



**MEIO AMBIENTE  
E  
IMPACTO AMBIENTAL**

## **ESTRATÉGIA DE COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA PARA MONITORAMENTO DO IMPACTO AMBIENTAL DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO**

José Alberto Noldin<sup>1</sup>; Domingos Sávio Eberhardt<sup>1</sup>; Francisco C. Deschamps<sup>1</sup>; Luiz Carlos Hermes<sup>2</sup>.  
<sup>1</sup>Epagri/Estação Experimental de Itajaí, Caixa Postal 277, CEP 88301-970, Itajaí, SC. E-mail: noldin@epagri.rct-sc.br. <sup>2</sup>Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69, CEP 13820-000, Jaguariúna, SP.

A cultura do arroz irrigado destaca-se pela sua importância econômica e social nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, onde mais de um milhão de hectares são cultivados anualmente. Os sistemas de cultivo predominantes são a semeadura direta em solo drenado (sistemas convencional e cultivo mínimo), utilizado no RS e, pré-germinado, utilizado em SC e no RS, caracterizado pela semeadura de sementes previamente germinadas em lâmina de água. O cultivo de arroz irrigado em SC e no RS demanda uso intenso de agroquímicos, incluindo, principalmente, herbicidas, inseticidas e adubos. Considerando os métodos de aplicação dos mesmos, associado as práticas de manejo da água de irrigação, estes podem representar riscos para o ambiente, especialmente para a qualidade da água e para os organismos aquáticos dos rios e lagoas costeiras. Em Santa Catarina, a proximidade dos rios que recebem águas das lavouras de arroz irrigado com lagoas ou com o Oceano Atlântico tem sido motivo de preocupações por parte da sociedade.

Trabalhos de monitoramento ambiental realizados em áreas de produção de arroz nos Estados Unidos identificaram a presença de resíduos de agrotóxicos utilizados nas lavouras, em águas dos rios que recebem efluentes das lavouras (Pereira et al., 1993; Roberts et al., 1998). No Brasil e, em Santa Catarina há carência de informações sobre resíduos e o impacto que os efluentes das lavouras de arroz irrigado causam sobre a qualidade das águas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da cultura do arroz irrigado sobre a qualidade das águas superficiais e monitorar a ocorrência de agroquímicos nas sete principais bacias hidrográficas, com cultivo de arroz irrigado, no estado de Santa Catarina. Este trabalho faz parte de um projeto mais amplo conduzido em parceria entre a Epagri, Fundagro, Embrapa/Prodetab, Embrapa Clima Temperado, Embrapa Meio Ambiente e Univali.

O trabalho iniciou com a escolha das áreas a serem monitoradas em nível de bacias hidrográficas. As bacias hidrográficas incluídas no trabalho de monitoramento foram: Rio Itapocú, Rio Itajaí-Açú, Rio Camboriú, Rio d'Una, Rio Tubarão, Rio Araranguá e Rio Mampituba (Figura 1). Estima-se que mais de 95% da área cultivada com arroz irrigado em Santa Catarina esteja situada nestas bacias monitoradas.

Dentro de cada bacia ou microbacia, foram estabelecidos os pontos de coleta localizados a montante das áreas de cultivo do arroz (denominados de cabeceiras), pontos localizados em canais primários de drenagem e riachos/ribeirões mais diretamente sob influência da lavoura (denominados pontos de lavouras) e pontos localizados na foz dos principais afluentes da bacia (denominados pontos de foz) (Figura 1). Todos os pontos de coleta foram georeferenciados.

Para o estabelecimento inicial dos pontos de coleta em cada bacia hidrográfica, foram utilizados os mapas cartográficos do IBGE na escala de 1:50.000 (IBGE, 1981), além do conhecimento das áreas pelos pesquisadores envolvidos no projeto e apoio dos técnicos locais da Epagri, Cooperativas, Prefeituras Municipais e de escritórios de assistência técnica.

Amostras de água foram coletadas, no período anterior ao início do preparo do solo para o cultivo do arroz, durante o período de cultivo, concentrando-se nas épocas de preparo de solo e aplicação de agroquímicos e, após a finalização da safra nas respectivas bacias hidrográficas. O número de coletas efetuadas em cada ponto, foi variável em função, principalmente, das características da cultura do arroz na bacia, como, por exemplo, cronograma de plantio e o período de aplicação dos agroquímicos. Em média, foram realizadas de cinco a oito coletas em cada uma das safras, 1998/99 e 1999/00. Na bacia do

Rio Camboriú, as coletas foram quinzenais no período de agosto/99 a junho/2001. Cada amostra coletada era composta por duas sub-amostras: uma de 1000 ml, a qual era congelada para a análise de resíduo, e outra de 500 ml para determinação dos seguintes parâmetros físico-químicos: fósforo total, fosfato solúvel, ferro total, turbidez, pH, alcalinidade, dureza, condutividade, nitrito, nitrato, amônia total, potássio, cálcio e magnésio. Na bacia do Rio Camboriú, também foram avaliados a temperatura, oxigênio dissolvido, coliformes totais e fecais. Os parâmetros físico-químicos foram analisados em laboratório seguindo metodologia proposta pelo Standard Methods (American..., 1992). A análise bacteriológica foi realizada pelo método enzimático. Para a análise de resíduo, foram selecionados os produtos (herbicidas e inseticidas) mais utilizados na cultura pelos agricultores ou aqueles considerados com maior possibilidade de impacto ambiental em função das características químicas ou pela modalidade de aplicação. Os produtos objeto de análise foram os herbicidas Ordran (molinate), Sirius (pyrazosulfuron), Ally (metsulfuron), Facet (quinclorac), propanil, Ronstar (oxadiazon), Goal (oxyfluorfen), 2,4-D e o inseticida Furadan (carbofuran). As análises de resíduo seguiram a metodologia multiresíduo, estabelecida pelo laboratório de análise de água e efluentes da Epagri, Estação Experimental de Itajaí.

O número total de pontos de coleta estabelecidos foi de 169 na safra 1998/99 e 152 na safra 99/00. No total, foram coletadas 1993 amostras de água nas sete bacias monitoradas nas duas safras, 1998/99 e 1999/00 (Tabela 1). Todas as amostras foram submetidas à análise dos parâmetros físico-químicos. Resultados das análises estão sendo apresentados parcialmente em outro trabalho neste mesmo evento. As análises de resíduo encontram-se em andamento.

Tabela 1 - Número de amostras de água coletadas por bacia hidrográfica para análise físico-química e determinação de resíduo de agroquímicos, nas safras 1998/99 e 1999/00, em Santa Catarina, Epagri/Fundagro/Prodetab, Itajaí, 2001.

Bacia hidrográfica	1998/1999			1999/2000			Total
	C <sup>1</sup>	L <sup>2</sup>	F <sup>3</sup>	C	L	F	
Rio Itapocú	18	122	64	28	104	63	399
Rio Itajaí-Açú	25	99	197	29	71	188	609
Rio Camboriú <sup>4</sup>	14	14	21	70	105	105	329
Rio d'Una	6	18	8	10	10	21	73
Rio Tubarão	7	16	24	10	15	30	102
Rio Araranguá	25	83	91	15	90	85	389
Rio Mampituba	5	-	33	10	-	44	92
Total	100	352	438	172	395	536	1993

<sup>1</sup>C=cabeceira, <sup>2</sup>L=lavoura, <sup>3</sup>F=foz; <sup>4</sup>Amostragem quinzenal no período de agosto de 1999 até junho de 2001.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for examination of water and wastewater**. 18 ed. Baltimore: Victor Graphics, 1992. 1 CD-Rom.

IBGE. **Folhas cartográficas**, litoral de Santa Catarina. Rio de Janeiro, 1981. Mapas color., escala: 1:50.000.

PEREIRA, W.E.; HOSTETLER, F.D. Non point source contamination of the Mississippi river and its tributaries by herbicides. **Environ. Sci. Technol.**, v.27, n.8, p.1542-52, 1993.

ROBERTS, S.R.; GORDER, N.K.; HILL, J.E.; LEE, J.M.; SCARDACI, S.C. **Seepage water management: voluntary guidelines for good stewardship in rice production**. Oakland, CA: University of California/Division of Agriculture and Natural Resources, 1998. 11p. (Publication, 21568).

Agradecemos a Embrapa/Prodetab e a Fundagro (Conv. Fundagro/Prodetab 77-1/98) pelo apoio financeiro e administrativo, respectivamente, para a execução deste trabalho.

**ESTRATÉGIA DE COLETA DE AMOSTRAS DE ÁGUA PARA** amente e introduzindo o

Georeferenciamento dos pontos de coleta na Bacia do Rio Itapocú

Ponto	Latitude	Longitude
C1	26°41'37s	49°02'47s
L2	26°36'46s	49°00'49s
L3	26°35'41s	49°02'41s
C5	26°38'41s	49°05'55s
L6	26°36'57s	49°04'23s
L7	28°53'50s	49°22'55s
L8	26°35'34s	49°03'04s
L9	26°35'48s	49°03'27s
F10	26°34'57s	49°04'17s
L10a	26°34'53s	49°00'44s
L11	26°34'21s	49°00'43s
F13	26°34'21s	48°58'38s
L14	26°34'21s	48°58'40s
F15	26°32, 31s	48°52'27s
F16	26°32'16s	48°52'30s
F17	26°31'39s	48°52'53s
F18	26°35'51s	48°43'26s
F19	26°33'13s	48°43'32s
F20	26°26'53s	48°50'07s
L21	26°26'19s	48°52'59s
L22	26°26'19s	48°53'47s
L23	26°21'31s	48°52'59s
C24	26°17'34s	48°57'51s
L25	26°17'35s	48°55'35s
L27	26°20'12s	48°54'38s
F28	26°28'35s	48°58'55s
F29	26°28'37s	49°01'56s
C30	26°26'03s	49°15'00s

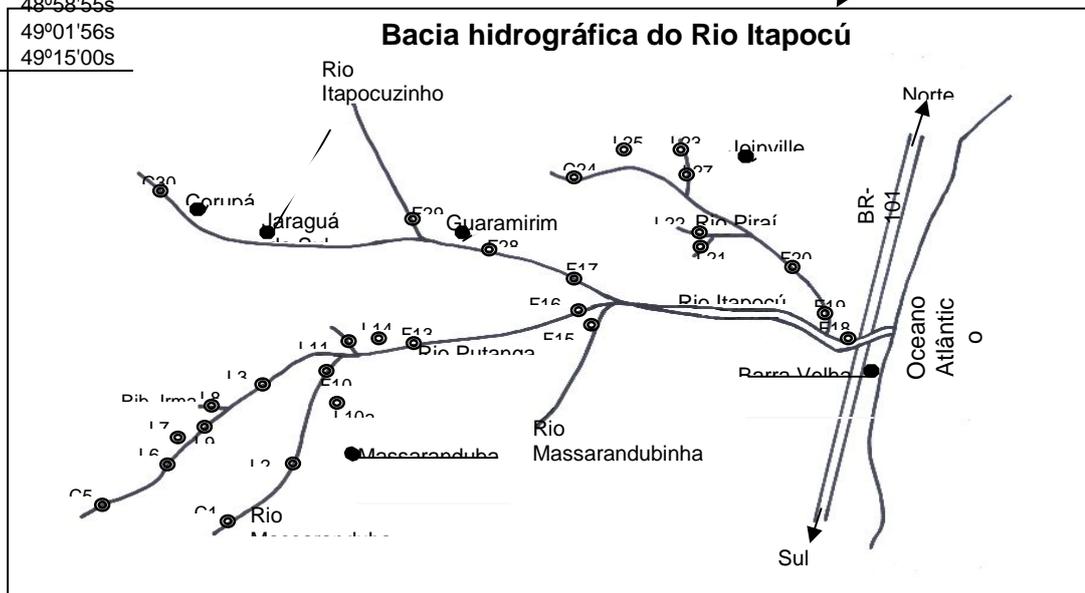
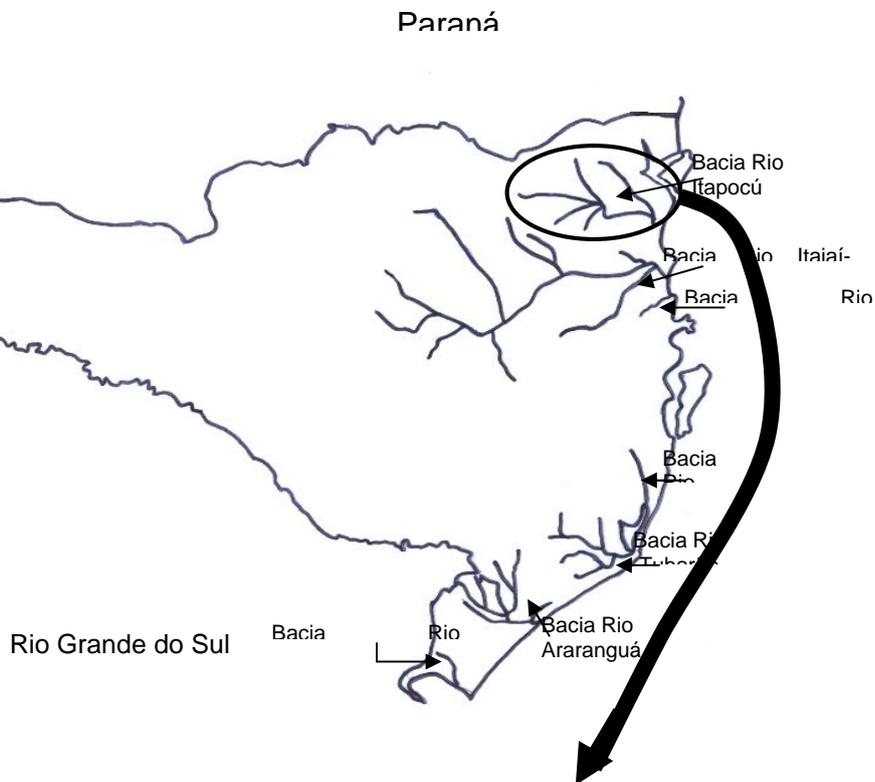


Figura 1 - Exemplo de delineamento dos pontos de coleta de água no projeto de monitoramento de qualidade das águas superficiais, com a localização dos pontos na cabeceira (C), lavoura (L) e foz (F) na bacia hidrográfica do Rio Itapocú. Epaari/Fundaaro/Prodetab. Itaiá. 2001.

## ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA (IQA) NA AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO SOBRE A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Francisco C. Deschamps<sup>1</sup>; Luís Gonzaga de Toledo<sup>2</sup>; José Alberto Noldin<sup>1</sup>; Gilberto Nicolella<sup>2</sup>; Domingos Sávio Eberhardt<sup>1</sup>. <sup>1</sup>Epagri/Estação Experimental de Itajaí, Caixa Postal 277, CEP 88301-970, Itajaí, SC. E-mail: xico@hotmail.com. <sup>2</sup>Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69, CEP 13820-000, Jaguariúna, SP.

O monitoramento de parâmetros de qualidade da água em microbacias hidrográficas constitui-se em ferramenta básica para avaliar alterações ambientais causadas pela ação humana ou do próprio ambiente. Isto porque a maior parte das ações desenvolvidas sobre o ambiente acabam se refletindo na qualidade dos cursos de água das microbacias. Como estas ações são de natureza distinta, nem sempre é possível isolar a influência destes fatores daqueles diretamente relacionados com a atividade agrícola. As fontes difusas de poluição, especialmente a agricultura, têm sido objeto de atenção em muitos países devido à dificuldade de se estabelecer procedimentos de avaliação de impactos ambientais e de adotar padrões aceitáveis, como outrora ocorreu com as fontes pontuais (Parry, 1998). Cabe lembrar que cada bacia ou microbacia hidrográfica possui características próprias, o que torna difícil estabelecer uma única variável como indicador padrão para qualquer sistema hídrico. Neste sentido, é importante o desenvolvimento de trabalhos de campo para a obtenção de indicadores de qualidade de água que reflitam as intervenções humanas, como o uso agrícola, urbano e industrial (Couillard e Lefebvre, 1985).

Pelo seu sistema de manejo e cultivo, especula-se que a cultura do arroz irrigado degrade a qualidade da água dos rios no Estado de Santa Catarina. O manejo inadequado da água de irrigação da lavoura, especialmente nas etapas de preparo do solo ou quando da aplicação dos agroquímicos, pode provocar alterações na qualidade da água à jusante destes agroecossistemas.

Na busca de indicadores de qualidade de água várias técnicas têm sido utilizadas, sendo a mais empregada o IQA desenvolvido pela National Sanitation Foundation Institution e usado em países como EUA, Brasil, Inglaterra (Orea, 1998). Estes índices contemplam um grau de subjetividade, pois dependem da escolha das variáveis que constituirão os indicadores principais das alterações da qualidade de água. Índices baseados em técnicas estatísticas favorecem a determinação dos indicadores mais característicos do corpo de água em estudo, embora não permitam generalizações para outros corpos de água (Haase et al., 1989). Por outro lado, como instrumento de avaliação ao longo do tempo ou do espaço, estes índices permitem acompanhar as alterações ocorridas no eixo hidrográfico. Um dos métodos usados na formulação de índices de qualidade de água baseia-se na técnica multivariada da análise fatorial (Shoji et al., 1966; Haase e Possoli, 1993), escolhido no presente trabalho. Esta técnica permite selecionar as variáveis mais representativas do corpo hídrico, favorecendo a definição de indicadores mais sensíveis, tanto para adoção de um programa de monitoramento como para avaliação das alterações ocorridas nos recursos hídricos.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar o possível impacto da cultura do arroz irrigado sobre a qualidade das águas do Rio Camboriú (Camboriú, SC), através do estabelecimento de um índice de qualidade de água (IQA). A bacia do Rio Camboriú tem aproximadamente 119,9 km<sup>2</sup> e 950 hectares (7,92%) são cultivados com arroz irrigado. A importância deste trabalho nesta bacia está relacionado ao fato do Rio Camboriú servir como única fonte de abastecimento de água para as populações dos municípios de Camboriú e Balneário Camboriú e ainda ter sua foz na praia de Balneário Camboriú.

O monitoramento foi realizado durante o período de agosto de 1999 a março de 2001. Foram estabelecidos dois locais de coleta representativos da cabeceira, três de lavoura e três de foz, distribuídos ao longo da microbacia. O ponto 50 representa uma nascente sem qualquer interferência humana e o ponto 45 era o mais à jusante da bacia, situado na cidade de Camboriú. As amostras de água foram coletadas quinzenalmente,

quando se procedia as análises de oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (COND), nitrato (NO<sub>3</sub>), amônia (NH<sub>4</sub>), nitrito (NO<sub>2</sub>), ferro total (Fe), fósforo total (P) e dissolvido (PO<sub>4</sub>), turbidez (TURB), pH, coliformes fecais (CF) e totais (CT), dureza (DUR), alcalinidade (ALC), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e temperatura (TEMP). Os procedimentos analíticos foram realizados conforme proposto pelo Standard Methods (American Public Health Association, 1992).

Utilizou-se a técnica estatística de análise fatorial na definição deste índice de qualidade de água. Neste trabalho foi utilizado o método de Bartlett para a criação dos fatores de escala, que minimiza a variância do erro, sendo os escores preditos pelo modelo:

$\hat{F} = XU^{-2}B(BU^{-2}B)^{-1}$  onde: X = vetor das variáveis observadas;  $U^{-2}$  = matriz diagonal das variâncias únicas; B = matriz das cargas fatoriais.

Para efeito de análise fatorial foram selecionados os vetores com dados completos, sendo descartados valores discrepantes.

