicida atrazina [(2-cloro-4-(etilamino)-6-(isopropilamino)-s-triazina)].

Na cultura do milho, dentre os principais herbicidas recomendados para o controle pré-emergente das plantas daninhas, o ingrediente ativo atrazina está indicado e presente em várias formulações comerciais (REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO E SORGO, 2008). O seu uso está restrito desde 1993 nos Estados Unidos da América, sendo em 2003 estabelecida pela Agência de Proteção Ambiental americana (Environmental Protection Agency - EPA) uma avaliação de risco da molécula em água para consumo humano (EPA, 2010).

A atrazina tem sido classificada como um agrotóxico de uso restrito devido ao seu elevado potencial para contaminação de águas subterâneas (EPA, 2010). É relativamente persistente, sendo a contaminação da água e do solo pelo herbicida uma preocupação pública (XIONGWU, LIPING, HUMMEL, 1996). Além disso, resíduos de atrazina e metabólitos são frequentemente detectados em produtos alimentares. Os métodos baseados em cromatografia gasosa (CG) e líquida de alta eficiência (HPLC) têm sido os mais citados para análise dessas matrizes, sendo a CG acoplada a espectrômetro de massas (CG/MS), preferido devido à alta sensibilidade e seletividade (SANDRA; BELTRAN; DAVID, 1995).

Devido ao efeito inibidor da fotossíntese, a vulnerabilidade de algas à atrazina pode afetar a cadeia alimentar em locais contaminados (STRATTON, 1984). Estudo demonstra as consequências reprodutivas da exposição de atrazina em anfíbios adultos (*Xenopus laevis*), induzindo a completa feminização e castração química, contribuindo para o declínio dessa classe de vertebrados no mundo. Certamente, a incapacidade de as fêmeas competirem para fêmeas e o significativo declínio

da fertilidade em machos expostos ao composto como citado nesse estudo, terá um impacto direto sobre populações expostas à atrazina (HAYES et al., 2010).

Em ambientes anaeróbios a meia-vida da atrazina é maior sendo na água e no sedimento, de 578 e 330 dias, respectivamente (EPA, 2010). A mobilidade da atrazina é de moderada a alta em solos com baixo teor de argila ou matéria orgânica. Por isso, não adsorve fortemente as partículas do solo, resultando em uma meia vida superior a 60 dias, podendo atingir mais de 100 dias. Apesar da moderada solubilidade em água, apresenta elevado potencial para contaminar águas subterrâneas. A atrazina pode persistir por mais de um ano sob condições áridas ou de frio (EXTOXNET, 2010).

A hidrólise química e a biodegradação são as rotas mais importantes para o seu desaparecimento em meios aquáticos. A hidrólise é um processo químico de degradação que origina o metabólito hidroxiatrazina (HA) (ARMSTRONG et al., 1967, citados por PEIXOTO et al., 2000), enquanto que a N-dealquilação e a clivagem são processos biológicos de degradação, posteriores à hidrólise (WOLF; MARTIN, 1975, citados por PEIXOTO et al., 2000).

A temperatura e os atributos químicos do solo têm efeitos diretos ou indiretos sobre a persistência de atrazina em lavouras, sendo constatado que a atrazina diminuiu três a quatro vezes mais rápido em solos com 25 °C do que com 10 °C (XIONGWU, LIPING, HUMMEL, 1996). Por outro lado, altas concentrações de nitrogênio disponível podem inibir a mineralização da atrazina (SINGH et al., 1998).

O objetivo deste trabalho foi determinar o residual da atrazina na água de irrigação (submersão) e no solo, de uma lavoura de arroz implantada numa área cultivada anteriormente com milho, cujo controle de plantas daninhas foi realizado com o herbicida referido, no sistema de rotação de culturas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 PROCEDIMENTOS DE CAMPO

O experimento, com duração de três anos agrícolas, foi iniciado na safra 2003/04, em um PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico, na Estação Experimental Terras Baixas, Embrapa Clima Temperado, no município de Capão do Leão, RS.

O herbicida atrazina foi aplicado como tratamento, em dezembro de 2003, na dose de 5,0 L ha⁻¹ de uma formulação comercial contendo 500g do ingrediente ativo, com um volume de calda de 150 L ha⁻¹, em solo desnudo (sem cobertura vegetal) de parcela experimental, de 180 m² (10 x 18m). Após a aplicação, a parcela foi inundada sendo estabelecida uma lâmina de água de 0,10 m de espessura. Cada parcela conteve um sistema independente de irrigação e drenagem, com apenas um ponto de entrada e outro de saída de água. O manejo usado na área experimental desse estudo consta na Tabela 1.