Após a determinação das cargas fatoriais, determinou-se os escores fatoriais pelo método de Bartlett em cada ponto de coleta, que constitui-se no IQA pelo uso da equação abaixo:

<p><b>IQA = 0,12165.P+0,09602.Fe+0,20878.TURB-0,00553.pH-0,07053.COND+0,24166.NO<sub>2</sub>+0,1335.NO<sub>3</sub>+0,06218.NH<sub>4</sub>+0,16888.PO<sub>4</sub>-0,07281.OD+0,10578.CT+0,06462.CF -0,09356.ALC-0,10834.DUR-0,00234.K-0,06398.Ca-0,0651.Mg+0,10256.TEMP</b></p>
--

É possível observar pelos escores individuais das variáveis, que o cálculo do IQA foi influenciado, em ordem de importância, pelo NO<sub>2</sub>, TURB, PO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub> e P. A distribuição do IQA médio para os 8 locais de coleta, conforme a posição dos mesmos na cabeceira, lavoura e foz da microbacia, são apresentados na Figura 1. Estes valores médios apresentam desvios elevados, notando-se que os valores de cabeceiras apresentam-se constantemente menores em relação aos demais pontos. Para efeitos de compreensão, quanto mais negativo os valores de IQA, melhor a qualidade da água. Por outro lado, os valores de IQA médios entre lavoura e foz não se mostraram diferentes. Na Figura 2, é apresentada a distribuição do IQA ao longo do período de monitoramento. Nota-se que os valores obtidos nos pontos de foz e lavoura apresentam oscilações que acompanham as variações observadas nos pontos de cabeceira. O valor discrepante de IQA médio observado no ponto de lavoura na coleta de 11/09/00, é resultado de altos valores registrados para turbidez, P, Fe, NO<sub>3</sub>, K, NH<sub>4</sub> e PO<sub>4</sub> em um dos pontos componente da média (Figura 2). Dos parâmetros que compuseram o IQA, a turbidez foi um dos que se destacou como indicador. A turbidez da água tem sua origem, na erosão natural e nas atividades humanas, principalmente, de urbanização que ocorrem em toda a área da bacia, inclusive nas porções à montante das lavouras de arroz, resultando na ocorrência de valores elevados ao longo de todos os pontos de coleta. Considerando que a turbidez representa o aumento na carga de sólidos em suspensão, possíveis efeitos da cultura do arroz podem estar associados a drenagem das quadras de arroz durante a etapa de preparo do solo. No caso desta microbacia, isto ocorre, principalmente, nos meses de outubro e novembro.

Da série nitrogenada, o nitrito influenciou fortemente os valores do IQA. O nitrato ocorreu dentro dos padrões estabelecidos pelo CONAMA (Brasil, 2001) para rios da classe II, entretanto o nitrito apresentou valores médios superiores ao estabelecido pelo CONAMA, o que indica um grau de atenção maior no monitoramento deste parâmetro. Segundo Mishra et al. (1998) a ocorrência de nitrito em águas naturais origina-se de processos redutores, que ocorrem naturalmente em área sujeitas ao alagamento, como no caso das lavouras de arroz irrigado.

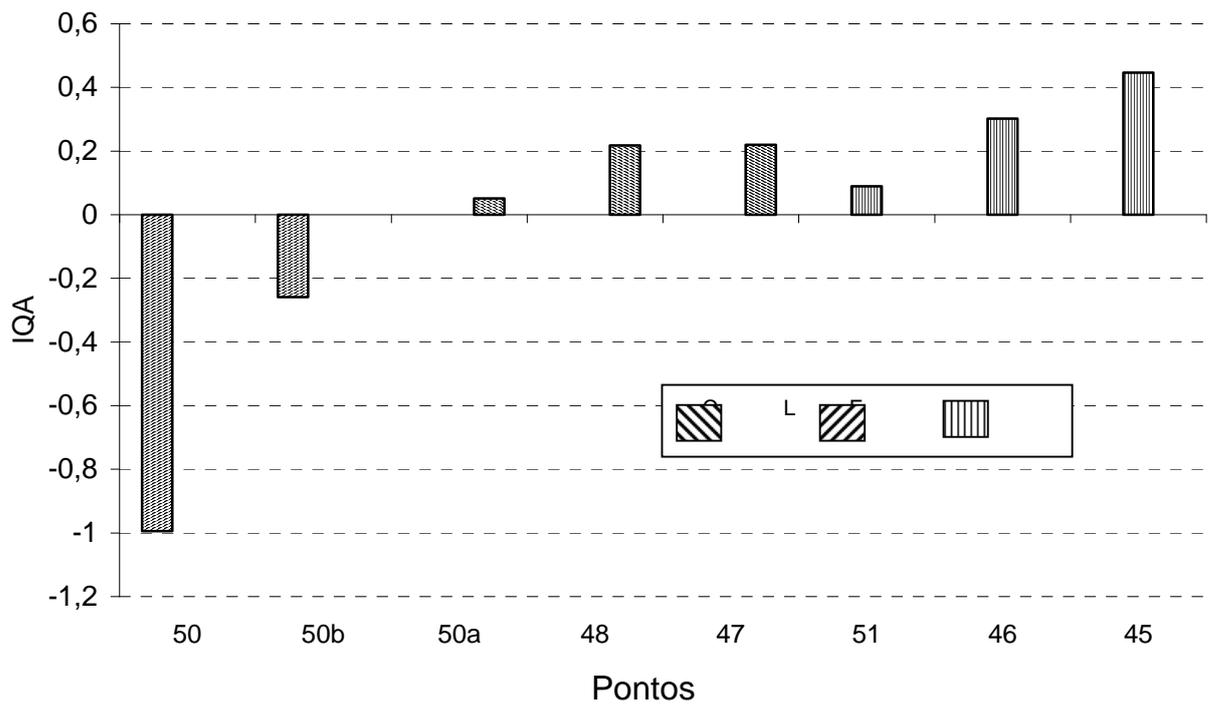


Figura 1 - Valores médios do IQA por ponto de coleta (C=cabeceira, 50e 50b; L=lavourea, 47, 48 e 50a) F=foz, 46, 51 e 45), na bacia do Rio Camboriú. Epagri/Fundagro/Prodetaab, Itajaí, 2001.

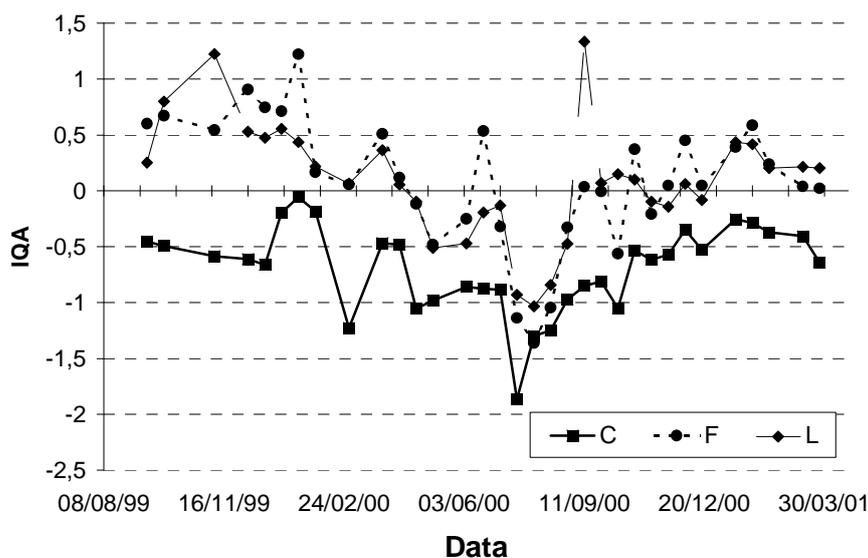


Figura 2 - Distribuição dos valores do IQA no período de monitoramento, em função da posição dos pontos de coleta na bacia do Rio Camboriú. Epagri/Fundagro/Prodetab, Itajaí, 2001.

É possível observar no presente trabalho, que a adoção do IQA obtido a partir da análise fatorial, permitiu acompanhar a evolução da qualidade da água na microbacia do Rio Camboriú, tanto numa dimensão de espaço como de tempo. Desta forma, a adoção deste índice demonstrou ser uma importante ferramenta na identificação dos parâmetros que mais afetam a qualidade da água. Os dados de IQA evidenciam um gradiente de degradação da qualidade da água da cabeceira para a foz do rio Camboriú. Observa-se ainda que as diferenças no IQA dos pontos de lavoura e foz não foram significativas, evidenciando que a interferência da cultura do arroz não é superior ao somatório das demais atividades que interferem na qualidade das águas na bacia do Rio Camboriú.

## BIBLIOGRAFIA

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 18.ed. Baltimore: Victor Graphics, 1992. 1 CD-Rom.
- COUILLARD, D.; LEFEBVRE, Y. Analysis of water quality indices. **J. of Environ. Manag.**, v.21, p.161-179, 1985.
- HAASE, J.; KRIEGER, J.A.; POSSOLI, S. Estudo da viabilidade do uso da técnica fatorial como um instrumento na interpretação de qualidade das águas da bacia hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. **Ciência e Cultura**, v.41, n.6, p.576-582, 1989.
- HAASE, J.; POSSOLI, S. Estudo da utilização da técnica de análise fatorial na elaboração de um índice de qualidade de água: comparação entre dois regimes hidrológicos diferentes, RS. **Acta Limnol. Brasiliensia**, v.6, p.245-255, 1993.
- MISHRA, A.; GHORAI A.K.; SINGH S.R. Rainwater, soil and nutrient conservation in rainfed rice lands in Eastern India. **Agric. Water Manag.** v.38, 45-57, 1998.
- OREA, D.G. **Evaluación de impacto ambiental**. Madrid: Editorial Agrícola Española, 1998. 260p.
- PARRY, R. Agriculture phosphorus and water quality: a U.S. Environmental Protection Agency perspective. **J. of Environ. Qual.**, v.27, p.258-261, 1998.
- SHOJI, H.; YAMANO, T.; NAKAMURA, T. Factor analysis on stream pollution of the Yodo river systems. **Air and Water Pollution**, v.10, p.291-299, 1966.

Agradecemos a Embrapa/Prodetab e a Fundagro (Conv. Fundagro/Prodetab 77-1/98) pelo apoio financeiro e administrativo, respectivamente, para a execução deste trabalho.

## **AVALIAÇÃO DO FLUXO GÊNICO ENTRE GENÓTIPOS DE ARROZ TRANSGÊNICO, CULTIVADO E ARROZ VERMELHO**

Ariano M. de Magalhães Jr.<sup>(1)</sup>; Andre Andres<sup>(1)</sup>; Daniel F. Franco<sup>(1)</sup>; Márcio P. da Silva<sup>(2)</sup>; André Abreu<sup>(3)</sup>; Renato Luzzardi<sup>(3)</sup>; Jefferson Coimbra<sup>(3)</sup> 1. Embrapa Clima Temperado. Cx. Postal 403, Cep.: 96001-970, Pelotas-RS, E-mail: ariano@cpact.embrapa.br 2. Estudante de Mestrado. UFPel-FAEM. Cx. Postal 354, Cep.: 96001-970, Pelotas-RS. 3. Aventis Seeds, Av. Maria Coelho Aguiar, 215 – Bloco B, CEP 05804-902, São Paulo-SP.

A biotecnologia com suas técnicas de biologia molecular e de transformação vegetal têm possibilitado a produção de plantas geneticamente modificadas mantendo as características das espécies, constituindo-se, assim, em uma ferramenta concreta e importante para o melhoramento genético vegetal. Dessa maneira, é possível a obtenção de plantas transgênicas que representem variedades melhoradas para uma nova característica que não se poderia obter na diversidade da espécie. A possibilidade de se introduzir em plantas, genes codificantes que possam conferir-lhe resistência a determinados herbicidas, abriu novos horizontes para o controle do arroz vermelho nas lavouras orizícolas. Esta espécie é bastante agressiva em condições de lavoura e as perdas na produção do arroz irrigado, devido a competição, podem ser evidenciadas em função da sua densidade populacional. A principal razão, que explica a dificuldade do seu controle, deve-se ao fato de que o arroz-vermelho pertence ao mesmo gênero (*Oryza*) do arroz cultivado, não existindo, desta forma, um produto químico capaz de controlar esta invasora quando presente na cultura do arroz. Economicamente esta invasora vem causando perdas elevadas, atingindo valores anuais acima de 100 milhões de dólares, somente considerando o sul do Brasil.

O desenvolvimento de variedades de arroz irrigado que apresentem resistência a herbicidas totais poderá viabilizar o uso de áreas, atualmente comprometidas pela alta infestação, com maior economicidade e eficiência do que os métodos correntes de manejo de plantas daninhas tem conseguido. A tecnologia LibertyLink envolve a inserção no genoma da planta de um gene exógeno (*bar*), que pela sua expressão confere às plantas tolerância específica a um nova molécula herbicida, o Glufosinato de Amônio (GA). Este é um inibidor da glutamina sintetase, bloqueando a incorporação de amônia gerada pela própria planta em aminoácidos (D'Halluin et al. 1992), sendo que esta inibição resulta em acumulação tóxica de amônia nas células das plantas. O gene *bar*, isolado de *Streptomyces hygroscopicus*, codifica para a síntese de fosfinotricina acetil transferase (PAT) que cataliza a transferência do radical acetil da acetil coenzima-A para o grupo amino do glufosinato, tornando-o inativado (De Block et al. 1987). Desta forma, o arroz resistente ao herbicida glufosinato de amônio é capaz de sobreviver após a aplicação do produto, o qual, por ser de ação total, controla todas as plantas invasoras, inclusive o arroz-vermelho.

Por outro lado, a tecnologia de inserção de genes exógenos abre um leque de possibilidades de desenvolver variedades com características inéditas. Linhagens e cultivares de arroz, tais como Gulfmont, Koshihikari, IR 72, Bengal e Cypress (Oard, et al. 1996) foram transformadas para esta característica e apresentaram excelente performance agrônômica, em ensaios de campo. Haverá casos em que nova característica pode relacionar-se com a adaptabilidade e competitividade da espécie cultivada, devendo-se então atentar para a avaliação de impacto ambiental que possa ser resultante. Especificamente, no caso de inserção de uma resistência adicional para um dado herbicida em que o fator de competitividade depende da presença de um elemento sob controle, deverá ser avaliado o impacto nas práticas agrônômicas, caso uma planta daninha capture o novo gene da espécie cultivada e passe a expressar a nova característica também. A principal questão ao se trabalhar com plantas resistentes a herbicidas reside no fato que os genes responsáveis pela característica podem ser transferidos, particularmente através do pólen, e serem incorporados nas espécies de plantas invasoras (Fontes & Melo, 1999). A polinização cruzada entre o arroz cultivado e o arroz-vermelho, apesar da espécie ser autógama, já foi descrita. Para tanto, determinar a magnitude da dispersão do grão de pólen transgênico e a

fecundação do arroz daninho, será a informação básica na avaliação de riscos que possam ser postulados e proposição das medidas mitigadoras, se necessárias.

Relatos da literatura sugerem que a frequência de polinização cruzada natural entre plantas do gênero *Oryza* é variável e pode chegar, em condições normais, até 5%, e que o índice é diretamente dependente da coincidência no estágio de florescimento e da proximidade entre a fonte doadora e receptora de pólen. Nedel et al. (1998) descrevem que na maioria das cultivares de arroz a liberação do grão de pólen verifica-se antes da antese e, por essa razão, a taxa de alopolinização é muito baixa (menos de 1%).

Este estudo teve como objetivo determinar a distância de dispersão de pólen e taxa de fecundação cruzada entre genótipos modificados geneticamente para resistência ao glufosinato de amônio e seus parentais não transgênicos.

O trabalho foi constituído por um conjunto de experimentos, conduzidos sob normas de biossegurança no ano 2000, a campo, no município de Rio Grande, na área experimental da Aventis Seeds do Brasil. Nestes ensaios foram utilizados os seguintes genótipos: linhagem ABR-15 (derivada da cultivar BR-IRGA-410); linhagem LLRice62 (derivada da cultivar Bengal); cultivar BR IRGA 410; cultivar Bengal. A condução dos experimentos deu-se sob o controle da CIBio da Aventis Seeds do Brasil. Fez parte do procedimento experimental a comprovação da presença do gene marcador (*bar*) nas parcelas de plantas doadoras, bem como a confirmação de que as plantas receptoras não portavam previamente o gene. Para esta determinação, foi realizado um teste aos 30 dias após a emergência das plantas. Plantas ao acaso foram pinceladas com solução herbicida contendo Glufosinato de Amônio, em dose equivalente a 400 gramas/ha. Foram tratadas 13 plantas ao acaso da cultivar BR IRGA 410, 2 de arroz vermelho, e 15 plantas da linhagem ABR 15. A avaliação foi realizada após uma semana do tratamento. Verificou-se que no lote da linhagem transgênica ABR 15, nenhuma planta pincelada com o GA apresentou lesão, demonstrando que tratava-se de material resistente ao glufosinato de amônio. As plantas de arroz vermelho pinceladas com o herbicida apresentaram suscetibilidade, bem como todas as plantas de arroz não transgênico.

Foram realizados estudos objetivando avaliar possível influência de ventos que pudessem predominar na região. Neste sentido, foram coletadas amostras de plantas receptoras de pólen de plantas geneticamente modificadas de quatro quadrantes. As subparcelas das plantas receptoras de pólen foram locadas ao longo do eixo bissetriz de cada quadrante, nas distâncias (raio) de 0, 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 35 metros a partir do centro (parcela com plantas doadoras de pólen).

Na ocasião da maturação fisiológica das parcelas realizou-se coleta de sementes, as quais foram avaliadas sob teste de germinação no laboratório de Cultura de Tecidos da ETB da Embrapa Clima Temperado.

Por tratar-se de plantas doadoras de pólen portando o gene marcador, dominante e em homocigose, a susceptibilidade (plantas autofecundadas: S1) ou resistência (plantas híbridas: F1) ao herbicida permite determinar com simplicidade e segurança a taxa de cruzamento, sua frequência e sua curva de ocorrência, submetendo-se as amostras ao tratamento com o produto.

A reação ao tratamento herbicida, controlado pela presença ou ausência do gene *bar*, ocorre tanto em plântulas pulverizadas com solução de glufosinato de amônio, como em sementes postas a germinar em meio contendo o herbicida. Para total confiabilidade do método, ambas estratégias foram aplicadas. Primeiramente as sementes foram submetidas ao teste de germinação em substrato contendo glufosinato de amônio, segundo protocolo estabelecido e validado por Magalhães Jr. et al. (2000). Uma vez que alguma semente em análise apresentasse germinação e início de emergência normal no teste de substrato, indicando resistência (F1), a mesma foi então submetida a um outro teste comprobatório. Neste teste complementar, as plântulas oriundas de sementes sobreviventes ao primeiro teste, ou seja, tidas como resistentes (F1), foram transplantadas em bandejas contendo substrato apropriado e em casa de vegetação da Estação Experimental Terras Baixas, da Embrapa Clima Temperado operando sob biossegurança (sob o devido CQB conferido pela CTNBio). Tão logo tais plântulas apresentavam-se adaptadas e sob desenvolvimento

regular, foram as mesmas pulverizadas com o herbicida Glufosinato de Amônio na dose de 800g/ha no estágio de 3-4 folhas. As plantas que comprovaram-se resistentes (F1) tiveram seu desenvolvimento ainda avaliado por período de 2 a 3 semanas, e foram posteriormente destruídas pela aplicação de glifosate (1800g/ha).

Nas condições em que os experimentos foram realizados, durante o ano 2000 e, considerando-se o comportamento das normas de biossegurança, pode-se observar que a taxa de cruzamento entre os genótipos de arroz foi muito baixa. Mais de 250.000 sementes foram analisadas e há uma frequência que constantemente se repete, da ordem de 0,1 a 0,04%. Este valor é muito menor que os índices sugeridos por alguns autores (Nedel et al., 1998). Alguma taxa de cruzamento entre genótipos de arroz somente pode ser detectada quando ocorrer absoluta coincidência de período de emissão de panículas. A probabilidade de ocorrência de cruzamento, em havendo perfeita sincronia floral se dá a uma distância curta. Os dados obtidos indicam que, a partir de 5 metros, a possibilidade de ocorrência de cruzamento entre as plantas é mínima. Corroboram com este trabalho o isolamento de 3 metros adotado pelas normas de produção de sementes (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1981). Não foi detectado, nas condições em que foi realizado o experimento, diferenças na frequência de polinização cruzada nos distintos quadrantes analisados. No caso do arroz daninho, a possibilidade de ser fecundado pelo arroz foi ainda menor. A análise maciça de sementes apontou que mesmo sob boa coincidência floral, elevada presença de plantas e distância de 0 metros não pode ser obtido nenhuma semente híbrida F1, qual seja, nenhum cruzamento pode ser detectado. No entanto, este resultado não permite concluir que não ocorra fluxo gênico entre o arroz transgênico e o arroz vermelho. O fato de existir a possibilidade de fecundação cruzada entre os genótipos, ainda que mínima, justifica medidas de precaução. Ressalta-se que estes dados refletem observações de apenas uma safra agrícola.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- D'HALLUIN K.; De BLOCK, M.; JANSSENS, J.; LEEMANS, J.; REYNAERTS, A.; BOTTERMAN, J. The *bar* gene as a selectable marker in plant engineering. **Methods Enzimol.** v. 216, p.415-441. 1992.
- De BLOCK, M.; BOTTERMAN, J.; VANDERWIELE, M.; DOEKX, J.; THOEN, C.; GOSSELE, V.; RAO, M.; THOMPSON, C.; VAN MONTAGU, M.; LEEMANS, J. Engineering herbicide resistance in plants by expression of detoxifying enzyme. **EMBO J**, v.6, p. 2513-2518, 1987.
- FONTES, E.; MELO, P.E. de. Avaliação de riscos na introdução no ambiente de plantas transgênicas. In:TORRES, A.C.; CALDAS, L.S.; BUSO, J.A., ed. **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas.** v.2. Brasília: Embrapa-SPI / Embrapa-CNPQ, 1999. p.815-843.
- MAGALHÃES JR. A.M. de; FRANCO, D.F.; ANDRES, A.; ANTUNES, P.; LUZZARDI, R.; DODE, L.B.; TILLMANN, M.A.A.; SILVA, M.P. Método para identificação de sementes de arroz transgênico resistente ao herbicida glufosinato de amônio. **Agropecuária Clima Temperado**, Pelotas, v.3, n.1, p. 31-38, 2000.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - Legislação da inspeção e fiscalização da produção e do comércio de sementes e mudas. 3 ed. M.A. Brasília. 1981. 194p.
- NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N. de; CARMONA, P.S. A planta de arroz: morfologia e fisiologia. In: PESKE, S.T.; NEDEL, J.L.; BARROS, A.C.S.A. ed. **Produção de arroz irrigado.** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1998. p. 11-66.
- OARD, J.H.; LINScombe, S.D.; BRAVERMAN, M.P.; JODARI, F.; BLOUIN, D.C.; LEECH, M.; KOHLI, A.; VAIN, P.; COOLEY, J.C.; CHRISTOU, P. Development, field evaluation, and agronomic performance of transgenic herbicide resistant rice. **Molecular Breeding**, Bélgica (Kluwer Academic Publishers), v.2, p.359-368, 1996.

## DINÂMICA AMBIENTAL DE NUTRIENTES NA ÁGUA DURANTE O PERÍODO DE IRRIGAÇÃO, EM TRÊS TÉCNICAS DE CULTIVO DE ARROZ (*ORIZA SATIVA* L.).

Ricardo Dourado Furtado<sup>(1)</sup> e Sérgio João de Luca<sup>(2)</sup>,. 1. PPG-Ecologia/UFRGS Av. Bento Gonçalves 9500 Caixa Postal 15029 , CEP 91501-970 ,e-mail: furtado@ecologia.ufrgs.br, 2. IPH/UFRGS Av. Bento Gonçalves 9500 Caixa Postal 15029 , CEP 91501-970 Porto Alegre-RS,

A cultura do arroz (*Oriza sativa* L.) irrigado é a maior consumidora agrícola de água em nível mundial e, no Rio Grande do Sul, devido ao grande percentual de áreas cultivadas por esta cultura serem irrigadas, provocando impactos desconhecidos sobre o meio aquático. O carreamento de nutrientes tais como nitrogênio, fósforo e potássio e de agrotóxicos, que são lixiviados e conduzidos para o sistema de drenagem, provoca a perda de recursos materiais e financeiros e agride o meio-ambiente, pois estes nutrientes e os defensivos agrícolas podem contaminar o meio-ambiente afetando as populações que fazem uso das águas dos corpos receptores.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das técnicas de cultivo do arroz irrigado sobre as concentrações final dos nutrientes mais utilizadas na lavoura, nitrogênio, fósforo e potássio no efluente de quadros de arroz e a contaminação do meio aquático por agrotóxicos, durante todo ciclo da irrigação.

A pesquisa foi desenvolvida na Estação Experimental do Instituto Riograndense do Arroz no município de Cachoeirinha/RS, bacia hidrográfica do rio Gravataí. Realizou-se testes para comparar a água de irrigação (branco) com a água dentro de cada sistema. Comparou-se, também a água entre os sistemas de cultivo, cultivo convencional, cultivo pré-germinado e cultivo direto. Cada quadro de cultivo tinha 1,150 m<sup>2</sup> e o solo era homogêneo. A semente utilizada foi a BR IRGA 410 e foi adubada com a mesma quantidade de adubo, tanto na adubação de base (NPK) quanto na adubação de cobertura (uréia). As adubações de base foram feitas nos dias 20 e 27 de Novembro de 2000; a adubação de cobertura foi dividida em duas aplicações , a primeira no dia 18 de dezembro de 2000 e a segunda, dia 09 de janeiro de 2001. O tratamento com herbicidas e inseticidas foi diferente para cada forma de cultivo, dependendo do manejo mais adequado. Os pontos de coletas foram chamados de RIO-água de irrigação, rio Gravataí; PC- efluente do plantio convencional; PG- efluente do plantio pré-germinado; PD-efluente do plantio direto.

O sistema de irrigação foi feito com o objetivo de não haver perda de água por drenagem, buscando a máxima eficiência através da formação de um sistema fechado, onde as únicas perdas eram via evapotranspiração e lixiviação.

Fez-se ao todo oito(9) coletas de água nos dias 1°, 5°, 8°, 14°, 25°,40° 55° e 68° após o início da entrada da água nos quadros de irrigação. Uma última coleta foi realizada no 104° dia após o início da irrigação, porém esta já havia sido desligada há 3 dias, com o importante intuito de perceber o grau de concentração dos nutrientes na coluna d'água. Este período correspondeu de 15 de dezembro de 2000 a 29 de março de 2001.

A avaliação dos agrotóxicos foi realizada pelo teste de colinesterase nos 1°, 7°, 13° e 104° dias após o início da irrigação nos quadros de plantio.

Usou-se para análise do fósforo(ortofosfato) a cromatografia iônica, para o potássio a espectrofotometria de emissão, para o nitrogênio total o método de Kjeldahl e para a análise da colinesterase fez-se por reação enzimática e por medição da atividade através de espectrofotometria visível, tendo este método uma sensibilidade de 0,01ppm de Paration e uma precisão de 85%. Todas as análises de água e efluentes seguiram o Standard Methods(1995).

O nitrogênio é um elemento muito importante para o metabolismo de ecossistemas aquáticos, uma vez que participa da formação das proteínas, componente básico da biomassa dos organismos.(ESTEVEZ,1998). O quadro n°.1 apresenta a distribuição da concentração de nitrogênio total(mg/L de N) ao longo do tempo, nos três sistemas de cultivos. A dose de N é maior nos quadro irrigados que na água do rio Gravataí, sendo que

o plantio pré-germinado apresentou uma concentração superior às outras formas de plantio. Nota-se que há um súbito aumento na concentração de N na segunda amostra do dia 18/12: isso deveu-se à aplicação de 60 kg de uréia/há. Após esta data, as concentrações de N na água de dentro dos quadros começa a diminuir podendo decrescer a níveis menores que os alimentados pela água do rio.

O fósforo é fator limitante para a produtividade da aquaticofauna, uma vez que é fundamental para os processos metabólicos dos seres vivos, como o armazenamento de energia, estruturação da membrana celular e formação de mensageiros genéticos. Em ambientes eutrofizados artificialmente, o fósforo é responsável pela explosão populacional de espécies de fitoplâncton e de macrófitas aquáticas, isto, principalmente em ambientes lênticos, como os quadros de arroz irrigado. O ortofosfato é o fósforo disponível para a biota aquática. Por isso, é importante parâmetro ambiental. A distribuição da concentração de ortofosfato(mg/L de  $PO_4$ ) é apresentada no quadro 1. Na amostra da 1ª coleta a concentração de  $PO_4$  na água coletada dentro do quadro de plantio pré germinado foi 247% maior que a água de irrigação; a do plantio convencional foi 160% maior e a do plantio direto foi 137% maior. Essa diferença inicial reflete o manejo do solo para o plantio da cultura. As concentrações de  $PO_4$  dentro dos quadros de plantio vão gradativamente diminuindo ao longo do tempo de aguada, e na amostra da 5ª coleta, as concentrações de  $PO_4$  já estão menores que da água de irrigação. A 7ª e 8ª amostras apresentam uma concentração 0,0 mg/l de  $PO_4$  (zero) nos plantios convencional e pré germinado, e no plantio direto, uma concentração bem menor que a da água que entrou no sistema. Isto mostra que o arroz está bioacumulando além do que foi disponibilizado para ele via adubação mineral, mas também está retirando este nutriente da água que entra para irrigá-lo.

Quanto ao potássio(K), pode-se dizer que ele é importante na função de estimulante da fotossíntese, regulando a intensidade de utilização de  $CO_2$  e aumentando a resistência à doenças fúngicas. Tem função importante na transpiração foliar por ser um dos reguladores da abertura e fechamento dos estômatos. O quadro n°. 1 mostra a variação da concentração de potássio(mg/L de K) ao longo do tempo. Inicialmente, na 1ª amostra, os valores em todos os pontos então altos, inclusive aquele da água do rio. Na 2ª amostragem, a concentração de K diminui gradativamente em todos os sistemas, mesmo que a concentração de K da água de irrigação tenha aumentando, como ocorreu da 3ª até a 5ª amostra da água de irrigação. Pode-se inferir que o arroz está bioacumulando além do que foi disponibilizado para ele via adubação mineral, mas também está retirando este nutriente da água que entra para irrigá-lo.

O método de medição da inibição da atividade da Colinesterase é empregado para rastrear a presença de contaminação nas amostras por pesticidas organofosforados e carbamatos. Por este método detectou-se uma concentração de 1ppm, 5ppm e 1ppm nas amostras do dia 15/12, no plantio convencional, plantio pré-germinado e plantio direto. Não foi detectada na água de entrada. Na amostra do dia 22/12 não detectou-se colinesterase nas amostras. Nas amostras do dia 28 detectou-se uma concentração de 0,5 ppm na água dos quadros do plantio pré-germinado e no plantio direto. Na amostra do dia 29/03, novamente não se detectou atividade colinesterásica nas amostras. (Quadro n°.2)

Durante todo o ciclo de irrigação, há um primeiro momento, onde a concentração dos nutrientes(NPK) é superior à concentração de nutrientes da água de entrada. Após um período que vai do 20º ao 40º dia de irrigação, a concentração dentro dos quadros é menor que da água que está entrando, estabelecendo-se um sistema fechado (efluente zero) sem fuga de água. O arroz plantado continua absorvendo nutrientes da água afluyente, pois a concentração dentro dos quadros continua diminuindo progressivamente.

Conclui-se que a cultura de arroz irrigado é grande bioacumulador de nutrientes, retirando-os não somente da importação via adubos, mas também da água que entra no sistema de quadros irrigados. Desta maneira a cultura de arroz pode colaborar com a preservação ambiental pela retirada de nutrientes de meio hídrico eutrofizado.

Há um decréscimo sensível da atividade colinesterásica ao longo do tempo nas três formas de cultivo, não havendo predominância de uma sobre as demais. A onda de inibição da atividade colinesterásica, pelos dados obtidos, durou menos que uma semana para

herbicidas e inseticidas ( lagarta ), mostrando que, após este período, a toxidez dos defensivos não se propagaria para o meio hídrico superficial.

Quadro 1 - Nitrogênio(N), Fosfato(PO<sub>4</sub>) e Potássio(K) em Três Sistemas de Cultivo de Arroz Irrigado. PC = Plantio Convencional;PG = Pré Germinado; PD = Plantio Direto.

Coleta	Nitrogênio Total (mg\L -N)				Potássio (mg\L-K)				Fosfato-ortofosfato(mg\L- PO <sub>4</sub> )			
	RIO	PC	PG	PD	RIO	PC	PG	PD	RIO	PC	PG	PD
1 <sup>a</sup>	2,8	3,9	5,1	3,1	2,29	2,250	2,325	1,502	0,472	1,230	1,640	1,120
2 <sup>a</sup>	2,9	15,8	17,9	13,5	2,36	1,869	1,701	1,991	0,291	1,020	1,170	0,950
3 <sup>a</sup>	3,3	8,6	14,9	8,9	0,577	1,616	1,616	2,339	0,379	0,875	0,910	0,740
4 <sup>a</sup>	5,8	4,2	2,3	6,5	0,856	1,465	0,686	0,905	0,401	0,620	0,751	0,502
5 <sup>a</sup>	6,6	6,0	4	3,7	2,360	0,872	0,213	0,276	0,507	0,421	0,631	0,496
6 <sup>a</sup>	3,3	2,4	6,2	5,8	0,650	0,140	0,171	0,196	0,341	0,242	0,289	0,257
7 <sup>a</sup>	8,4	2,4	2,5	4,6	0,362	0,120	0,113	0,486	0,160	0,150	0,030	0,180
8 <sup>a</sup>	3,2	3,8	2,6	6,7	0,367	0,193	0,125	0,521	0,260	0,00	0,00	0,230
9 <sup>a</sup>					0,639	1,830	0,254	1,507	0,373	0,00	0,00	0,00

Quadro 2 - Inibição da Atividade Colinesterásica em Três Sistemas de Cultivo de Arroz Irrigado

Coleta	COLINESTERASE(ppm)			
	RIO	PC	PG	PD
1 <sup>a</sup>	0,0	1,0	5,0	1,0
3 <sup>a</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0
4 <sup>a</sup>	0,0	0,0	0,5	0,5
9 <sup>a</sup>	0,0	0,0	0,0	0,0

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ESTEVES, F. de A. **Fundamentos de limnologia**. -2<sup>a</sup> ed.- Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- Embrapa Clima Temperado(Pelotas). **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas: Embrapa Clima Temperado/IRGA/EPAGRI, 1999. 124p.
- CARMOUZE, J. P. **O metabolismo dos ecossistemas aquáticos**: fundamentos teóricos, métodos de estudo e análises químicas. São Paulo. Editora Edgard Blucher. FAPESP. 1994.
- APHA, AWWA, WEF. **The STANDARD Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington. American Public Health Assocoation. 1995. 1268p.
- TOLEDO,L.G; JONSSON, C.N; STUMPF Jr. W. **Estudo da qualidade da água em culturas de arroz irrigado com aplicação de herbicidas**. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22, Balneário Camboriú, Anais...Itajaí:Epagri. 1997. p552-555.

## PERSISTÊNCIA DE ALGUNS HERBICIDAS EM LÂMINA DE ÁGUA DE LAVOURA DE ARROZ IRRIGADO

Sérgio Luiz de Oliveira Machado<sup>(1)</sup>, Renato Zanella<sup>(2)</sup>, Enio Marchezan<sup>(3)</sup>, Ednei Gilberto Primel<sup>(4)</sup>, Victor Marzari<sup>(5)</sup>, Silvio Carlos Cazarotto Villa<sup>(6)</sup>, Luis Antonio de Avila<sup>(7)</sup>. 1.Eng. Agr., Doutorando pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) do Programa de Pós-graduação em Agronomia, Professor Titular da UFSM, Departamento de Defesa Fitossanitária, E-mail: smachado@ccr.ufsm.br; 2.Eng. Químico, Dr., Professor Adjunto da UFSM, Departamento de Química; 3.Eng. Agr., Dr., Professor Titular da UFSM, Departamento de Fitotecnia; 4.Eng. Químico, Doutorando pela UFSM, 5.Acadêmico do Curso de Agronomia, bolsista FIPE, UFSM; 6.Acadêmico do Curso de Agronomia, bolsista da FAPERGS. 7.Eng. Agr., MSc., Professor Assistente da UFSM, DF.

O aumento da demanda de água nos diversos setores como abastecimento urbano e industrial, produção de energia e irrigação tem tornado imperativo o uso racional deste recurso. Além do mais, DANTAS NETO (1994) afirma que a maior competição pelo uso da água terá como consequência no futuro, uma água de má qualidade, tanto para consumo humano como para irrigação. O setor agrícola é o maior consumidor de água, alcançando cerca de 69% de toda a água derivada de rios, açudes, lagos e aquíferos subterrâneos. Os outros 31% são consumidos pelas indústrias e uso doméstico (PAZ *et al.*, 2000). No mundo, aproximadamente 15% da área cultivada é irrigada, contribuindo com aproximadamente 40% da produção (FAO, 1996).

No Rio Grande do Sul, a lavoura arrozeira se destaca com área cultivada anualmente superior a 900.000 ha e que responde por cerca de 48% da produção nacional de arroz, com uma estimativa para a safra 2000/01 de 5,1 milhões de toneladas (IRGA, 2001). A lavoura orizicultura tem sido apontada como potencial contaminante das águas superficiais do Estado. A preocupação com a contaminação de ambientes aquáticos aumenta, principalmente, quando a água é usada para consumo humano. A Comunidade Econômica Européia estabeleceu em  $0,1 \mu\text{L}^{-1}$  a concentração máxima admissível de qualquer agroquímico para consumo humano e em  $0,5 \mu\text{L}^{-1}$  para a soma total de resíduos incluindo produtos de transformação, sem deixar claro se deve ou não considerar também produtos de transformação. Para águas de superfície o limite máximo permitido é da ordem de  $1-3 \mu\text{L}^{-1}$  (AGUILAR *et al.*, 1997). No Brasil, a portaria nº 020/CONAMA, de 18.06.86, estabeleceu limites máximos de contaminantes em águas dependendo de seu destino; sendo que, dentre estes, estão alguns inseticidas organofosforados e carbamatos. No entanto, esta legislação não contempla a maioria dos agroquímicos em uso atualmente como os herbicidas. Na sua maioria, as lavouras de arroz estão localizadas em baixadas que ficam às margens de córregos e outros mananciais de água que têm grande possibilidade de serem contaminados pelos herbicidas aplicados na cultura. Devido aos processos naturais de movimento das águas superficiais é provável que resíduos destes produtos sejam transportados para recursos hídricos importantes. Em vista disto foi realizado um estudo com a finalidade de monitorar a qualidade da água contida em lavouras de arroz onde foram aspergidos herbicidas pós-emergentes para o controle de plantas daninhas.

O experimento foi realizado na área experimental do Departamento de Fitotecnia localizada no campus da Universidade Federal de Santa Maria durante a safra agrícola 2000/01. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Foram estabelecidos unidades experimentais de  $16\text{m}^2$  ( $4\text{m} \times 4\text{m}$ ) nas quais aplicou-se os herbicidas (Tabela 1) sob lâmina d'água de 0,10m de altura. Para a aspersão dos herbicidas foi utilizado pulverizador costal de precisão, propelido com  $\text{CO}_2$ , contendo na barra quatro pontas Teejet XR110.02, de jato em forma de leque espaçados de 0,50m um do outro, operando a 275 KPa de pressão e consumo de água correspondente a  $150 \text{L ha}^{-1}$ . Foram coletadas amostras de 1 L de água antes da aspersão dos herbicidas, e no 1º, 7º, 14º, 21º, 28º e 60º dia após a aplicação dos herbicidas. Para a determinação da concentração dos herbicidas na água, foram retirados 0,5 L de água de cada amostra coletada, que após acidificada adequadamente, foram passadas por um cartucho do tipo extração em fase

sólida (SPE) contendo 500mg de resina C-18, para a pré-concentração dos mesmos. Seguiu-se a eluição com 2x 0,5 mL de metanol e, após a secagem com nitrogênio gasoso aferiu-se o volume com a fase móvel e procedeu-se, então a determinação por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com detecção no UV (HPLC-UV) empregando-se metanol e água como fase móvel e coluna C-18 segundo método descrito por PINTO & JARDIM (1999), ZANELLA *et al* (2000). Antes de cada coleta, os recipientes de vidro de cor âmbar, foram lavados com solução de hipoclorito e depois com a água contida em cada unidade experimental. Após a coleta, as amostras de água foram congeladas até o momento de realizar as análises.

Os resultados (Tabela 1) mostram que a concentração dos herbicidas na água foi alta durante a primeira semana após a aplicação dos herbicidas, exceto para propanil. A partir do 14º dia, em geral, os resíduos dos herbicidas encontrados estavam abaixo de  $3\mu\text{ L}^{-1}$ , limite adotado por algumas agências ambientais para águas de superfície. Para clomazone foram detectados também resíduos na amostragem realizada aos 28 dias.

Tabela 1 - Concentração de herbicidas (ppb) pós emergentes na lâmina de água do arroz irrigado em função da época de coleta após a aplicação. Santa Maria, RS. 2001.