TABELA 1 – Práticas de manejo da área experimental. Estação Experimental Terras Baixas, Capão do Leão, RS. 2010

Ano Agrícola	Cultura	Cultivar	Sistema de cultivo	Herbicida	Irrigação
2003/04	-*	-	-	atrazina	submersão
2004/05	arroz	BRS Firmeza	convencional	-	submersão
2005/06	milho	BRS 511	convencional	atrazina	-

* neste ano agrícola, após a aspersão de atrazina em solo não cultivado (sem cobertura vegetal), manteve-se uma lâmina de água.

No segundo ano, em dezembro de 2004, a parcela foi cultivada utilizando a cultivar BRS Firmeza. A irrigação por inundação foi realizada 30 dias após a emergência das plantas (DAE). No terceiro ano, a parcela foi cultivada com milho (cultivar BR 511) e tratada novamente com atrazina, em dezembro de 2005. Registre-se que não foram utilizados herbicidas para o controle das plantas daninhas na cultura do arroz irrigado.

Os parâmetros pH e temperatura da lâmina d'água de irrigação foram registrados nas safras 2003/04, 2004/05 e 2006/07.

2.1.2 AMOSTRAGEM

As análises quantitativas de resíduos de atrazina foram realizadas em amostras de solo e água. Para tal, cada parcela foi dividida em cinco subparcelas, sendo coletada uma amostra composta de solo por subparcela, à profundidade de 0,20 m num volume de 500 g cada.

O residual de atrazina para safra 2003/04 foi avaliado por meio da coleta de amostras de solo antes da semeadura do arroz na safra 2004/05. Ainda nessa safra, na parcela, foram coletadas cinco amostras compostas d'água de irrigação, no dia da inundação (ponto = 0), 1, 3, 7, 14, 28, 31, 40, 60 e 90 dias pós-inundação (DAI). Por ocasião da drenagem da parcela e na rede de irrigação e drenagem (abril de 2005) também foram coletadas amostras d'água. Na safra 2005/06, foram coletadas amostras de solo 180 dias pós-aplicação da atrazina no milho (180 DAA), visando determinar o residual em PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico no período de semeadura de forrageiras de inverno.

As amostras de solo foram acondicionadas em sacos de polietileno, enquanto as de água, em garrafas de polipropileno de 1,0 L, transportadas em caixas de isopor com gelo e armazenadas em freezer, para posterior análise qualitativa e quantitativa dos resíduos.

2.2 PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS

Utilizou-se o método cromatográfico modificado de Sandra, Beltran e David (1995) e padrão analítico de atrazina com pureza de 99,5%, fornecido pela Novartis Agribusiness Ltda.

Extraíram-se as amostras de solo por meio de uma solubilização do analíto em acetona. Após, os extratos foram secos, ressuspendidos em água para posterior extração em fase sólida (SPE = *Solid Phase Extraction*) com cartuchos *Mega BE – Atrazine* de 3,0 mg e 20 mL (*BondElut C18-LO*). Posteriormente, foram eluídos com 5,0 mL de acetato de etila (grau HPLC) e concentrados para um volume final de 1,0 mL.

As amostras de água também foram extraídas em SPE. Um volume de 250 mL de amostra foi passado através de um cartucho (*BondElut C18-LO*) por meio de vácuo, com fluxo de 10 mL min⁻¹. Após, os cartuchos foram secos a vácuo, eluídos com 5,0 mL de acetato de etila e concentrados para um volume final de 1,0 mL.

2.2.1 INSTRUMENTAÇÃO

As análises quantitativas cromatográficas foram realizadas em um cromatógrafo a gás Varian, modelo CP-3800 equipado com detector de captura de elétrons (ECD), coluna capilar CP-Sil 8 CB de 30 m x 0.25 mm x 0.25 μm e autoinjeter CP-8410. Injetou-se, no modo *splitless*, 1,0 μL da amostra, com temperatura do injeter em 250 °C, programação de temperatura no forno em 50 °C (1 min), primeiro gradiente de 200 °C (2 min), segundo de 270 °C (1 min) e terceiro de 300 °C (10 min), gás de arraste nitrogênio, temperatura do detector em 300 °C. O tempo de retenção absoluto do padrão de atrazina injetado foi de 8,20 min.