Época de coleta	Herbicidas					
	Bentazon 960g i.a. ha <sup>-1</sup>	Clomazone 500 g i.a. ha <sup>-1</sup>	Metsulfuron- methyl 2 g i.a. ha <sup>-1</sup>	Propanil 3600 g i.a. ha <sup>-1</sup>	Quinclorac 375 g i.a. ha <sup>-1</sup>	2,4-D 200 g i.a. ha <sup>-1</sup>
1º dia ic <sup>1</sup>	342-430	268-327		0-6,9	99-146	45-96
média <sup>2</sup>	390	287,5	1,27	2,2	131	70,3
7º dia ic	45-272	81		0-1,5	40-126	0,54-2,2
média	153,2	323	1,35	0,95	72,2	1,64
14º dia ic	0-5,8	5-7,8		nd	0-4,7	0-0,9
média	2,7	6,1	< LOQ <sup>3</sup>	nd	2,8	0,22
21º dia ic	0-2,4	1,5-3,5		nd	nd	nd
média	1,1	2,7	< LOQ	nd	nd	nd
28º dia ic	nd	1,1-1,5		nd	nd	nd
média	nd	1,3	< LOQ	nd	nd	nd
60º dia ic	nd	nd		nd	nd	nd
média	nd	nd	< LOQ	nd	nd	nd

<sup>1</sup> Intervalo de concentração

<sup>2</sup> Média de quatro amostragens

<sup>3</sup> LOQ = 0,5 ppb

Os resultados sugerem a necessidade de monitoramento da água em lavouras de arroz onde foram aspergidos herbicidas por um período mínimo de 30 dias. Estes resultados indicam caminho semelhante ao relatado por NOLDIN *et al.* (1997) que evidenciaram a necessidade de manter estática a lâmina de água por um período de duas semanas após a aplicação de clomazone. Porém, deve-se considerar ainda que no ano agrícola de 2000/2001, no período de amostragem, a precipitação pluvial foi alta (463mm) consideravelmente acima da média normal para a soma dos meses de dezembro e janeiro, caracterizando a necessidade de continuar estas avaliações através dos anos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, C., BORRULL, F., MARCÉ, R.M. Determination of pesticides in environmental waters by solid-phase extraction and gas chromatography with electron-capture and mass spectrometry detection. **Journal of Chromatography A**, v. 771, p.221-231, 1997.
- DANTAS NETO, J. **Modelos de decisão para otimização do padrão de cultivo em áreas irrigadas, baseadas nas funções de respostas das culturas à água**. Botucatu-SP, 1994. 125p. Tese (Doutoramento em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.
- FAO. Producción de alimentos: función decisiva del agua.. [www.fao.org/wsff/final](http://www.fao.org/wsff/final), v.2, 1996.
- INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ, 2001. **O arroz na conjuntura**. Boletim do IRGA, Porto Alegre, ano 1, n. 1, 4p. 2001.
- NOLDIN, J.A., HERMES, L.C., ROSSI, M.A., FERRACINI, V.L. Persistência do herbicida clomazone em arroz irrigado em sistema pré-germinado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 22, Balneário Camboriú, 1997. **Anais ...** Itajaí: EPAGRI, 1997. p.363-364.
- PAZ, V.P. S., TEODORO, R.E.F., MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3, p.465-473, 2000.
- PINTO, G.M.F., JARDIM, I.C.S.F. Determination of bentazon residues in water by high-performance liquid chromatography: Validation of the method. **Journal of Chromatography A**, v.846, p.369-374, 1999.
- ZANELLA, R., PRIMEL, E.G., CONÇALVES, F.F., MARTINS, A.F. Development and validation of a high-performance liquid chromatographic method for the determination of clomazone residues in surface water. **Journal of Chromatography A**, v. 904, p.257-262, 2000.

## ASSEMBLÉIA DE AVES EM ÁREA ORIZÍCOLA TRATADA COM CARBOFURAN

Rafael Antunes Dias<sup>(1)</sup>; Maria Laura Turino Mattos<sup>(2)</sup>; José Francisco da Silva Martins<sup>(2)</sup>; Mirtes Melo<sup>(2)</sup>  
1. Museu de História Natural, Universidade Católica de Pelotas, Caixa Postal 402, CEP 96010-000, Pelotas, RS, E-mail: radias.sul@terra.com.br; 2. Embrapa Clima Temperado, Caixa Postal 403, CEP 96001-970, Pelotas, RS.

Lavouras de arroz irrigado são consideradas agroecossistemas aquáticos temporários, utilizados pela avifauna como local de forrageamento, descanso e, em menor escala, reprodução. No Brasil, estudos ecológicos relativos a aves em arrozais limitam-se a análise da ocorrência destas em relação às etapas do cultivo no sul do Rio Grande do Sul, bem como a bioecologia de espécies consideradas pragas. Estudos que avaliem o impacto dos insumos utilizados na rizicultura (principalmente inseticidas) sobre a avifauna são inexistentes. O presente trabalho analisa a influência do inseticida Carbofuran sobre a assembléia de aves em uma lavoura experimental de arroz irrigado no sul do RS.

O experimento foi conduzido em área pertencente à Embrapa Clima Temperado (31°48'S, 52°26'W), município de Capão do Leão, RS, durante o verão de 2001. De acordo com a influência do produto, a área do experimento foi dividida em duas unidades amostrais: (1) área de influência direta; (2) área de influência indireta. A primeira (c. 70 x 200 m) compunha os quadros de cultivo de arroz e uma pequena área anexa, cultivada com milho (caracterizadas pela ausência de vegetação, com exceção de plantas daninhas que se desenvolveram nas taipas e quadros concomitantemente ao cultivo). A área de influência indireta foi delimitada em c. 200 m ao redor da primeira (predomínio de pastagens de c. 5-15 cm de altura, na qual havia um pequeno capão de eucalipto, e uma área livre de pastoreio, dominada por gramíneas de porte mais elevado – c. 40 cm).

Todas as aves detectadas visual ou auditivamente dentro das unidades amostrais foram contadas (método de contagem direta). Espécies territoriais foram quantificadas através do método de mapeamento de territórios. O registro de indivíduos em vôo ou pousados em cercas que delimitavam as unidades amostrais foram incluídos na área de influência indireta. Especial atenção foi prestada no sentido de localizar restos de aves mortas durante as contagens. Estas foram iniciadas ao redor de 8:30 h, com duração média de 1 h. Foram analisados os seguintes parâmetros ecológicos: riqueza específica, abundância específica, frequência, heterogeneidade (Índice de Diversidade de Shannon) e similaridade (Índice de Similaridade de Morisita). O esforço amostral foi avaliado através de curvas cumulativas espécie-hora. As condições de umidade do solo, a profundidade da lâmina d'água nos quadros de cultivo e a altura do arroz foram medidas a cada expedição de contagem.

Foram conduzidas nove expedições de contagem, compreendendo o período entre a etapa vegetativa do arroz e o início da emissão da panícula (Tabela 1). Com exceção da expedição de número 4 (iniciada às 14 h, logo após a aplicação do produto), as demais foram realizadas no horário previsto. A expedição de número 1 foi efetuada antes do início da irrigação, as demais sendo executadas com os quadros apresentando uma lâmina d'água média de 14,25 cm (Tabela 1). O crescimento do arroz, que evoluiu de 33 cm para 85 cm entre a primeira e a última contagem (Tabela 1), pode ter contribuído para afetar a dinâmica da assembléia de aves observadas na lavoura.

Foram registradas 55 espécies de aves no local de estudo. Destas, 29 (53%) foram exclusivas da área de influência indireta, 14 (25%) da área de influência direta e 12 (22%) foram comuns a ambas. As espécies exclusivas da área de influência indireta são típicas de áreas campestres (a maioria localmente comum), enquanto aquelas registradas nos quadros são associadas a ambientes úmidos (muitas habituais freqüentadoras de lavouras de arroz irrigado no RS). Analisando-se as curvas cumulativas espécie-hora (Figura 1), percebe-se que o esforço amostral não foi suficiente para determinar todos os componentes da assembléia de aves local, conseqüência do período reduzido de contagens (pouco mais de um mês).

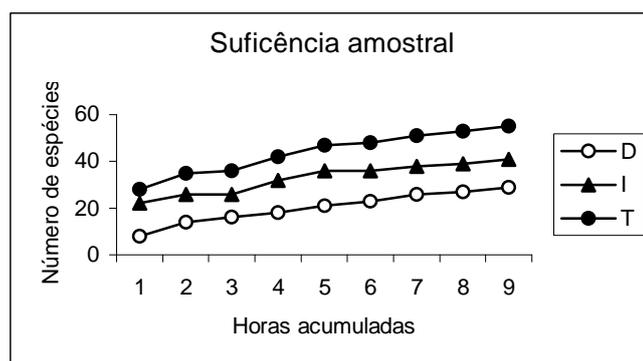


Figura 1 - Curvas cumulativas espécie-hora por unidade amostral, Embrapa Clima Temperado, verão de 2001. Acrônimos utilizados: D- área de influência direta; I- área de influência indireta; T- área de influência direta+área de influência indireta.

Considerando as características físicas do produto (grânulos), bem como seu modo de aplicação e período de decomposição, as espécies mais suscetíveis seriam de porte relativamente reduzido, especialmente granívoras ou herbívoras que se alimentam nas taipas ou bordas da lavoura. Espécies carnívoras táteis (que ingerem substrato junto com o alimento) ou carnívoras que forrageiam no solo são igualmente vulneráveis, pois tendem a ingerir material inerte junto com o alimento. Sob este ponto de vista, estariam enquadradas as espécies das famílias Anatidae, Charadriidae, Scolopacidae, Columbidae, Furnariidae, Tyrannidae, Motacillidae e Emberizidae detectadas na área de estudo. Destas, foram observadas se alimentando nas áreas de cultivo logo após a aplicação de carbofuran, *Phimosus infuscatus*, *Plegadis chihi*, *Dendrocygna viduata*, *Vanellus chilensis*, *Tringa melanoleuca*, *Gallinago paraguayana*, *Lessonia rufa*, *Pitangus sulphuratus*, *Anthus lutescens*, *Anthus correndera*, *Sicalis luteola* e *Agelaius ruficapillus*.

Tabela 1 - Altura média arroz (n = 10), profundidade da lâmina d'água e condições de umidade do solo em nove expedições de contagem de aves, Embrapa Clima Temperado, verão de 2001. Os valores de riqueza específica, heterogeneidade e número total de indivíduos de *Anthus lutescens* registrados encontram-se discriminados por unidade amostral (Acrônimos utilizados: D- área de influência direta; I- área de influência indireta; T- área de influência direta+área de influência indireta). A aplicação do inseticida ocorreu entre as contagens 3 e 4. Acrônimos das condições de umidade do solo: U- úmido; S- seco; IN- inundado.

	19/Jan (1)			31/Jan (2)			6/Fev (3)			6/Fev (4)			7/Fev (5)			8/Fev (6)			13/Fev (7)			19/Fev (8)			7/Mar (9)					
Alt. arroz (cm)	33			47,5			54			54			55,5			56,5			57			72,5			85					
Prof. água (cm)	0			12			15			15			13			12			17			13			17					
Umidade solo	U			U			S			S			S			S			IN			U			IN					
Unidade amost.	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	I	T
Riqueza espec.	8	22	28	12	21	30	9	16	24	10	21	28	14	24	34	11	21	29	14	22	32	12	21	30	7	22	26			
Heterogeneid.	2	19	8	5	7	11	6	11	16	6	9	14	9	12	18	5	7	9	6	5	9	11	17	23	3	11	11			
<i>A. lutescens</i>	0	1	1	16	0	16	8	2	10	13	0	13	14	0	14	17	0	17	21	0	21	3	2	5	0	0	0			

A aplicação de carbofuran não afetou de modo expressivo o padrão temporal de riqueza específica na área de estudo (Tabela 1). Foi constatada, inclusive, uma elevação nos valores de riqueza específica após a aplicação do produto (em 6 de fevereiro – entre as expedições 3 e 4), e que perdurou até 24 h após (expedição 5). Entretanto, foi verificada uma redução nos valores de riqueza 48 h após a aplicação do produto (expedição 6), sendo que, na área de influência direta, estes voltaram a se elevar antes de um decréscimo final.

Na área de influência indireta, os valores demonstraram uma tendência à estabilidade após a redução previamente referida. Se considerados os valores totais (T), nota-se um padrão similar à área de influência direta. Analisando-se as espécies responsáveis por tais valores, percebe-se um predomínio daquelas de baixa frequência, o que denota um padrão de uso irregular da área. Assim, é possível que o aumento e posterior decréscimo da riqueza específica em ambas áreas não tenha relação com a aplicação do produto, mas com condições ecológicas locais, relacionadas à dispersões pós-reprodutivas e/ou fenômenos migratórios, considerando que o período de estudo foi coincidente com o início da migração do final de verão e com o término do período reprodutivo da avifauna local. A redução nos valores verificada na última contagem reflete aspectos sazonais (ausência de algumas espécies migratórias e/ou de ocorrência irregular) e/ou ecológicos (porte elevado do arroz e de plantas daninhas repele a presença de certas espécies). A evolução temporal dos valores de heterogeneidade (Tabela 1) apresentou um padrão algo similar à riqueza específica, porém sem denotar maiores acréscimos após a aplicação do produto. A redução nos valores, verificada 48 h após o tratamento com inseticida, pode ser igualmente explicada pelos fatores acima discutidos. Embora o componente abundância possa ter sido influenciado pelo inseticida. A redução observada na última contagem resulta da influência de aspectos sazonais e ecológicos em ambos componentes do índice de heterogeneidade adotado (i.e., riqueza e abundância – ver acima).

Conclusões a respeito da abundância de espécies de ocorrência fortuita não foram possíveis de serem obtidas. Por outro lado, a abundância das espécies mais frequentes na área de influência direta apresentou padrões variáveis. Não foi possível concluir se a abundância destas espécies foi afetada pela aplicação do produto ou não, pois, devido ao seu constante deslocamento, o encontro de carcaças de indivíduos possivelmente intoxicados foi dificultado. Ademais, não se sabe até o presente momento qual o impacto do inseticida nas assembleias de presas destas aves. Além disso, algumas espécies apresentam tendência de diminuir sua abundância em lavouras de arroz à medida que o cultivo avança, consequência do crescimento da vegetação (dificultando a captura de presas) e do aumento da profundidade d'água de irrigação.

Foram coletadas duas carcaças de *A. lutescens* em 9 de fevereiro de 2001 (três dias após a aplicação do produto), encontradas junto a uma taipa na área de influência direta (*causa mortis* ainda não analisada). Esta espécie alimenta-se de pequenos invertebrados capturados no solo, sendo registrada em grupos pequenos, pouco coesos, que voavam entre as porções livres de vegetação da área de influência direta, e locais afastados da área de estudo (indicando que nem sempre os mesmos indivíduos estavam presentes). Assim, apesar da morte de dois indivíduos, não foram verificadas reduções no padrão de abundância desta espécie imediatamente após a aplicação do inseticida (Tabela 1).

Foi verificada uma elevada similaridade entre contagens consecutivas (Tabela 2) no período anterior a aplicação do produto (contagem 3) até 24 h após (contagem 5). A similaridade entre as expedições 5 e 6, entretanto, foi menor, especialmente na área de influência direta. Como o Índice de Morisita congrega parâmetros quali-quantitativos, a discussão anterior, concernente à riqueza e abundância específicas, é igualmente aplicável.

Tabela 2 - Valores de similaridade entre expedições de contagem consecutivas por unidade amostral, Embrapa Clima Temperado, verão de 2001. A aplicação de carbofuran foi efetuada entre as contagens 3 e 4. Os acrônimos das unidades amostrais encontram-se na Tabela 1.

	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9
D	0,28	0,79	0,74	0,78	0,55	0,46	0,4	0,12
I	0,59	0,34	0,8	0,88	0,73	0,39	0,29	0,54
T	0,4	0,64	0,8	0,87	0,63	0,67	0,39	0,57

## BACTÉRIAS DEGRADADORAS EM SOLO TRATADO COM CARBOFURAN NO ECOSISTEMA DE ARROZ IRRIGADO

Maria Laura Turino Mattos<sup>(1)</sup>, José Francisco da Silva Martins<sup>(1)</sup>, Fabiana Oliveira dos Santos<sup>(1)</sup>. 1. Embrapa Clima Temperado, Caixa Postal 403, CEP 96001-970-Pelotas-RS, Email: mattos@cpact.embrapa.br

Carbofuran (2,3-dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranil metil carbamato) é um inseticida usado no controle do gorgulho aquático *Oryzophagus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) na cultura do arroz irrigado. É um potente inibidor da colinesterase e, como resultado, é altamente tóxico para mamíferos, com uma DL<sub>50</sub> oral de 2 mg kg<sup>-1</sup> em ratos (Fahmy et al., 1970). O carbofuran é quimicamente hidrolisado sob condições alcalinas, mas os microrganismos têm sido implicados na sua degradação em condições ambientais neutras do solo e da água (Rajagopal et al., 1984). Uma simples aplicação da dose recomendada de carbofuran, e de outros inseticidas metil-carbamatos, é suficiente para reduzir a eficácia de tratamentos subseqüentes (Suett & Jukes, 1993). A degradação microbiana acelerada de carbofuran tem sido citada por vários autores (Harris et al., 1984; Read, 1983, citados por Parekh et al., 1994). Ramanand et al. (1988) observaram que, sob condições aeróbias, carbofuran desapareceu rapidamente em 72 h de inoculação com uma bactéria isolada de solo alagado (*Arthrobacter* sp.), com concomitante evolução de <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>. Contudo, sob condições anaeróbias, não houve degradação considerável, mesmo após 144 h. É possível, que as condições aeróbias, que prevalecem na camada superficial de solos alagados suportem a multiplicação e atividade desta bactéria degradadora de carbofuran. Microrganismos do solo, adaptados, são responsáveis pela rápida degradação de pesticidas nele aplicados seguido de repetidos tratamentos com os mesmos ou compostos similares (Racke & Coats, 1990, citados por Parekh et al., 1994). O isolamento e caracterização de fungos, actinomicetos e diferentes gêneros de bactérias degradadoras de carbofuran tem sido citado por muitos autores (Ramanand et al., 1988; Head et al., 1992; Parekh et al., 1994).

O objetivo deste estudo foi avaliar para dois solos, com e sem histórico de aplicação de carbofuran, a capacidade para degradar o inseticida. Ensaio de enriquecimento do solo foi realizado para confirmar se seus microrganismos contribuem para a degradação do carbofuran. Bactérias degradadoras foram isoladas e caracterizadas por meio de testes taxonômicos e bioquímicos.

Amostras de solos (200 g) foram coletadas da rizosfera de plantas de arroz, na profundidade de 0-10 cm, de área experimental de cultivo de arroz irrigado (parcelas inundadas) tratada com carbofuran, e de área testemunha (sem aplicação do inseticida), pertencente à Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, localizada no município de Capão do Leão, RS. O solo da área experimental é classificado como PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico típico (Embrapa, 1999).

Um meio líquido básico livre de nitrogênio (MLN) foi usado para o isolamento de bactérias com a técnica do enriquecimento do solo. Este caldo mínimo continha: (g L<sup>-1</sup> em água ultrapura padrão Ω 18): Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>.12H<sub>2</sub>O, 5,97; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 2,27; NaCl, 1,0; MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 0,5; MnSO<sub>4</sub>.4H<sub>2</sub>O, 0,02; CaCl<sub>2</sub>. 2H<sub>2</sub>O, 0,01; FeSO<sub>4</sub>, 0,005; pH 6,8 ±0,2. O meio líquido básico foi suplementado (meio B1) com soluções de glicose (1 g L<sup>-1</sup>) e NH<sub>4</sub>Cl (1 g L<sup>-1</sup>, substituindo NaCl) como fontes de carbono e nitrogênio, respectivamente. Os caldos foram esterilizados a 121°C (pressão de 105 kPa) por 15 minutos. Carbofuran (dissolvido em etanol) e a solução de glicose foram esterilizados em filtro 0,22μ e, após, adicionados aos meios para permitir as concentrações finais indicadas.

Carbofuran (10 mg L<sup>-1</sup>) foi adicionado em todos os meios líquidos e sólidos para as bactérias degradadoras de carbofuran selecionadas no enriquecimento. Frascos erlenmeyers em duplicata (250 mL), contendo 50 mL de meio B<sub>1</sub> estéril, foram inoculados com 1g de solo de cada tratamento, ou seja, solo tratado e não tratado com carbofuran. Os frascos foram incubados em um agitador orbital, a 22° C e 150 rpm, por 20 dias. Após incubação, foi retirada alíquota de 1,0 mL dessa cultura para o plaqueamento em meio

sólido MLN suplementado com extrato de levedura ( $1 \text{ g L}^{-1}$ ) e carbofuran, utilizando o método de espalhamento. As placas foram incubadas a  $25^{\circ}\text{C}$  durante três dias. As colônias de bactérias isoladas foram purificadas e armazenadas em tubos de ensaio com MLN suplementado com carbofuran, sob refrigeração ( $+ 4^{\circ}\text{C}$ ).

A caracterização das bactérias degradadoras de carbofuran foi realizada por intermédio dos seguintes testes taxonômicos e bioquímicos: a) morfologia colonial: examinada em placas com MLN suplementado com carbofuran (MLNC) e agar nutritivo; b) reação Gram e morfologia celular foram determinadas pela observação das células coloridas em microscópio óptico; c) produção de pigmento fluorescente: examinada em placas com meio King's B; d) reação catalase, fermentação de carboidratos, utilização de citrato, aerobiose, e endósporos foram examinados como descrito por Gerhardt et al. (1981).

Um total de dez isolados, dos dois tratamentos, foram recuperados na presença de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  de carbofuran. Bactérias isoladas do solo tratado com carbofuran foram denominadas de STC1, STC2, STC3, STC4, STC5, STC6, enquanto que, do solo não tratado, de SNT1, SNT2, SNT3 e SNT4.