A análise quantitativa foi realizada pela técnica do padrão externo, sendo os dados coletados e analisados em *workstation* da Varian versão 4.5.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precisão instrumental pode ser verificada pela medição sequencial de dez injeções repetitivas do analito atrazina, em concentrações de 2,0 e 20 $\mu\text{g mL}^{-1}$. O desvio padrão, calculado para as áreas dos picos da atrazina, foi de $< 10\%$, o que garante uma boa precisão instrumental apresentada pelo equipamento.

Na Figura 1 é apresentada a curva de calibração para o analito atrazina. O procedimento adotado consistiu em uma curva de calibração a cada lote de amostras analisadas.

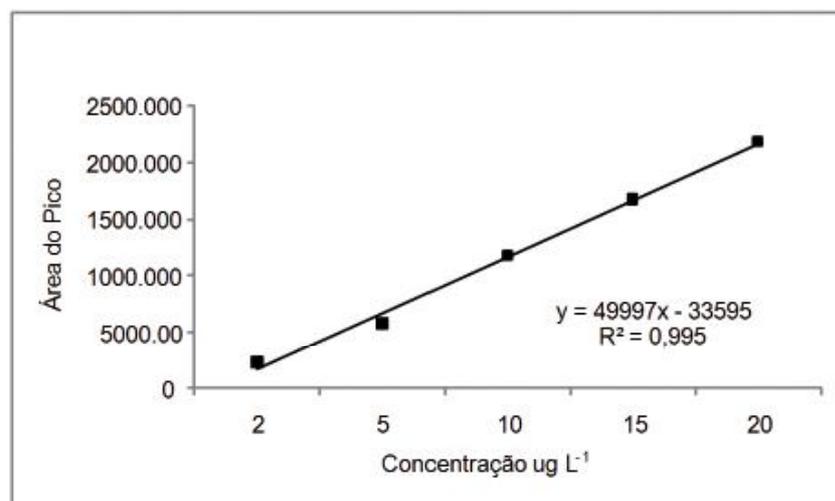


Figura 1. Curva de calibração utilizada para obtenção das concentrações de atrazina em amostras de água de lavoura de arroz. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS. 2010.

O estabelecimento dos limites de detecção (LD) da atrazina foram 0,02 $\mu\text{g L}^{-1}$ e 5,0 $\mu\text{g L}^{-1}$ para as matrizes água e solo, respectivamente. Abaixo destes valores de concentração, os analitos foram considerados como não detectados (ND).

Os percentuais de recuperação do analito atrazina (médias das recuperações correspondentes aos níveis de fortificação), em amostras de água e solo, foram de $124,9 (\%) \pm 8,9 (\%)$ e $91,6 (\%) \pm 2,2 (\%)$, respectivamente. A metodologia cromatográfica desenvolvida mostrou-se eficiente para a extração da atrazina, em amostras de água e solo.

A persistência da atrazina no solo, um ano pós aplicação (safra 2003/04), foi caracterizada pelo residual de $33,6 \text{ ug L}^{-1}$, na safra 2004/05. O residual no solo da safra 2005/06, 180 DAA em milho, foi de $111,6 \text{ ug L}^{-1}$. As concentrações detectadas de atrazina no solo comprovam as informações de que a molécula pode persistir por mais de um ano nesse meio (HOWARD, 1989). Erickson e Lee (1989) e Wauchope e Myers (1985), citados por Singh et al. (1998), relatam que a atrazina apresenta moderada a elevada persistência no solo, com uma meia-vida de 60 dias, ou seja, persistindo nesse tempo com metade da concentração original.

Dentre as propriedades físico-químicas do solo, a fração mineral argila, os óxidos/hidróxidos metálicos e a fração matéria orgânica são de extrema importância para o estabelecimento da interação do solo com o herbicida, determinando retenções e transformações químicas (LAVORENTI, 1996).

A meia-vida da atrazina em solos argilosos pode variar de 60-150 dias, enquanto que em condições de anaerobiose de sedimentos argilo-arenosos a meia-vida é de cerca de 660 dias (RIBAUDO; BOUZAHER, 1994). Porém, a atrazina pode apresentar moderada a elevada persistência no solo, com uma meia-vida de 60 dias, sendo retida nesse tempo com metade da concentração original [ERICKSON; LEE (1989) e WAUCHOPE; MYERS (1985), citados por SINGH et al. (1998)]. Os experimentos desse estudo mostraram que a condição de anaerobiose do solo foi o principal fator para sua persistência em PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico.