Todos os isolados foram Gram-negativos, catalase positiva, não formadores de endosporos, bactérias que não fermentam glicose, lactose ou sacarose. As bactérias degradadoras de carbofuran foram divididas em dois grupos: A) 90% Aeróbias, Gram-negativas (STC2, STC3, STC4, STC5, STC6, SNT1, SNT2, SNT3 e SNT4 ) e B) 10% Anaeróbias Facultativas, Gram-negativas (STC1). Todos os isolados produziram pigmento fluorescente em meio King's B. Isolados do grupo A e B utilizaram citrato, com exceção do SNT4. As bactérias degradadoras de carbofuran do grupo A podem ser agrupadas na seção 4 do *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology* (Holt et al., 1994), onde estão listadas as famílias *Pseudomonaceae*, *Azotobacteraceae*, *Rhizobiaceae*, *Methylococcaceae*, *Halobacteriaceae*, *Acetobacteriaceae* e *Legionellaceae*, *Neisseriaceae*. O isolado STC1 é um membro da família *Enterobacteriaceae*. Resultados similares já haviam sido obtidos por vários autores. Parekh et al. (1994) também isolaram bactérias aeróbias Gram-negativas, degradadoras de carbofuran, as quais hidrolisaram o inseticida para carbofuran fenol. Head et al. (1992) isolaram uma bactéria Gram-negativa, do gênero *Flavobacterium*, obtida pelo enriquecimento de um solo onde a degradação acelerada havia ocorrido, com a capacidade para degradar carbofuran. Chaudhry et al. (1988) isolaram uma *Pseudomonas* e *Flavobacterium*, bactérias Gram-negativas e catalase positivas, degradadoras de carbofuran.

O ensaio de enriquecimento do solo indicou que existem bactérias com capacidade para degradar carbofuran, em PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico típico, com e sem histórico de sua aplicação. De acordo com os resultados dos testes fenotípicos, a capacidade para degradar carbofuran está presente em diferentes tipos de bactérias Gram-negativas, indicando que solos expostos ao inseticida, por um determinado tempo, podem promover a evolução de microrganismos capazes de degradá-lo rapidamente. Esses microrganismos também podem ser usados para a detoxificação de solos agricultáveis ou de outros ambientes contaminados com altas concentrações de carbofuran e pesticidas carbamatos similares.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAUDHRY, G.R.; ALI, A.N. Bacterial metabolism of carbofuran. **Appl. Environ. Microbiol.**, Washington, v.54, n.6., p.1414-1419, 1988.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. – Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- FAHMY, M.A.; FUKUTO, T.R.; MYERS, R.O.; MARCH, R.B. The selective toxicity of N-phosphorothioylcarbamate esters. **J. Agric. Food Chem.**, v.18, p.793-796, 1970.
- GERHARDT, P.; MURRAY, R.G.E.; COSTILOW, R.N.; NESTER, E.W.; WOOD, W. A.; KRIEG, N.R.; PHILLIPS, B. **Manual of methods for general bacteriology**. Washington: American Society for Microbiology, 1981. 520p.
- HEAD, I.M.; CAIN, R.B.; SUETT, D.L. Characterization of a carbofuran-degrading bacterium and investigation of the role of plasmids in catabolism of the insecticide carbofuran. **Arch. Microbiol.**, Berlin, v.158, p.302-308, 1992.
- HOLT, J.G.; KRIEG, N.R.; SNEATH, P.H.A.; STALEY, J.T.; WILLIAMS, S.T. **Bergey's manual of determinative bacteriology**. Baltimore, Williams & Wilkins, 1994. 824p.
- PAREKH, N.R.; SUETT, D.L.; ROBERTS, S.J.; McKEOWN, t.; SHAW, E.D.; JUKES, A.A. Carbofuran-degrading bacteria from previously treated field soils. **J. Appl. Bacteriol.**, Oxford, v.76, p.559-567, 1994.
- RAJAGOPAL, B.S.; BRAHMAPRAKASH, G.P.; SETHUNATHAN, N. Degradation of carbofuran by enrichment cultures and pure cultures of bacteria from flooded soils. **Environ. Pollut**, v.36, p.61-73, 1984.
- RAMANAND, K.; SHARMILA, M.; SETHUNATHAN, N. Mineralization of carbofuran by a soil bacterium. **Appl. Environ. Microbiol.**, Washington, v.54, n.8, p.2129-2133, 1988.
- SUETT, D.L.; JUKES, A.A. Accelerated degradation of soil insecticides: comparison of field performance and laboratory behaviour. In: **Fate and prediction of environmental chemicals in soils, plants and aquatic systems** ed. Mansour, M., Boca Raton, Lewis Publishers, p.31-41, 1993.

Apoio Financeiro: FAPERGS e FMC do Brasil

## **IQUA - ÍNDICE DE QUALIDADE DE USO DA ÁGUA, UMA FERRAMENTA DE GESTÃO DO USO DE ÁGUA.**

Dieter klostermann, curso de mestrado em agroecossistemas, ufsc, rodovia admar gonzaga, 1458, c.p. 476, itacorubi, florianópolis/sc cep-88034-001 kloster@zaz.com.br

A qualidade da água utilizada na condução da lavoura de arroz é muitas vezes modificada em função do manejo dado à cultura. Os trabalhos de preparo de solos, adição de insumos como fertilizantes ou mesmo agrotóxicos contribuem para uma modificação da qualidade da água quando a mesma é devolvida ao manancial. A mesma situação acontece quando a água é utilizada nos processos de industrialização do arroz, onde a qualidade e quantidade do manancial de onde é retirada a água devem atender a requisitos que não comprometam o processo industrial. Tanto para a lavoura de arroz durante o processo produtivo, como para a indústria, o retorno da água para o manancial traz quase sempre uma redução de qualidade e quantidade da água utilizada. Todo manancial de água representa um potencial de múltiplos usos. Esta multiplicidade traz a oportunidades de sua utilização com diferentes objetivos (abastecimento humano, uso agrícola, uso industrial, etc...) proporcionando, por consequência, um significado ambiental para este recurso. O seu uso, e por consequência a sua diminuição nas potencialidades futuras, representada por uma perda de qualidade e/ou da sua quantidade, traduzem-se num custo ambiental. Neste sentido visando estimar e poder atribuir significado a esta perda da qualidade e de quantidade, elaborou-se um indicador que pudesse quantificar, de forma direta, as perdas de qualidade e quantidade nestas relações, denominado de IQUA (Índice de Qualidade do USO da Água). Este índice, desenvolvido por D'Agostini (2001) tem como finalidade quantificar os custos ambientais relativos à utilização deste recursos tanto em processos industriais (Agroindústrias, por exemplo), como para a avaliação do desempenho da utilização da água em processos agrônômicos ou em microbacias. Pretende-se apresentar este indicador como possibilidade de uso na avaliação da utilização do recurso "ÁGUA" tanto no processo de produção do arroz como no processo de sua industrialização. O IQUA tem como fundamento considerar no cálculo do seu índice a quantidade, a qualidade e a regularidade de fluxo da água nas diversas fases do processo que a utiliza. Este índice leva em conta o impacto (custo ambiental) causado pela retirada de determinado volume de água de um manancial com vazão e qualidade definidas, o volume e qualidade da água resultante do processo de cultivo ou de industrialização, o impacto da devolução desta água sobre um manancial com determinado volume e qualidade, e, a regularidade da oferta desta água nos processos em que ela está envolvida. Portanto o  $IQUA = f\{Q, T, R\}$  onde Q representa a qualidade da água, T representa a quantidade e R representa a sua regularidade de acesso a esta água. Estes custos podem estar diretamente ligados ao processo produtivo da planta (produção de grãos) ou do seu beneficiamento (processos industriais como a parbolização, por exemplo), sendo definidos como CUSTO AMBIENTAL DIRETO (CAD); e o custo ligado às consequências do retorno desta quantidade e qualidade da água utilizada ao manancial, que também é caracterizado por uma qualidade e determinada quantidade, aqui definido por CUSTO AMBIENTAL INDIRETO (CAI). A consideração dos custos ambientais diretos (CAD) e dos custos ambientais indiretos (CAI), formam o CUSTO AMBIENTAL (CA). A determinação do índice da qualidade do uso desta água é definida como sendo  $IQUA = 1 - CA$ . O cálculo do Custo Ambiental Direto, leva em consideração a diminuição da qualidade da água quando a mesma é utilizada no processo produtivo em relação a um determinado volume de saída neste mesmo processo. Assim, sinteticamente, as relações são sistematizadas na seguinte expressão:  $CAD = \{(1 - Q_s/Q_e) T_s/T_e\}^{RD}$ , onde  $Q_s$  significa a qualidade da água na saída do processo,  $Q_e$  representa a qualidade de entrada da água no processo,  $T_s$  a quantidade (vazão) de água que sai do processo,  $T_e$  a quantidade de água na entrada no processo e RD a Regularidade do Fluxo relativo ao CAD. Já o custo ambiental indireto somente tem significado quando ocorreu um custo ambiental direto, ou seja, houve a diminuição da qualidade ou quantidade da água envolvida no processo produtivo. A expressão para determinar o custo ambiental indireto é  $CAI = \{(1 -$

$Qs/Qd)Ts/Td\}^{RI}$ , onde Qd representa a qualidade do manancial de destino, Ts representa a quantidade ( vazão) do manancial de destino e RI representa a regularidade do fluxo relativo ao CAI. A regularidade do fluxo (R) pode ser caracterizada em função da duração(D) e da amplitude(A) da vazão dentro de uma quantidade T. Assim, esta flutuação das quantidades T disponíveis ao processo pode ser considerada como um custo ambiental adicional (CAA). Portanto,  $CAA = f\{AxD\}$ . Pode-se afirmar que a amplitude assumiria valor zero quando as quantidade de Te e Ts são constantes no período considerado. Já a duração somente teria sentido quando a amplitude fosse diferente de zero. Para determinar os valores de Q tomamos como referência o procedimento apresentado por Porto *et al* citado por D'Agostini (2001,p 89) e adotado pela Companhia de tecnologia de Saneamento Ambiental-CETESB/SP na obtenção de um índice de qualidade de água (IQA). O valor de T pode ser caracterizado a partir de medição de vazões. Para avaliar a funcionalidade do modelo proposto, elaborou-se a seguir uma simulação (tabela abaixo) onde são apresentados dados elaborados com o objetivo de mostrar a sensibilidade do modelo nas suas mais variáveis simulações como: Variação de vazões( T ), variações na qualidade (Q), e variações de fluxos (R). No quadro também são apresentados os comentários que explicam a mudança no valor do IQUA calculado.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

D'Agostini,L.R. **Qualidade do Uso da Água: instrumento de gestão**.Florianópolis, submetido à Editora da UFSC,2001,172 p

Tabela - Valores do Índice-Indicador de Qualidade do Uso da Água(IQUA) para diferentes cenários de uso de água.

Cena-rio	Tf	Te	Qe	Qs	Ts	Qd	Td	RD	RI	CA	IQUA	Comentários
1	10000	0,50	1	1	0,40	1,0	10000	1,0	1,0	0,00	1,00	Não há custo ambiental em CA
2	10000	0,50	1	0,9	0,40	1,0	10000	1,0	1,0	0,09	0,91	Qs/Qe e Qs/Qd baixaram
3	10000	0,50	1	0,7	0,40	1,0	10000	1,0	1,0	0,28	0,72	Idem
4	10000	0,50	1	0,5	0,40	1,0	10000	1,0	1,0	0,45	0,55	Idem
5	10000	0,50	1	0,3	0,40	1,0	10000	1,0	1,0	0,61	0,39	Idem
6	10000	0,50	1	0,1	0,40	1,0	10000	1,0	1,0	0,76	0,24	Idem
7	10000	0,50	1	0,1	0,49	1,0	10000	1,0	1,0	0,90	0,10	Ts/Te elevada com baixa Qs
8	10000	0,50	1	0,8	0,05	1,0	10000	1,0	1,0	0,02	0,98	Ts/Te e Ts/Td são muito baixas
9	10000	0,50	1	0,8	0,20	1,0	10000	1,0	1,0	0,09	0,91	Ts aumentou e Qs menor que Qe
10	10000	0,50	1	0,8	0,40	1,0	10000	1,0	1,0	0,19	0,81	Idem
11	10000	0,50	1	0,8	0,49	1,0	10000	1,0	1,0	0,23	0,77	Idem
12	10000	0,50	1	0,8	0,49	1,0	100	1,0	1,0	0,24	0,76	Td diminui
13	10000	0,50	1	0,8	0,49	1,0	10	1,0	1,0	0,26	0,74	Idem
14	10000	0,50	1	0,8	0,49	1,0	1	1,0	1,0	0,34	0,66	Idem
15	10000	0,50	0,8	0,8	0,49	1,0	10000	1,0	1,0	0,00	1,00	Qs igual a Qe
16	10000	0,50	0,8	0,7	0,49	0,7	10000	1,0	1,0	0,12	0,88	Qs/Qe elevada e Qs/Qd igual a 1
17	10000	0,50	0,8	0,7	0,49	0,7	10000	1,0	0,5	0,12	0,88	Despejo em fluxo irregular, mas Qs=Qd
18	10000	0,50	0,8	0,7	0,49	0,8	10000	1,0	0,5	0,22	0,78	Despejo em fluxo irregular, Com Qs<Qd
19	10000	0,50	0,8	0,7	0,49	0,7	10000	0,5	1,0	0,35	0,65	Fluxo irreg.da água utilizada e c/ Qs<Qe
20	10000	0,50	0,8	0,7	0,49	0,7	10000	0,0	1,0	1,00	0,00	Fluxo excepcionalmente irregular com Qs<Qd
21	10000	0,50	0,8	0,7	0,49	0,8	10000	1,0	0,0	1,00	0,00	Fluxo de despejo muito irregular com Qs<Qd
22	10000	1,00	1,0	0,9	0,90	1,0	10000	1,0	1,0	0,11	0,89	Te muito menor do que Tf
23	100	1,00	1,0	0,9	0,90	1,0	100	1,0	1,0	0,13	0,87	Te é 1% de Tf
24	100	10,00	1,0	0,9	9,00	1,0	100	1,0	1,0	0,31	0,69	Te é 10% de Tf
25	100	50,00	1,0	0,9	9,00	1,0	100	1,0	1,0	0,55	0,45	Te é 50% de Tf

## MÉTODO MULTIRRESÍDUO PARA A DETERMINAÇÃO DE PESTICIDAS EM ÁGUA

Francisco C. Deschamps<sup>1</sup>; José Alberto Noldin. <sup>1</sup>Epagri/Estação Experimental de Itajaí, Caixa Postal 277, CEP 88301-970, Itajaí, SC. E-mail: xico@hotmail.com

A elevada produtividade alcançada pela agricultura moderna é resultado, principalmente, do aumento do potencial genético das cultivares utilizadas bem como da utilização intensiva de insumos, especialmente nas grandes culturas comerciais. Sementes melhoradas, adubos químicos, mecanização, agroquímicos e água, são intensivamente utilizados na cultura do arroz irrigado. Infelizmente, o uso indiscriminado e algumas vezes abusivo destes insumos, especialmente no caso dos pesticidas, têm resultado em conseqüências danosas para o homem e o ambiente. Estes efeitos tornam-se preocupantes quando produtos químicos utilizados nas lavouras atingem os corpos d'água, alcançando áreas muito além daquelas na qual foram aplicados (Barbash et al., 2001). O processo de contaminação dos solos e mesmo de água profundas pela aplicação de pesticidas é uma possibilidade concreta (Laabs, Et Al., 1999, Barbash et al., 2001). Tais resultados tem repercussão ainda maior no momento atual pela crescente redução na disponibilidade de água potável para as atividades humanas. Em função disso, o monitoramento da presença de pesticidas no solo, água e alimentos, constitui-se em um indicador importante para garantir que os mesmos não estejam sendo utilizados de forma inadequada. Áreas cultivadas com arroz irrigado têm sido alvo de especulações quanto aos efeitos deletérios desta cultura sobre a qualidade da água. Fatores como a utilização intensiva de água e pesticidas, especialmente herbicidas e inseticidas, contribuem sobremaneira para tais inquietações.

O monitoramento da presença de pesticidas no ambiente ainda é tarefa desafiadora, considerando a disponibilidade no mercado de um grande número de produtos que são utilizados pelos agricultores e as dificuldades metodológicas em detectá-los nas diversas matrizes (Laabs, et al., 1999). Deve ser considerado também, que em trabalhos de monitoramento, o método utilizado deve contemplar o maior número possível de moléculas em um mesmo procedimento. Atualmente, isto é dificultado pelo curto espaço de tempo que alguns produtos permanecem no mercado bem como pelas doses extremamente baixas recomendadas para muitos produtos, tornando difícil a sua detecção. Dessa maneira, os métodos multiresíduos disponíveis não são adequados para o monitoramento de regiões ou bacias hidrográficas com cultivo de arroz irrigado, pois apesar de contemplarem grande número de moléculas para análise, a quase totalidade delas não são utilizadas atualmente na cultura do arroz irrigado. Outro fato importante é que o Brasil carece de laboratórios adequadamente montados para análise de resíduo, o que constitui-se numa dificuldade adicional impedindo o desenvolvimento de estudos mais apurados sobre o tema.

O presente trabalho descreve um método para a determinação de pesticidas presentes na água, especialmente de herbicidas utilizados na cultura do arroz irrigado, através da extração em fase sólida (C<sub>18</sub>) e determinação por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE). Os produtos incluídos no métodos foram divididos em três grupos. O grupo 1 (*Neutros 1*) compreende a determinação de metomil, atrazina e simazina, além do carbofuran e dois de seus metabólitos (3-hydroxicarbofuran e 3-ketocarbofuran). O grupo 2 (*Neutros 2*) inclui os herbicidas propanil, molinate, thiobencarb, fenoxaprop\_p\_ethyl, oxyfluorfen e oxadiazon. O grupo 3 (*Ácidos*) compreende os herbicidas picloran, quinclorac, metsulfuron-metil, 2,4-D e pyrazosulfuron. Foi utilizado um equipamento da marca Shimadzu, modelo LC10-VP, dotado de bomba para gradiente quaternário, injetor automático com suporte de amostras termostatizado (10 °C), forno de coluna (40 °C) e detector de absorção no Ultra Violeta (ajustado para 225 nm no presente trabalho). O sistema era gerenciado por uma estação de trabalho dotada de software específico. A coluna utilizada foi a Shim-pack-CLC-ODS(M) com 25 cm de comprimento, 4,6 mm de diâmetro, preenchida com octadecil - C<sub>18</sub> como fase estacionária (5 µm de diâmetro da partícula e 100 Å de diâmetro do poro). Para maior proteção, o sistema contava ainda como

uma pré-coluna. A fase móvel otimizada para o presente trabalho foi acetonitrila:água (40:60 - isocrático) com fluxo de 0,8 mL/min para o grupo 1, acetonitrila:água (65:35 - isocrático) com fluxo de 1,0 mL/min para o grupo 2 e acetonitrila:água pH 3,0 - com ácido acético (45:55 - isocrático), fluxo 0,8 mL/min para o grupo dos ácidos. A concentração das moléculas em estudo foi ajustada para que a altura dos picos em cada sistema fosse semelhante. Este princípio foi adotado para o estabelecimento da curva padrão para medir a concentração das moléculas no teste de recuperação.

Para os testes de recuperação foram preparadas 6 amostras com uma mistura das 17 moléculas dos padrões em concentração conhecida, sendo solubilizados em água de abastecimento público. Neste caso cada amostra foi dividida em duas sub-amostras de 300 ml sendo uma acidificada com 0,3 mL de solução ácido clorídrico (1:1) e destinada a extração das moléculas de natureza ácida, enquanto a outra foi utilizada para extração dos neutros. A extração em fase sólida foi conduzida em cartuchos de 3 mL da marca J&W com 0,5 g de C<sub>18</sub>, previamente condicionados com 6 mL de metanol e na seqüência mais 6 mL de água para os neutros e água acidificada para os ácidos. Foi utilizado um fluxo de 5 mL por minuto para a passagem das amostras pelo C<sub>18</sub>. Em seguida os cartuchos foram congelados em freezer por 4 horas e deixados 12 horas para secagem por liofilização. A eluição das moléculas foi realizada com 5 mL de metanol e 5 de acetonitrila. O volume foi reduzido para menos de 0,5 mL em banho 35 °C e corrente de nitrogênio sobre as amostras. O volume era corrigido então para 0,5 ml com acetonitrila e adicionados mais 0,5 mL de água para os neutros e água acidificada para os ácidos. As amostras eram então filtradas em filtro de 0,45 um antes de serem injetadas no sistema.