Na safra 2004/05, na lâmina d'água do arroz, as análises cromatográficas indicaram a presença de atrazina em todos os tempos amostrados

com residual abaixo de $3,0 \text{ ug L}^{-1}$ (Figura 2). O maior valor residual foi de $2,5 \text{ ug L}^{-1}$, detectado 28 DAI. A partir desse tempo, as concentrações foram reduzindo até $1,48 \text{ ug L}^{-1}$, detectado por ocasião da drenagem da parcela aos 110 DAI.

Os valores dectados estão abaixo do limites máximos de $2,0 \text{ ug L}^{-1}$ e $3,0 \text{ ug L}^{-1}$ permitidos em água, pelo Ministério da Saúde do Brasil e EPA, para consumo humano, respectivamente. De acordo com a resolução nº 397, de 3 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o limite máximo permitido de resíduos de atrazina para águas destinadas à irrigação de cerealíferas e à proteção de comunidades aquáticas é também de $2,0 \text{ ug L}^{-1}$. Apesar do comportamento esperado da atrazina na água de irrigação, com residual dentro do limite estabelecido pela legislação brasileira, deve-se, na medida do possível, evitar o seu uso em terras baixas.

A solubilidade da atrazina na água é muito baixa, sendo a hidrólise química, seguida pela biodegradação, a rota mais importante para o seu desaparecimento em ambientes aquáticos (HOWARD, 1989). A hidrólise, quebra da molécula atrazina por água, origina o metabólito hidroxiatrazina (HA) (ARMSTRONG et al., 1967, citados por PEIXOTO et al., 2000).

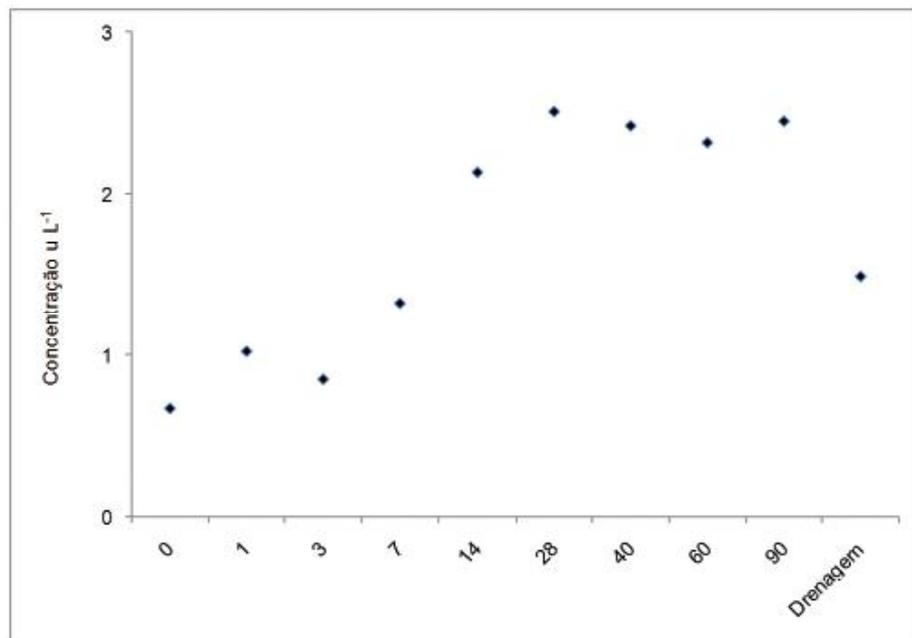
Análises dos parâmetros físico-químicos da água, revelaram que o pH variou de 6,24 a 7,30 e a temperatura de 30,6 a 41,0 °C, em 2003/04, e de 6,18 a 6,93 e de 22,86 a 34,16 °C, em 2004/05, propiciando condições para uma lenta hidrólise da atrazina, a qual é acelerada em condição básica ou ácida, e lenta em pH neutro (HOWARD, 1989). A temperatura elevada da água de irrigação, possivelmente, contribuiu mais para a degradação da atrazina do que o pH que manteve-se neutro.

Os resultados do residual na água de irrigação estão de acordo com os dados de Ribaud e Bouzaher (1994) de comportamento ambiental dessa molécula, sendo a hidrólise química, seguida pela degradação microbiana, o processo mais importante para o desaparecimento da atrazina.

No sistema de rotação de culturas arroz/milho/arroz a atrazina persistiu em PLANOSSOLO HÁPLICO Eutrófico até 180 dias após a aplicação desse herbicida na cultura do milho e na água de irrigação do arroz até 110 dias após a submersão.