O método desenvolvido permite boa separação entre os picos representantes das moléculas estudadas. Nesta primeira etapa, adotou-se injeções separadas para cada sistema proposto. Isto pode representar maior dispêndio de tempo, mas os cromatogramas são mais representativos para a análise proposta. Considerando o tempo necessário para uma corrida com gradiente, é possível que o tempo total de análise não seja significativamente diferente entre os dois sistemas (isocrático e gradiente). A natureza ácida de alguns herbicidas, implica que duas extrações sejam realizadas para cada amostra analisada, sendo uma para neutros e outra considerando os herbicidas ácidos. Tentativas de extração simultâneas para todo o grupo de moléculas foram infrutíferas, devido a natureza química distinta das moléculas em estudo.

A recuperação média pode ser considerada boa estando todas acima de 50% (Tabela 1). A exceção da simazina, o desvio padrão das seis repetições pode ser considerado adequado estando abaixo de 10%. A recuperação de algumas moléculas encontra-se nos níveis equivalentes aos estabelecidos em outros métodos utilizados em programas de monitoramento (Zaugg et al., 1995). A recuperação média do molinate, propanil e thiobencarb foi de 67,3%, 102,3% e 73,3%, no presente estudo, contra 85%, 77% e 76% nos resultados relatados por Zaugg et al., (1995). Como forma de complementação do estudo, novas determinações são necessárias para se estabelecer os limites de detecção do método para cada uma das moléculas em estudo.

Cabe ressaltar que a água utilizada no presente estudo é isenta de material em suspensão. No caso da análise de águas brutas, originárias de rios e lagoas, a presença do material em suspensão, implica na necessidade de filtração, que pode afetar os resultados de recuperação das moléculas.

Mesmo considerando eventuais dificuldades na determinação de pesticidas em algumas matrizes, é fundamental a disponibilidade de métodos que permitam o monitoramento adequado das fontes de água ou mesmo da água tratada. O método apresentado no presente trabalho pode representar uma importante ferramenta para o monitoramento de eventuais usos inadequados de pesticidas, especialmente no caso da cultura do arroz irrigado.

Tabela 1 - Média e desvio padrão para a recuperação dos pesticidas a partir de amostras preparadas com água de abastecimento público e extraídos em cartuchos C18. EPAGRI, Itajaí, 2001.

MOLÉCULA	CONCENTRAÇÃO NA AMOSTRA ug/L	RECUPERAÇÃO (%)	DESVIO PADRÃO
Metomil	5,0	65,2	3,41
3-Hydroxicarbofuran	10,0	117,8	3,75
3-Ketocarbofuran	10,0	99,9	3,28
Simazina	2,5	77,4	15,30
Carbofuran	20,0	93,7	3,14
Atrazina	2,5	107,3	3,10
Propanil	5,0	102,3	2,67
Molinate	7,5	67,3	3,90
Thiobencarb	5,0	73,3	1,18
Fenoxaprop_p_Ethyl	7,5	60,5	1,42
Oxyfluorfen	10,0	59,1	2,87
Oxadiazon	7,5	77,3	1,96
Picloran	1,2	61,4	2,40
Quinclorac	1,2	89,4	2,24
Metsulfuron_methyl	2,5	91,0	2,62
2,4-D	6,2	96,6	2,67
Pyrazosulfuron	12,5	80,5	2,31

## BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- BARBASH, J.E.; THELIN, G.P.; KOLPIN, D.W.; GILLIO, R.J. Major herbicides in ground water: Results from the national water-quality assessment. **J. Environ. Qual.**, v.30, n.3, 831-845, 2001.
- LAABS, V.; AMELUNG, W.; ZECH, W. Multi-residue analysis of corn and soybean pesticides in brasilian oxisols using gas chromatography and mass selective detection. **J. Environ. Qual.**, v.28, 1778-1786, 1999.
- ZAUGG, S.D.; SANDSTROM, M.W.; SMITH, S.G.; FEHLBERG, K.M. **Methods of analysis by the U.S. Geological Survey National Water Quality Laboratory – determination of pesticides in water by C18 solid-phase extraction and capillary-column gas chromatography/mass spectrometry with selected-ion monitoring.** Denver, Colorado: U.S. Geological Survey, 1995. 49p. (Open-File Report 95-181)

Agradecemos a Embrapa/Prodetab e a Fundagro (Conv. Fundagro/Prodetab 77-1/98) pelo apoio financeiro e administrativo, respectivamente, para a execução deste trabalho.

## COMPORTAMENTO AMBIENTAL DO INSETICIDA CARBOFURAN EM ECOSISTEMA DE ARROZ IRRIGADO

Maria Laura Turino Mattos<sup>(1)</sup>, José Francisco da Silva Martins<sup>(1)</sup>, Mirtes Melo<sup>(1)</sup>, Rafael Antunes Dias<sup>(2)</sup>; Gilberto Casadei de Baptista<sup>(3)</sup>. 1. Embrapa Clima Temperado, Caixa Postal 403, CEP 96001-970-Pelotas-RS, E-mail: mattos@cpect.embrapa.br; 2. UCPel-Museu de História Natural, Caixa Postal 402, CEP 96010-000, Pelotas-RS; (3) USP-ESALQ, Caixa Postal 9, CEP 13418-9000-Piracicaba-SP.

A aplicação de pesticidas é o método de controle de pragas mais praticado no ecossistema de arroz irrigado, embora a natureza tóxica de suas moléculas apresentem risco potencial para o homem e o ambiente. O comportamento de pesticidas aplicados em ecossistemas de arroz irrigado é governado por processos de transferência e degradação e suas interações. Transferência é um processo físico, no qual as moléculas permanecem intactas. Degradação é um processo químico, no qual as moléculas são clivadas. Ambos os processos é que determinam a persistência ou retenção de um pesticida, sua eficácia no controle das pragas, bem como seu potencial para a contaminação dos recursos solo, água e alimentos.

Carbofuran (2,3-dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranil metilcarbamato) é um dos inseticidas mais usados na cultura do arroz irrigado, para controle de *Oryzophagus oryzae* (Coleóptera: Curculionidae). O inseticida na formulação granulada é aplicado diretamente na água de irrigação, cerca de dez dias pós-inundação do arrozal, para o controle de larvas de *O. oryzae* (Camargo, 1991).

Apesar da elevada eficiência do produto no controle do inseto, há restrições ao seu uso, principalmente, devido ao preço relativo elevado e risco potencial ao meio ambiente. A dosagem do inseticida, registrada no Ministério da Agricultura e do Abastecimento, oscila de 750 a 1000 g i.a. ha<sup>-1</sup> (Arroz Irrigado, 1999). Porém, há informações, de caráter empírico, de que a dose de 400 g ha<sup>-1</sup>, aplicada via área, em arrozais comerciais, tem reduzido eficientemente a população larval, evitando danos à cultura. Trabalho recente de pesquisa demonstrou que há potencial para reduzir em 67% a dosagem de carbofuran aplicado via aérea, o que corresponde à aplicação de apenas 250 g há<sup>-1</sup> (Martins et al., 2000).

No solo, o carbofuran é quimicamente hidrolisado sob condições alcalinas (Getzin 1973), apesar de microrganismos também estarem envolvidos na sua degradação, em condições próximas à neutra, tanto no solo como na água (Rajagopal et al. 1984). A degradação deste inseticida sob condições aeróbias é rápida, desaparecendo após 72 horas de inoculação com bactéria do gênero *Flavobacterium*, com um aumento concomitante da evolução de <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>. Em condições anaeróbias, não há degradação considerável, ainda que após 144 horas de incubação. É possível que as condições aeróbias que predominam na camada superficial dos solos alagados, suportem a multiplicação e atividade de microrganismos degradadores de carbofuran (Ramanand et al. 1988). Também a dissipação do inseticida, no solo e na água, tem sido bastante estudada. Nos Estados Unidos da América, no estado de Arkansas, em estudo analítico da dissipação do carbofuran em água, foram detectados níveis traço, imediatamente após a aplicação (Lavy et al. 1996).

A movimentação da água nas lavouras de arroz irrigado contribui para a remoção do carbofuran da área tratada, podendo reduzir a sua eficácia biológica e poluir os mananciais hídricos. Assim, estudos concomitantes ao de eficácia devem ser realizados para avaliar o destino do inseticida no ambiente, e seus impactos negativos.

Como o carbofuran granulado é um inseticida chave para controle curativo de *O. oryzae*, estão sendo estudadas formas mais racionais de uso do produto. Paralelamente, está sendo desenvolvido um estudo do comportamento ambiental do inseticida no ecossistema de arroz irrigado, enfocando: (1) a redução das dosagens atualmente registradas para o controle do inseto, (2) o impacto sobre outros componentes da fauna, (3) a deriva via aplicação aérea, (4) a distribuição e movimentação na água, sedimento e solo, (5) a degradação microbiana e, (6) o impacto da formulação granulada sobre a assembléia

de aves existente em áreas orizícolas. Também estão sendo avaliados os resíduos de carbofuran em amostras de grãos e casca de arroz.

As atividades de pesquisa com o inseticida carbofuran, acima referidas, estão em andamento, desde 1999, no âmbito das pesquisas do subprojeto *Comportamento Ambiental de Pesticidas em Lavouras de Arroz Irrigado no Agroecossistema Terras Baixas*, da Embrapa Clima Temperado. Na safra de 1999/2000, a área experimental foi instalada em arrozais da Fazenda Santa Amélia, do Grupo Hadler & Hasse (Capão do Leão, RS). Os tratamentos consistiram da aplicação aérea do inseticida carbofuran [Furadan 50 G<sup>®</sup> (250, 500 e 750 g i.a. ha<sup>-1</sup>); Furadan 100 G (500 e 750 g i.a. ha<sup>-1</sup>)], na água de irrigação, e de uma testemunha (sem inseticida) (Martins et al. (2000). Na safra de 2000/2001, as atividades experimentais foram realizadas na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, localizada no município de Capão de Leão, RS. Três tratamentos foram comparados Furadan 100 G, 2,5 e 4,0 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente 250 e 400 g i.a. (carbofuran) ha<sup>-1</sup>, e testemunha. Cada parcela, de 11.250 m<sup>2</sup>, conteve sistema independente de irrigação e drenagem, com apenas uma entrada e uma saída da água de irrigação (oriunda diretamente de barragem, sem qualquer possibilidade de contaminação por produtos químicos antes de atingir a área do experimento). Para facilitar o manejo da água de irrigação, cada parcela foi dividida por taipas de base larga, em cinco talhões com 2.250 m<sup>2</sup>. Os químicos foram aplicados, em parcela única, dez dias após a irrigação permanente por inundação (10 DAI), através de aeronave Ipanema, da Mirim Aviação Agrícola Ltda, equipada com difusor venturi, com largura de faixa de vôo de 15 metros, altura de vôo de 10 metros, velocidade de vôo de 170 Km/h, equipada com sistema de balizamento orientado por sinais de satélite (GDPS).

Na avaliação da redução das dosagens do carbofuran e de seu impacto sobre outros componentes da fauna, estão sendo registradas as seguintes variáveis: número de adultos e larvas de *O. oryzae*, anfíbios, aracnídeos, crustáceos, moluscos, peixes, e de outros componentes da fauna aquática do ecossistema de arroz irrigado.

A avaliação da deriva do carbofuran foi realizada por meio de dois experimentos na Granja Pagani, em Capão do Leão, RS. Utilizaram-se bandejas plásticas de 10 x 30 x 40 cm, dispostas em fileiras equidistantes (85 m) perpendiculares à primeira faixa de aplicação aérea do inseticida na margem do arrozal, no sentido do vento. Cada bandeja recebeu 2 litros de água, formando uma lâmina de aproximadamente 1,7 cm de espessura. Nos dois experimentos foi utilizado o modelo da aeronave descrita anteriormente. No primeiro e segundo experimentos foram aplicados 10 Kg ha<sup>-1</sup> (em 10 ha) e 25 kg ha<sup>-1</sup> (em 6 ha), respectivamente. Imediatamente após a aplicação do inseticida, o conteúdo das bandejas foi recolhido em frascos de polietileno, armazenados em freezer e, posteriormente, encaminhados para análise cromatográfica (qualitativa e quantitativa) de resíduos. A visualização de grânulos e a detecção de resíduos de carbofuran na água das bandejas, foram estabelecidos como indicativos da dimensão da faixa de deriva.

As análises qualitativa e quantitativa de resíduos de carbofuran e de seu metabólito (3-hidroxi-carbofuran), dos dois anos experimentais, foram realizadas em amostras de águas e sedimentos, coletadas nas cinco doses de Furadan 50 G<sup>®</sup> (250, 500 e 750 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e Furadan 100 G (2,5 e 4,0 kg ha<sup>-1</sup>) e tratamento testemunha, visando estabelecer uma curva de dissipação do produto no referido ecossistema. Amostras de água e sedimento foram coletadas até 40 dias após a aplicação do carbofuran. Ao mesmo tempo, foi medido o pH e a temperatura da água na lâmina em cada parcela experimental, bem como a altura da lâmina d'água. As características físicas e químicas do solo da área experimental também foram determinadas.

Os ensaios de biodegradação estão em andamento no Laboratório de Microbiologia Agrícola e do Ambiente, na Embrapa Clima Temperado. Está sendo avaliada a degradação microbiana do carbofuran por microrganismos isolados do solo das áreas que receberam aplicação do inseticida. Ensaios de enriquecimento foram realizados, visando confirmar se microrganismos do solo contribuem para a degradação do produto. Isolados de microrganismos com capacidade de metabolizar carbofuran estão sendo caracterizados e identificados, usando métodos bioquímicos.

O efeito da aplicação do carbofuran granulado sobre as aves está sendo feito utilizando o método de contagem direta (Bibby e Burgess (1992)). Todas as aves detectadas, visual ou auditivamente, dentro das unidades amostrais são contadas. As expedições de contagem foram realizadas antes e após a aplicação do inseticida carbofuran. Nove expedições foram realizadas, entre 19 de janeiro e 7 de março de 2001, cobrindo o período compreendido entre a fase vegetativa do arroz e o início da emissão da panícula.

A determinação de resíduos de carbofuran em arroz (grãos beneficiados) e casca, foram realizadas em amostras colhidas nos tratamentos com 250 e 400 g i.a. (carbofuran) ha<sup>-1</sup> e testemunha. As análises cromatográficas foram realizadas no Laboratório de Toxicologia de Inseticidas do Departamento de Entomologia da ESALQ, em Piracicaba, SP. A variação do nível de carbofuran foi monitorada por cromatografia gasosa.

Os principais resultados obtidos até o momento, pela pesquisa, são os seguintes: (a) é possível reduzir em 67% a dosagem mínima do inseticida carbofuran granulado atualmente registrada (750 g i.a. ha<sup>-1</sup>) para o controle de *O. oryzae*; (b) o grau de impacto do carbofuran sobre componentes da fauna aquática, como anfíbios, moluscos e peixes foi diferenciado, quanto à classe e espécie de organismo; (c) na condição de vento, com velocidade média de 15 Km/h, houve deriva, visualizando-se grânulos, nas bandejas, até 37,5 m da primeira faixa de aplicação do inseticida na margem do arrozal; (d) houve liberação de resíduos do carbofuran para o meio ambiente, após o período preconizado pelo fabricante do produto, para permanência das parcelas fechadas e conseqüente liberação da água, ou seja, 48 horas; (e) determinado nível de segurança pode ser alcançado, para a água, dentro de 30 dias após a aplicação do carbofuran, partindo de concentrações iniciais de 250 g i.a. ha<sup>-1</sup>; (f) onze isolados bacterianos foram recuperados das culturas enriquecidas com carbofuran, sendo todos Gram-negativos; (g) os padrões temporais de variação de riqueza específica e heterogeneidade das aves sofreram redução, posteriormente à aplicação ( 48 h) do carbofuran granulado; (h) não foram detectados resíduos de carbofuran nos grãos e casca de arroz.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIBBY, C.J., BURGESS, N.D. & HILL, D.A. **Bird census techniques**. London: Academic Press, 1992.
- CAMARGO, L.O.C. de A. Gorgulhos aquáticos do arroz, caracterização e controle. **Lavoura Arrozeira**, v.44, n.395, p.7-14, 1991.
- GETZIN, L.W. Persistence and degradation of carbofuran in soil. **Environmental Entomology**, v. 2, p. 461-467, 1973.
- LAVY, T.L., DEWELL, R.A., BEARD, C.R., MATTICE, J.D. & SKULMAN, B. W. Environmental implications of pesticides in rice production. **Research Series**, Arkansas Agricultural Experiment Station, n. 453, p. 61-69, 1996.
- MARTINS, J.F. da S., MATTOS, M.L.T.; CUNHA, U.S. da. Reduction of carbofuran insecticide dosage for *Oryzophagus oryzae* larval controlling and environmental impact evaluation in the flooded rice ecosystem. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENTOMOLOGY, 21, 2000, Foz do Iguassu, **Abstracts...** Foz do Iguassu, 2000. 1287p.
- RAJAGOPAL, B.S., BRAHMAPRAKASH, G.P., REDDY, B. R., SINGH, U. D. & SETHUNATHAN, N. Effect and persistence of selected carbamate pesticides in soil. **Residue Review**, v. 93, p. 1-197, 1984.
- RAMANAND, K., SHARMILA, M. & SETHUNATHAN, N. Mineralization of carbofuran by a soil bacterium. **Applied and Environ. Microbiology**, v. 54, p. 2129-2133, 1988.

Apoio Financeiro: FAPERGS, FMC do Brasil

## LEVANTAMENTO EXPLORATÓRIO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DAS ÁGUAS UTILIZADAS PARA IRRIGAÇÃO DO ARROZ NO RIO GRANDE DO SUL

Vera Regina Mussoi Macedo <sup>(1)</sup>; Elio Marcolin <sup>(1)</sup>; Humberto Bohnen <sup>(2)</sup> 1. EEA/IRGA Caixa Postal 29 CEP 94030-030 Cachoeirinha - RS, e-mail: vera\_irga@redemeta.com.br; 1. IRGA/EEA; 2. consultor técnico EEA/IRGA.

O arroz é um dos alimentos mais consumidos pela população, contribuindo para compor a dieta na forma de energia, proteínas e minerais. No Rio Grande do Sul esta cultura envolve um grande número de pessoas, tanto na área de produção, beneficiamento e comércio como na área industrial. A última safra atingiu 5,29 milhões de toneladas de grãos, em uma área de 942.596 hectares, atingindo uma produtividade média de 5.625 kg ha<sup>-1</sup> (IRGA, 2001).

Sendo um sistema de cultura que envolve irrigação por inundação e utilização de pesticidas e fertilizantes para obtenção de rendimentos economicamente compensadores é também uma cultura que tem um impacto ambiental que deve ser quantificado, tanto no que diz respeito à composição da água que entra na lavoura como aquela que é drenada da mesma.

Foi feita uma amostragem das águas utilizadas na lavoura de arroz nas fontes mais expressivas do Estado, com o objetivo de quantificar a sua composição e a partir destes resultados definir as ações a serem tomadas no que diz respeito à pesquisa e recomendações de seu uso e manejo pelos agricultores. Amostras da água sendo utilizadas para a lavoura de arroz foram coletadas (entrada e saída das lavouras) dos seguintes mananciais: Rio Gravataí (Cachoeirinha); Rio Jacuí (Cachoeira do Sul); Rio Uruguai (Uruguaiana); Lagoa dos Barros (Santo Antônio da Patrulha), Lagoa do Casamento (Viamão), Barragem do Capané (Cachoeira do Sul) e Barragem do Arroio Duro (Camaquã), todos no Rio Grande do Sul. A água foi acondicionada em frascos de vidro, refrigerada e encaminhada para o Laboratório de Análise de Solo e Outros Materiais da Faculdade de Agronomia da UFRGS, onde foram analisados os nutrientes e outros elementos na sua forma total. Para verificar até que ponto a carga de nutrientes e metais pesados presentes na água do Rio Gravataí (uma fonte reconhecidamente com alta concentração de nutrientes) pode influir na nutrição do arroz, a água deste rio foi feita passar, na forma de fluxo contínuo, em um tanque de cimento amianto de 250 litros. Na parte superior, em uma placa

de isopor, foram suspensas plântulas das cultivares BR IRGA 410, IRGA 417, IRGA 419 e IRGA 420. No final do ciclo foi avaliada a produção de grãos.