A detecção de resíduos de atrazina no solo e na água indica que a diversificação do uso dos solos de terras baixas com culturas alternativas ao arroz irrigado requer cuidados e a busca por tecnologias sustentáveis. Deve-se evitar a introdução, neste agroecossistema frágil pelo uso da água, de agrotóxicos com alto poder toxicológico e elevada persistência.

Ao mesmo tempo, se não houver o uso adequado da atrazina, herbicida já com uso restrito em outros países, e que somente é vista como benefício ao controle de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado, isso pode vir a se constituir numa barreira ambiental, tanto para exportação de grãos como para produtos manufaturados da soja. No caso do milho pode haver restrição no mercado externo quando este cereal for destinado à produção de carne suína e de aves.



*Média de três repetições

Figura 2 - Dissipação da atrazina na água de irrigação de uma lavoura de arroz irrigado em rotação com a cultura do milho*. Estação Experimental Terras Baixas, Capão do Leão, RS. 2010.

CONCLUSÃO

É possível detectar atrazina no solo até 180 dias após a aplicação desse herbicida na cultura do milho, e na água de irrigação do arroz, cultivado pós-milho, até 110 dias após a submersão.

AGRADECIMENTO

À assistente de laboratório Patrícia Valente (in memoriam) pelo apoio nos procedimentos analíticos.

REFERÊNCIAS

ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. **Atrazine updates: pesticides: reregistration** [online]. Disponível em: <http://www.epa.gov/pesticides/reregistration/atrazine/atrazine_update.htm>. Acesso em: 20 mai. 2010.

EXTENSION TOXICOLOGY NETWORK. **Atrazine** [on line]. Disponível em: <<http://ace.ace.orst.edu/cgi-webglimpse/...info/extoxnet/pips/atrazine.htm&line=37>> Acesso em: 20 mai. 2010.

HAYES, T. B.; NARAYAN, A.; NAZIR, M.; PARK, A.; BROWN, T.; ADAME, L.; CHAN, E.; BUCHHOLZ, D.; STUEVE, T.; GALLIPEAU, S. Atrazine induces complete feminization and chemical castration in male African clawed frogs (*Xenopus laevis*). **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, DC, v. 107, n. 10, p. 4612-4617, mar. 2010.

HOWARD, P. H. (Ed.). Handbook of environmental fate and exposure data: for organic chemicals. Chelsea, MI: Lewis Publishers, 1989. 684 p. Volume III: Pesticides.

LAVORENTI, A. Comportamento dos herbicidas no meio ambiente. In: WORKSHOP SOBRE BIODEGRADAÇÃO, 1996, Campinas. **Anais**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, 1996. 256p. (Embrapa-CNPMA. Documentos, 5).

PEIXOTO, M. de F. da S. P.; LAVORENTI, A.; REGINATO, J. B.; TORNISIELO, V. L. Degradação e formação de resíduos ligados de ¹⁴C-atrazina em Latossolo Vermelho Escuro e Glei Húmico. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 57, n.1, p. 2 - 9, out./dez. 2000.

REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE MILHO, 53.; REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DE SORGO, 36., 2008, Pelotas. **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul, 2008/2009**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008.

RIBAUDO, M. O.; BOUZAHER, A. **Atrazine**: environmental characteristics and economics of management. [Washington, DC]: USDA, 1994. (Agricultural Economic Report, 699). Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/publications/aer699/AER699.PDF>> . Acesso em: 05 nov. 2010.

SANDRA, P.; BELTRAN, J.; DAVID, F. Enhanced selectivity in the determination of triazines by Benchtop GC/MS/MS. **Journal of high resolution chromatography**, Weinheim, v. 18, n. 9, p. 545 - 550, 1995.

SINGH, J.; SHEA, P. J.; COMFORT, S. D.; ZHANG, T. C.; HAGE, D. S. Iron-enhanced remediation of water and soil containing atrazine. **Weed Science**, Champaign, v. 46, n. 3, p. 381-388, 1998.

STRATTON, G. W. Effects of the herbicide atrazine and its degradation products alone and in combination, on phototrophic organisms. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 13, n. 1, p. 35-42. 1984.

XIONGWU, Q.; LIPING, M.; HUMMEL, H. E. Persistence of atrazine and occurrence of its primary metabolites in three soils. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Washington, DC, v. 44, n. 9, p. 2846 -2848, 1996.