A composição química das águas está nas Tabelas 1 e 2. Os resultados indicam que os teores de nutrientes e metais analisados estão abaixo dos teores considerados inadequados para o consumo humano (CETESB, 1988). Também se destaca a concentração de potássio, cálcio e magnésio que nestes níveis, e se na forma disponível para as plantas, poderiam suprir grande parte das necessidades da cultura, dentro das médias do estado do Rio Grande do Sul. O Rio Gravataí se salienta entre as águas analisadas, por sua alta carga de nutrientes, mas sem níveis de metais pesados analisados, acima do recomendado. A água deste rio é tão rica em nutrientes que as plantas de arroz, cultivadas hidroponicamente na mesma, tiveram um crescimento e desenvolvimento normal, sem sintomas de deficiência ou toxidez. A média dos rendimentos das quatro cultivares foi de 75 g de grão com casca por planta. Estes dados reforçam observações de que, lavoura de arroz irrigada com esta água em geral, não tem grandes aumentos de rendimentos de grãos com adição de fertilizantes, principalmente nitrogenados. Na Tabela 3 estão os teores de alguns nutrientes e metais pesados nos grãos do cultivo hidropônico com a água deste rio. A concentração dos nutrientes é semelhante às encontradas por Silva & Bohnen [200-] em grãos da cultivar IRGA 410 mantida em solução nutritiva completa, confirmando o desenvolvimento das plantas na água do Rio Gravataí sem sintomas de falta ou toxidez. Para os metais pesados não se teve acesso a informações que permitissem a comparação e avaliação da qualidade do grão para o consumo humano.

O trabalho realizado mostrou que as principais fontes de água para irrigação do arroz no Rio Grande do Sul são indicadas para este fim, sem níveis tóxicos de metais pesados e também que as águas de drenagem das lavouras de arroz irrigado não parecem contribuir para alterar os teores de metais originais.

Apoio financeiro: FAPERGS

Tabela 1. Composição química parcial das águas utilizadas na irrigação do arroz (entrada e saída da lavoura). Teores totais.

Local		N	P	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	Cl
		mg L <sup>-1</sup>						
Rio Gravataí	Entrada	7,0	0,90	5,0	11	3,6	0,15	16
	Saída	1,0	0,18	3,8	4,0	0,84	2,8	11
Rio Jacuí	Entrada	<0,1	0,02**	1,8	8,4	3,0	4,7	2,5
	Saída	0,6	0,06**	2,4	4,1	1,7	8,4	2,0
Rio Uruguai	Entrada	*	0,34	3,8	12	3,4	4,6	5,8
	Saída	*	0,12	1,3	9,9	3,4	2,6	7,2
Lagoa dos Barros	Entrada	0,7	<0,02**	2,0	12	5,4	6,1	26
	Saída	0,9	0,02	1,4	3,6	2,1	3,3	12
Lagoa do Casamento	Entrada	1,3	0,06**	2,9	10	5,0	5,1	24
	Saída	1,1	<0,02**	2,8	3,0	2,7	4,3	23
Barragem do Capané	Entrada	0,7	0,04**	1,6	4,5	2,8	7,0	3,1
	Saída	0,4	0,05**	1,7	2,2	1,3	7,3	1,8
Barragem Arroio Duro	Entrada	0,8	0,21	2,9	3,2	1,8	0,25	5,5
	Saída	1,4	*	5,9	3,9	1,5	2,2	4,9

\* não determinado

\*\* fósforo como PO<sub>4</sub> solúvel

Tabela 2 - Composição química parcial das águas utilizadas na irrigação do arroz (entrada e saída da lavoura). Teores totais.

Local		Cu	Zn	Fe	Mn	Na	Cd	Cr	Pb	Ni	Co	Mo	Hg
		mg L <sup>-1</sup>											μ L <sup>-1</sup>
Rio	E	0,01	<0,02	8,3	0,33	16	<0,01	*	<0,05	<0,05	*	<3	*
Gravataí	S	<0,01	*	5,1	0,06	6,1	<0,01	<0,02	<0,05	<0,02	<0,02	<0,2	<0,01
Rio Jacuí	E	<0,02	<0,01	2,0	0,05	2,1	<0,01	<0,02	<0,05	<0,02	<0,02	<1	<0,1
	S	<0,02	<0,01	2,7	0,06	2,4	<0,01	<0,02	<0,05	<0,02	<0,02	<0,2	<0,1
Rio Uruguai	E	<0,02	*	5,3	0,26	6,7	<0,01	<0,02	<0,05	<0,02	<0,02	<0,2	<0,1
	S	<0,02	*	4,2	0,35	5,1	<0,01	<0,02	<0,05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,1
Lagoa dos Barros	E	<0,02	0,04	5,7	0,05	7,3	<0,01	<0,02	<0,05	<0,02	<0,02	<0,2	<0,1
	S	<0,02	*	3,4	0,06	14	<0,01	<0,02	<0,05	<0,02	<0,02	<0,2	<0,1
Lagoa do Casamento	E	<0,02	0,02	4,4	0,05	14	<0,02	<0,05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,2	<0,1
	S	<0,02	<0,01	3,5	0,04	14	<0,01	<0,02	<0,05	<0,02	<0,02	<0,2	<0,1
Barragem Capané	E	<0,02	0,01	2,8	0,02	2,1	<0,01	<0,02	<0,05	<0,02	<0,02	<0,2	<0,1
	S	<0,02	<0,01	3,9	0,02	1,8	<0,01	<0,02	<0,05	<0,02	<0,02	<0,2	<0,1
Barragem Arroio Duro	E	<0,01	0,01	7,2	0,06	4,6	<0,01	*	<0,05	<0,05	*	*	*
	S	<0,01	0,02	2,7	0,05	3,4	<0,01	<0,02	<0,05	<0,02	<0,02	<0,2	<0,1

\* não determinado

Tabela 3 - Composição química parcial dos grãos (sem casca) de quatro cultivares de arroz cultivadas exclusivamente na água do Rio Gravataí (RS).

Cultivar	N	P	K	Cu	Zn	Fe	Mn	B	Pb	Ni	Cd	Cr
	%							mg kg <sup>-1</sup>				
BR IRGA	2,10	0,32	0,20	1,4	28	200	22	0,2	<0,1	1,3	<1	3,8
410	(1,98)	(0,42)	(0,24)	(16)	(27)	(24)	(14)	(1,5)				
IRGA 417	2,10	0,35	0,28	2,2	28	152	20	0,2	<1,1	2,8	<1	6,4
IRGA 419	2,30	0,34	0,24	1,0	29	43	16	0,2	<1,1	1,3	<1	2,6
IRGA 420	2,2	0,39	0,27	1,6	32	72	18	0,3	<1,1	1,9	<1	4,0

Entre parênteses, os valores encontrados nos grãos da mesma variedade, cultivada em solução nutritiva completa (Silva e Bohnen [200-])

### Agradecimentos:

Ao professor Flávio Antônio Cauduro e ao Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Guilherme Rolin Acuan pela contribuição no planejamento inicial deste levantamento.

CETESB. Guia de coleta e preservação de amostras de água. Anexo 1. Legislação referente à qualidade de águas. São Paulo, CETESB, 1988.

IRGA. Instituto Rio Grandense do Arroz. Equipe de Política Setorial. Acompanhamento semanal de colheita do arroz irrigado-safra 2000/01. Disponível em <<http://www.irga.rs.gov.br/dados.htm>>. Acesso em: 17 jul. 2001

SILVA, L. S. & BOHNEN, H. Rendimento e acúmulo de nutrientes pelo arroz (*Oryza sativa*) com e sem adição de silício. **R. Bras. Ci. Solo.** [200-] No prelo.

## FAUNA AQUÁTICA EM ÁREA TRATADA COM CARBOFURAN EM ECOSISTEMA DE ARROZ IRRIGADO

Mirtes Melo<sup>(1)</sup>, Maria Laura Turino Mattos<sup>(1)</sup>, José Francisco da Silva Martins<sup>(1)</sup>, Rafael Antunes Dias<sup>(2)</sup>.  
1. Embrapa Clima Temperado, Caixa Postal 403, CEP 96001-970-Pelotas-RS, E-mail: mirtes@cpect.embrapa.br; 2. UCPEL-Museu de História Natural, Caixa Postal 402, CEP 96010-000, Pelotas, RS.

No ecossistema de arroz irrigado, é freqüente o uso de produtos químicos visando o controle de insetos fitófagos, plantas daninhas, moluscos, etc. Entre os produtos destaca-se o inseticida carbofuran granulado, aplicado para o controle de *Oryzophagus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) cujas larvas são conhecidas por bicheira-da-raiz. Embora o produto seja eficiente para o controle do inseto, existem restrições de ordem econômica e ambiental pelo elevado preço relativo e toxicidade, respectivamente. Com relação a este aspecto, pouco se sabe sobre os seus efeitos sobre os componentes da fauna aquática do ecossistema do arroz irrigado, nas regiões produtoras brasileiras.

Os invertebrados aquáticos, que habitam o ecossistema de arroz irrigado, são importantes para a ciclagem de nutrientes no solo e como agentes de controle biológico de insetos, pragas do arroz e vetores de doenças em animais e no homem, ao utiliza-los como alimento. A funcionalidade desta comunidade aquática depende da densidade populacional absoluta e relativa de vários grupos e suas taxas de atividades. A introdução de pesticidas para o controle de pragas no arroz tem aumentado a produtividade de grãos. Contudo, como os pesticidas são freqüentemente não seletivos, o potencial para modificar a comunidade da fauna aquática é elevado (Simpson & Roger, citados por Pingali & Roger, 1995).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da aplicação de carbofuran granulado sobre componentes da fauna aquática do ecossistema de arroz irrigado, em experimento sobre o efeito da redução de dosagens no controle do *O. oryzae*.

O experimento, instalado na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão, RS, consistiu de 3 parcelas experimentais de 11.250 m<sup>2</sup> (75 x 150 m), adubadas apenas na base (300 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 5-20-20, com a cultivar BRS Chuí cultivada. Cada parcela conteve sistema independente de irrigação e drenagem, com apenas uma entrada e uma saída da água de irrigação (oriunda diretamente de barragem, sem qualquer possibilidade de contaminação por produtos químicos antes de atingir a área do experimento). Cada parcela foi dividida em 5 talhões com 2.250 m<sup>2</sup> (30 x 75m) separados entre si por taipas de base larga. Três tratamentos foram comparados: Carbofuran (produto comercial: Furadan 100 G), 250 e 400 g ha<sup>-1</sup> e testemunha, aplicados em parcela única, sem repetição, 10 dias após a irrigação permanente por inundação, utilizando aeronave BEM 201-A Ipanema, equipada com difusor Venturi com largura de faixa de vôo de 15 metros, altura de 10 metros e velocidade de 170 Km h<sup>-1</sup>, também equipada com sistema de balizamento orientado por sinais de satélite (GDPS). Cada tratamento foi aplicado em cinco "passadas", com 150 m de comprimento, no mesmo sentido do vôo. A aplicação ocorreu entre 8:30 e 8:45 horas. Entre as parcelas, foi mantida uma área livre, de ± 4.500 m<sup>2</sup> (30 x 150m), com cobertura vegetal nativa, para evitar que, através da deriva, um tratamento atingisse as parcelas dos demais. Durante 48 horas após a aplicação dos tratamentos, não houve movimentação (fluxo) da água de irrigação, para fora das parcelas.

O número de espécimes componentes da fauna aquática, vivos e mortos, amostrados 24 horas antes e 6 horas, 1, 3, 5, 10, 20 e 30 dias após a aplicação do carbofuran, foi registrado, após coletados com rede de varredura, constituída de um cabo de madeira, de cerca de 1,0 m de comprimento, em cuja extremidade acomodou-se, em sulcos, um aro de arame (nº 8) de 15 x 20 cm que portava um saco de tecido de 35 cm de profundidade, cuja malha, do tipo filó, tinha diâmetro de 2,0 mm<sup>2</sup> (adaptado de Merrit & Cummins, 1984). A rede era movimentada submersa, em linha reta, ao longo de 15 m das valetas de cada lado do primeiro, terceiro e quinto talhão, totalizando 12 amostras por

parcela. O material de cada amostra foi colocado em balde plástico contendo 2,5 L de água potável. Os baldes foram cobertos com um tecido de malha fina, para permitir a aeração e, ao mesmo tempo, impedir a saída de espécimes vivos. Após, os baldes foram transportados para o laboratório, onde, de imediato, os espécimes foram separados do meio (plantas e sedimento de solo) e examinados, com auxílio de uma lupa estereoscópica, para o reconhecimento e a contagem dos vivos e dos mortos.

Constataram-se, principalmente espécimes dos filos Mollusca (caracóis), Annelida (minhocas e sanguessugas), Arthropoda (insetos, aranhas e crustáceos) e Chordata [Osteichthyes (peixes ósseos)] e Amphibia (sapos, rãs e pererecas). No filo Mollusca, até o presente, os representantes identificados pertencem à classe Gastropoda, que são os caramujos univalves. Parte dos Annelida coletados pertence à classe Hirudinea, cujos representantes são as sanguessugas.

Em Arthropoda, na classe Insecta estão representadas as ordens Coleoptera, Hemiptera e Odonata, que são aquáticas. No entanto, constataram-se espécimes não aquáticos pertencentes à Homoptera, Lepidoptera, Orthoptera e Diptera. Na classe Arachnida, as espécies de aranhas encontradas pertencem à ordem Araneae.

Em relação ao tamanho da população de alguns filos foi constatada a seguinte tendência até 48 horas após a aplicação (48HAA) e 30 dias após a aplicação (30DAA): Mollusca (Gastropoda), redução da população até 48HAA, com restabelecimento até 30DAA, principalmente na parcela tratada com 250 g ha<sup>-1</sup>; Insecta (Hemiptera: Belostomatidae), redução da população até 48HAA, com restabelecimento até 30DAA, principalmente na parcela tratada com 400 g ha<sup>-1</sup>; Insecta (Coleoptera: Dytiscidae), redução mais drástica da população até 48HAA, porém, que apresentou nas parcelas tratadas, até 30DAA, nível populacional similar ao da parcela testemunha; Arachnida (Araneae), sem efeito da aplicação do inseticida, apresentando crescimento populacional entre a data da aplicação do inseticida e 30DAA; Pisces (Osteichthyes), redução drástica da população até 48HAA, porém, com imediato restabelecimento populacional já aos 10DAA; Amphibia (sapos, rãs e pererecas), reduzido nível de captura, da data da aplicação do inseticida até 30DAA, tanto nas parcelas tratadas com 250 e 400 g ha<sup>-1</sup>, como na parcela testemunha.

A análise da influência dos tratamentos sobre as populações, somente será possível após o término da contagem dos espécimens relativos à última coleta (60DAA), à identificação do táxon a que pertence cada indivíduo e à sua posição na cadeia alimentar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MERRIT, R.W & CUMMINS, K.W. An Introduction to the aquatic insects of North America. 2 ed. Dubuque, Kendall/Hunt. 706p. 1984.

PINGALI, P.L. & ROGER, P.A. Impact of pesticides on farmer health and rice environmental. Philippines, Kluwer Academic Publishers, 1995, 664p.

USINGER, R.L. Introduction to aquatic entomology. In: Aquatic insects of California. Beckerley, University of California, p.3-6. 1963.

Apoio Financeiro: FAPERGS, FMC do Brasil

## DISSIPAÇÃO DO CARBOFURAN NA ÁGUA E NO SEDIMENTO EM ECOSISTEMA DE ARROZ IRRIGADO

Maria Laura Turino Mattos<sup>(1)</sup>, José Francisco da Silva Martins<sup>(1)</sup>, Mirtes Melo<sup>(1)</sup>, Rafael Antunes Dias<sup>(2)</sup>; Gilberto Casadei de Baptista<sup>(3)</sup>. 1. Embrapa Clima Temperado, Caixa Postal 403, CEP 96001-970-Pelotas-RS, E-mail: mattos@cpact.embrapa.br; 2. UCPel-Museu de História Natural, Caixa Postal 402, CEP 96010-000-Pelotas-RS; (3) USP-ESALQ, Caixa Postal 9, CEP 13418-9000-Piracicaba-SP.

No processo de gestão dos recursos naturais, pressupõe-se o conhecimento específico sobre os fatores naturais como recursos potenciais inseridos em um ecossistema. Como ponto básico para a gestão sustentável dos recursos solo e água, no ecossistema de arroz irrigado, é indispensável a implementação do controle ambiental, visando manter a qualidade destes recursos.

Fontes de poluição não pontuais de águas superficiais e subterrâneas constituem-se nas principais ameaças para a qualidade da água, entre as quais, podemos destacar os pesticidas usados na agricultura. No solo, os microrganismos são os principais responsáveis pela degradação de muitas moléculas químicas, biodegradando ou biotransformando, determinando, desta forma, a persistência ou destino de um pesticida.

Carbofuran (2,3-dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranil metilcarbamato) é um inseticida muito usado na cultura do arroz irrigado, nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, para o controle de *Oryzophagus oryzae*. No entanto, estudos para avaliar a dissipação desta molécula, no ecossistema de arroz irrigado, são escassos.

Existem vários caminhos para a dissipação de um pesticida no ambiente solo, com a predominância sobre a degradação microbiana, volatilização, fotodegradação e hidrólise química (Mc-Ewen & Stephenson, 1979, citados por Faber et al., 1997). O movimento de pesticidas dissolvidos ou adsorvidos a partículas na solução do solo, é outro tipo de transporte, denominado de lixiviação. Esse processo está relacionado com a contaminação de águas subterrâneas.

O transporte de pesticidas na água movendo-se sobre a superfície do solo, conhecido como escoamento superficial, é um dos principais processos de contaminação de águas superficiais. Pesticidas com solubilidade em água superior a 10 mg L<sup>-1</sup> tendem a se mover largamente na fase solúvel, enquanto pesticidas menos solúveis tendem se a mover, principalmente, sorvidos em partículas de solos erodidos.

Em solo arenoso (Areia Quartzosa-AQ), carbofuran apresentou uma meia vida menor do que 30 dias (não persistente), enquanto que em solo argiloso (Latosolo Vermelho Escuro-LVE) uma meia vida entre 30 e 90 dias (persistência reduzida). Nestes solos, carbofuran foi classificado como de baixa adsorção (K entre 0-24) e mobilidade alta em AQ e intermediária em LVE (FMC, 1993).

Este trabalho foi conduzido para determinar a distribuição no sedimento e na água e subsequente dissipação, após aplicação da formulação comercial granulada de carbofuran, em ecossistema de arroz irrigado. Neste contexto, a pesquisa avaliou o período residual de carbofuran e de seu metabólito (3-hidroxi-carbofuran). Os resultados apresentados são referentes a dois anos de avaliação.

Na safra 1999/2000, as atividades foram desenvolvidas em arrozais da Fazenda Santa Amélia, do Grupo Hadler & Hasse (Capão do Leão, RS). Os tratamentos consistiram da aplicação aérea do inseticida carbofuran [Furadan 50 G ® [750 (1), 500 (2) e 250 (3) g i.a. ha<sup>-1</sup>], na água de irrigação, e de uma testemunha (sem inseticida). Na safra 2000/2001, as atividades foram realizadas na Estação Experimental Terras Baixas da Embrapa Clima Temperado, Capão de Leão, RS. Três tratamentos foram comparados: Furadan 100 G (250 e 400 g i.a. ha<sup>-1</sup>) (carbofuran), e testemunha. Cada parcela, de 11.250 m<sup>2</sup> (75 X 150 m), conteve sistema independente de irrigação e drenagem, com apenas uma entrada e uma saída da água de irrigação. A água de irrigação foi oriunda de barragem, isenta de contaminação por produtos químicos antes de atingir o experimento. Para facilitar o manejo

da água de irrigação, cada parcela foi dividida, por taipas de base larga, em cinco talhões com 2.250 m<sup>2</sup> (30 X 75 m).

Os tratamentos com carbofuran granulado foram aplicados dez dias após a irrigação permanente por inundação (10 DAI), utilizando aeronave Ipanema, da Mirim Aviação Agrícola Ltda. Entre as parcelas foi mantida uma área livre com 4.500 m<sup>2</sup> (30 X 150 m) para evitar que, através de deriva, um tratamento atingisse as parcelas destinadas aos demais. Conforme recomendação técnica, no rótulo da embalagem comercial do inseticida, não houve movimentação (fluxo) da água de irrigação, para fora das parcelas, durante dois dias após a aplicação das dosagens. As análises cromatográficas, qualitativa e quantitativa de resíduos de carbofuran e do metabólito 3-hidroxi-carbofuran, foram realizadas conforme metodologia descrita por Ohlin & Jansson (1998), modificada pelo uso de cromatografia em fase gasosa (detector de nitrogênio, fósforo, NPD).

No primeiro ano de avaliação, amostras de solo foram coletadas em cada parcela (1, 2, e 3) à profundidade de 0-20 cm, 1 dia antes (1DAA), 3, 10, 17, 31 e 40 dias após a aplicação do tratamento (DAT). As amostras compostas de água (15 sub-amostras), de 1000 mL, foram coletadas conforme o seguinte cronograma: a) obtenção, 10 dias antes da aplicação dos tratamentos, de uma amostra no canal principal de irrigação e mais duas amostras em cada área de 2 ha, uma na entrada da água e outra no interior da parcela; b) obtenção, 1, 3, 5, 7, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31 e 40 DAT, de uma amostra, no interior e saída de água de cada parcela, no canal principal de drenagem e em açude de captação final da água que escoava do arrozal. Antes da aplicação do carbofuran, também foram coletadas amostras de água no canal de entrada e canal de drenagem da granja, bem como na barragem (ponto de captação para irrigação). Setenta e oitenta dias após a aplicação do carbofuran, foram coletadas amostras de água nos seguintes pontos da propriedade vizinha: 1- canal de entrada, 2- levante da barragem, 3- canal de drenagem, 4- canal de saída para o Rio Piratini. Aos oitenta dias, também foram amostrados quatro pontos no Rio Piratini e Arroio Contrabandista. No entanto, não foram detectados resíduos do carbofuran e de seu metabólito (3-hidroxi-carbofuran) até o limite de sensibilidade (0,002 mg/L) do método analítico.

Os resultados da análise cromatográfica indicaram resíduos de carbofuran (limite de detecção = 0,002 mg/L) na lâmina d'água, canal de saída e de drenagem, até 30 dias após a aplicação dos tratamentos (750, 500 e 250 g i.a. ha<sup>-1</sup>). Na lâmina d'água, as maiores concentrações de carbofuran ocorreram até três dias após a aplicação, nas áreas 1 (0,2 mg/L), 2 (0,1 mg/L) e 3 (0,2 mg/L). No canal de saída, as maiores concentrações foram observadas no primeiro dia após aplicação do carbofuran, para a área 1 (0,2 mg/L); três dias para a área 2 (0,3 mg/L) e 3 (0,3 mg/L). Nas análises das amostras de sedimento, foram detectados resíduos de carbofuran (limite de detecção = 0,01 mg/L) até 30 dias após a aplicação dos tratamentos (750, 500 e 250 g i.a. ha<sup>-1</sup>). A maior concentração do inseticida ocorreu no terceiro dia após a aplicação, nas dosagens de 750, 500 e 250 g i.a. ha<sup>-1</sup>, sendo 0,04 e 0,02 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Nas áreas 1, 2, 3 e canal de drenagem, não foram detectados resíduos do metabólito 3-hidroxycarbofuran nas amostras de água e sedimento até o limite de sensibilidade do método analítico, 0,002 e 0,01 mg/L, respectivamente.

No segundo ano, amostras de solo foram coletadas, nas parcelas, à profundidade de 0-20 cm, 1 dia antes da aplicação do inseticida (1DAAC), e após a aplicação, 1DAA, 3DAA, 5DAA, 10DAA, 15DAA, 20DAA e 30DAA. Os pontos de coleta foram georreferenciados, visando maior uniformidade no momento das coletas. Na lâmina d'água de cada parcela experimental (400 (PA) e 250 g i.a. ha<sup>-1</sup> (PB) e testemunha (PC) foram coletadas três amostras compostas, d'água, constituídas por cinco sub-amostras/talhão, totalizando 15 subamostras/parcela. Na rede de irrigação e drenagem, a partir da área do experimento, foram coletadas amostras d'água conforme o seguinte cronograma: a) obtenção, 10 dias antes da

aplicação dos tratamentos, de uma amostra no ponto de captação d'água (açude), de quatro amostras no canal principal de irrigação; b) obtenção de amostras, no interior e saída de água de cada parcela, no canal principal de drenagem e em manancial de captação final da água que escoava do arrozal. Um dia antes da aplicação do carbofuran, foram coletadas três amostras compostas de cada parcela (ponto=0). Após a aplicação, três amostras compostas foram coletadas de cada parcela nos seguintes intervalos: 1 e 6 horas pós-aplicação, 1, 2, 3, 5, 10, 20, e 30 DAT. No canal principal de drenagem e em manancial de captação final da água que escoava do arrozal (água de recreação), a amostragem ocorreu também aos 4, 5, 10, 20 e 30 DAT, onde foram coletadas três amostras compostas. Todos os pontos de amostragem também foram georreferenciados.

O pH do solo e da lâmina d'água foi monitorado ao longo da curva de dissipação do carbofuran na água. Avaliações também foram realizadas antes da aplicação do carbofuran.

Na lâmina d'água, os resultados das análises cromatográficas indicaram ausência de resíduos (< 0,001) de carbofuran e de seu metabólito (3-hidroxi-carbofuran), em amostras de águas coletadas 1 dia antes da aplicação do inseticida, em todas as parcelas (PA, PB e PC). No dia da aplicação, não foram detectados resíduos do carbofuran e de seu metabólito uma hora após a aplicação do inseticida; no entanto, seis horas após a aplicação, houve a detecção (> 0,001) nas parcelas A e B. Também foram detectados resíduos de carbofuran 1, 2, 3, 5 e 10 dias após a aplicação do inseticida. Resíduos do metabólito foram detectados 6 horas após a aplicação do carbofuran, 1, 3 e 5 dias após a aplicação do inseticida. Na saída das parcelas A e B, foram detectados somente resíduos de carbofuran aos 3, 4, 5 e 10 dias após a aplicação do inseticida. Resíduos do metabólito também não foram detectados no canal de drenagem, sendo detectados resíduos de carbofuran aos 4, 5 e 10 dias após a aplicação. No local de recreação (água para banho), foram detectados resíduos somente aos 5 dias após a aplicação. Nas amostras de sedimentos coletadas nas parcelas A e B, não foram detectados resíduos de carbofuran e de seu metabólito até o 5º dia após a aplicação do inseticida. Aos 10, 15 e 20 dias, foram detectados resíduos somente de carbofuran. Não foram detectados resíduos, de ambos, aos 30 dias.

Nas amostras de sedimento coletadas nas parcelas A e B, não foram detectados resíduos do carbofuran e de seu metabólito até o 5º dia após a aplicação do inseticida. Aos 10, 15 e 20 dias, foram detectados resíduos somente de carbofuran. Não foram detectados resíduos aos 30 dias. Os valores de pH, na lâmina d'água, variaram de 6,0-6,5, enquanto que a temperatura média na lâmina d'água variou de 23 a 36°C. A altura da lâmina d'água variou de 13 a 15 cm.

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental (EPA= *Environmental Protection Agency*) dos Estados Unidos, os padrões para água de consumo humano permitem níveis máximos de carbofuran de 0,04 mg/L (MCL= *Maximum Contaminant Level*), a qual é destinada para uso no sistema de abastecimento público. Ao mesmo tempo, evidenciam os efeitos potenciais para a vida, pela ingestão de água com estas concentrações: nos sistemas nervoso e reprodutivo. A Portaria nº 881, de 6 de novembro de 1998, publicada no Diário Oficial da União de 27.11.98, Seção 1, página 41 estipula o limite máximo de resíduos no grão de arroz, incluindo a soma do princípio ativo e seu metabólito 3-hidroxi-carbofuran, em 0,2 mg L<sup>-1</sup>, com um intervalo de segurança de 30 dias.

Os resultados obtidos na presente pesquisa mostram que determinado nível de segurança pode ser alcançado dentro de 30 dias após a aplicação do carbofuran, partindo de concentrações iniciais de 500

g i.a. ha<sup>-1</sup>; indicaram também que houve liberação de resíduos do inseticida, para o meio ambiente, após o período preconizado para permanência das parcelas fechadas e conseqüente liberação da água, ou seja, 48 horas. A dissipação de carbofuran em um PLANOSSOLO HIDROMÓRFICO Eutrófico típico ocorreu aos 30 dias após aplicação do inseticida, nas condições deste estudo.

## OGRÁFICAS

FABER, M.J.; STEPHENSON, G.R.; THOMPSON, D. Persistence and leachability of glufosinate-ammonium in a northern Ontario terrestrial environment. **J. Agric. Food. Chem.**, v.45, p.3672-3676, 1997.

FMC. **Carbofuran informações técnicas**. São Paulo, FMC Corporation, 1993. 3p.

OHLIN, B.A.; JANSSON, C. Determination of benzimidazoles and some other pesticides in agricultural crops with HPLC. **Pesticide Analytical Methods in Sweeden**. Part 1. Rapport 17/98. National Food Administration. Uppsala, p. 63-74, 1998.

Apoio Financeiro: FAPERGS, FMC do Brasil

## MONITORAMENTO AMBIENTAL DO GLIFOSATE E DE SEU METABÓLITO (ÁCIDO AMINOMETILFOSFÔNICO) EM ÁGUAS DE LAVOURAS DE ARROZ IRRIGADO

Maria Laura Turino Mattos<sup>(1)</sup>, Maria do Carmo Ruaro Peralba<sup>(2)</sup>, Silvio L. P. Dias<sup>(2)</sup>, Fábio Prata<sup>(3)</sup>, Eniz Conceição Oliveira<sup>(2)</sup>. 1. Embrapa Clima Temperado, Caixa Postal 403, CEP 96001-970-Pelotas-RS, E-mail: mattos@cpact.embrapa.br; 2. UFRGS-Instituto de Química, Caixa Postal 776, CEP 90001-970-Porto Alegre-RS; 3. USP-ESALQ, Caixa Postal 9, CEP 13418-900-Piracicaba-SP.

A determinação do comportamento ambiental de um pesticida e de seus metabólitos, em ecossistema de arroz irrigado, deve ser parte integrante dos processos de registro de uma molécula química. Um componente crítico desta determinação é a avaliação do potencial de um pesticida e de seus metabólitos contaminarem as fontes de águas superficiais e subterrâneas. Os recursos hídricos são fundamentais para o funcionamento dos ecossistemas aquáticos, *habitat* animal, e são fontes nacionais para o fornecimento de água potável. Dados de ocorrência de pesticidas em águas superficiais, no Rio Grande do Sul, provenientes de estudos de monitoramento, ainda são escassos.

As lavouras orizícolas no Rio Grande do Sul, com uma área de 952.539 ha (IRGA, 2000), utilizam um grande número de pesticidas, em especial de herbicidas, constando na recomendação oficial (Arroz Irrigado, 1999), a indicação de 27 produtos de diferentes classes toxicológicas. Dentre estes produtos, destaca-se o glifosate, N-(fosfometil) glicina, herbicida pós-emergente de ação total, não seletivo, muito utilizado no sistema plantio direto de arroz. A formulação comercial (concentrado solúvel), apresenta 360 g L<sup>-1</sup> de glifosate (ingrediente ativo), representando 41% da composição percentual da formulação comercial, enquanto que os demais 59% incluem o composto polietoxietilenoamina (POEA), o sal de isopropilamina e outros ingredientes. A dose letal (DL<sub>50</sub>), baseada na alimentação oral de ratos machos, é de 4320 mg kg<sup>-1</sup>, enquanto a DL<sub>50</sub> dérmica, para coelhos, é de 7940 mg kg<sup>-1</sup>, o que permite caracterizar o composto como de baixa toxicidade (Monsanto, 1980). A exposição mais importante das pessoas ao glifosate é através do trabalho (quando aplicam o produto), ingestão de alimentos contaminados, exposição causada pela deriva, contato com solo ou águas usadas para consumo e recreação (Cox, 1995).

No solo, glifosate é fortemente adsorvido pelos colóides de argila e húmus, é classificado como tendo persistência média de 30 a 90 dias, dependendo do teor de matéria orgânica e da atividade microbiana; baixa lixiviação e insignificantes perdas por fotodecomposição e/ou volatilização (Monsanto, 1980). Há informação de que o glifosate é complexado pelos cátions liberados das argilas, via reação de troca de cátions com a solução de prótons, formando complexos de glifosate (Glass, 1987).

Os microrganismos são os principais responsáveis pela degradação do glifosate. Aproximadamente 50% da molécula original é metabolizada em 28 dias, atingindo 90% em 90 dias (Rodrigues & Almeida, 1995). Por esta razão, vários metabólitos ou produtos da degradação do glifosate têm sido identificados. O ácido aminometilfosfônico (AMPA) é o principal produto da degradação no solo, sendo formado pela ação microbiana. Glifosate e AMPA são altamente solúveis em água e podem entrar em ambientes aquáticos, quando o herbicida é aplicado diretamente para o controle de plantas aquáticas, ou pelo escoamento superficial de áreas onde foi aplicado (Mogadati et al., 1996).

O estudo do comportamento ambiental do glifosate e de seus metabólitos requer o desenvolvimento de uma metodologia com análise adequada aos objetivos a serem atingidos. A cromatografia de alta resolução (*High-Performance Liquid Chromatographic* = HPLC) é um método de quantificação largamente utilizado para análise do glifosate, inclusive adotado como padrão pela Agência de Proteção Ambiental Americana (*Environmental Protection Agency* = EPA). O caráter iônico e a solubilidade em água do glifosate e de seu metabólito [ácido aminometilfosfônico (aminomethylphosphonic

acid)=AMPA] torna a análise, por cromatografia líquida, vantajosa sobre a cromatografia gasosa.

O objetivo desta pesquisa foi monitorar a presença do herbicida glifosate e do seu metabólito (AMPA) em amostras de água, coletadas em área orizícola, submetida ao sistema de plantio direto, de modo a avaliar o impacto do uso do herbicida sobre os recursos hídricos, em especial da Lagoa Mirim e do Arroio Bretanhas.

Para tal, amostras de água coletadas em lavouras de arroz irrigado, em canais (irrigação e drenagem), açudes e levantes, em uma Granja Orizícola, no Litoral Sul do Estado, foram avaliadas pelo método recomendado pela BIO-RAD (1990). O monitoramento da qualidade da água foi realizado, a partir de amostras obtidas diretamente do levante de entrada de água da Lagoa Mirim para o canal mestre da Granja até o ponto de lançamento para o Arroio Bretanhas. O monitoramento foi realizado nas safras 1999/2000 e 2000/2001, sendo coletadas 40 amostras compostas de águas superficiais. Amostras de um GLEYSSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico (Embrapa, 1999) também foram coletadas, na profundidade de 0-20 cm, de uma lavoura de arroz irrigado cultivada no sistema plantio direto, com o objetivo de determinar a capacidade de adsorção do glifosate nesta classe de solo, avaliando a sua capacidade para dessorção e, conseqüentemente, o risco potencial de contaminação do solo e da água em cultivo de arroz irrigado.

O estabelecimento do limite de detecção (LD) do glifosate foi de 10,0 ppb e do AMPA de 5,0 ppb, com atenuação zero. Abaixo destes valores de concentração, os analitos foram considerados como não detectados (ND). Todas as medições foram realizadas em um Cromatógrafo Líquido de Alta Performance (HPLC), Shimadzu série LC-10A, equipado com três módulos para bombeamento isocrático com fluxo constante Shimadzu LC-10AD, acoplado a um forno Shimadzu CTO-10A para aquecimento da coluna analítica, mantida à temperatura constante de 50°C, uma coluna de guarda contendo como enchimento C<sub>18</sub> Corasil 37-55 µm, um sistema de derivatização pós-coluna com duas serpentinas de reação Shimadzu CRB-6A mantidas constantes a 38°C e um detector de Fluorescência RF-10Axl com comprimento de onda de excitação e emissão em 350 e 440 nm, respectivamente.

Para a realização dos testes de sorção, foram utilizadas cinco soluções com diferentes concentrações de glifosate: 0,42; 0,84; 1,68; 3,36 e 6,72 mg L<sup>-1</sup>. A concentração de 0,84 mg L<sup>-1</sup>, na relação solo:solução empregada (2:10), correspondeu à dose máxima recomendada no campo. As soluções foram preparadas em CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup>, misturando o produto técnico (pureza = 96%) com o seu isótopo radioativo (<sup>14</sup>C-fosfonometil, pureza = 99 % e atividade específica = 5,155 MBq mg<sup>-1</sup>). No estudo de dessorção, a radiatividade sorvida ao solo foi determinada, por combustão, em oxidador biológico. Para o cálculo das constantes de sorção e dessorção, foi utilizado o modelo matemático linearizado de Freundlich.

A metodologia cromatográfica desenvolvida foi eficiente para a extração do glifosate e do AMPA em amostras de água. Foi detectada a presença de glifosate em amostras de água em três pontos distintos da Granja Orizícola: na lâmina de água da lavoura de arroz, 30 dias após a aplicação do herbicida (DAAH) (144,0 ppb); no canal mestre de entrada de água da Lagoa Mirim (14,4 ppb), 90 DAAH; na saída para o Arroio Bretanhas (13,0 ppb), 90 DAAH. A presença do metabólito AMPA, na lâmina de água da lavoura de arroz, foi detectada aos 30 (113,6 ppb) e 90 (12 ppb) DAAH. Foram detectados resíduos do metabólito AMPA em até 120 DAAH, nos canais de drenagem da Granja, variando de 5,9 a 11,0 ppb, de dezembro de 1999 à março de 2000, respectivamente. Resíduos do metabólito AMPA (13,1 ppb) foram detectados nas águas de lançamento para o Arroio Bretanhas, 60 dias após aplicação do herbicida. No açude localizado no interior da Granja, foram detectados resíduos do metabólito AMPA aos 120 DAAH. Não foram detectados resíduos do glifosate e do AMPA em água destinada à recreação, localizada em um canal da Granja. Em resumo, foram detectadas concentrações de glifosate acima do limite máximo permitido (7,0 ppb) pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (*Environmental Protection Agency* = EPA). Determinado nível de segurança poderá ser alcançado, dentro de 120 dias após a aplicação da formulação de glifosate, para as águas de lançamento da Granja para o Arroio Bretanhas.

Os resultados do estudo de adsorção do glifosate demonstraram que toda a concentração do herbicida aplicada a esse solo foi sorvida. Os valores de  $K_{f-sor}$ , (extremamente elevados), sugeriram elevada energia de ligação, enquanto que, o valor de  $N$ ,  $K_{f-sor}$  pode ser considerado como  $K_d$ , i.e., mostrou ser um bom parâmetro para expressar a sorção do glifosate. Os dados alimentaram eficientemente o modelo de Freundlich ( $R^2=0,99$ ), não observando-se dessorção (liberação das camadas iônicas ou moleculares presas à superfície para a solução do solo) do glifosate. Prata et al. (2001) também observaram a formação de resíduo ligado do glifosate em um solo cultivado sob sistema plantio direto, durante 23 anos. Como o glifosate é uma molécula hidrofílica, o  $CaCl_2$  utilizado para a dessorção pode ser aceito como um extrator para a molécula, no solo. Assim, a quantidade dessorvida de glifosate pode ser considerada como extraída. Como não foi observada dessorção, pode-se inferir que a concentração de glifosate, presente nesse solo (após um determinado tempo de equilíbrio químico), permaneceu como resíduo ligado.

Assim, a dissipação do glifosate no solo, em sistema plantio direto de arroz irrigado, pode ser reflexo, entre outros fatores, devido à formação de resíduo ligado, determinando, desta forma, o destino e/ou comportamento do herbicida no ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIO-RAD. **Glyphosate analysis**. California, n.1591, 1990, 4p. (BIO-RAD. Bulletin, 1591).
- COX, C. Glyphosate, part 2: human exposure and ecological effects. **Journal of Pesticide Reform**, v.15, n.4, p14-20, 1995.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. – Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- EMBRAPA. Embrapa Clima Temperado (Pelotas). **Arroz Irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas: Embrapa Clima Temperado/IRGA/EPAGRI, 1999. 124p. (Embrapa Clima Temperado. Documento, 57).
- GLASS, R.L. Adsorption of glyphosate by soils and clay minerals. **J. Agric. Food Chem.**, Easton, v.35, p.497-500, 1997.
- IRGA. **Informativo**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura e Abastecimento, v.8, n.4, 2000, 4p.
- MOGADATI, P.S.; LOUIS, J.B.; ROSEN, J.D. Determination of glyphosate and its metabolite, (aminomethyl)phosphonic acid, in river water. **Journal of AOC International**, vol79, n.1, p.157-162, 1996.
- MONSANTO. **Herbicida Roundup**. São Paulo, Monsanto, 1980, 10p.
- PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J.B.; TORNISIELO, V.L. Transformação do glifosato em LATOSSOLO VERMELHO sob plantio direto e convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina, **Resumos...** Londrina, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2001, p.324.
- RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S.de **Guia de herbicidas**. 3.ed., Londrina, 1995. 696p.

**Apoio Financeiro: FAPERGS, Monsanto**



## MINIMIZAÇÃO DO USO DE CARBOFURAN PARA CONTROLE DO GORGULHO AQUÁTICO NO ECOSSISTEMA DE ARROZ IRRIGADO

José Francisco da Silva Martins <sup>(1)</sup>, Maria Laura Turino Mattos <sup>(1)</sup>, Mirtes Melo <sup>(1)</sup>, Fernando Felisberto da Silva <sup>(2)</sup>, Uemerson Silva da Cunha <sup>(2)</sup>, Rafael Antunes Dias <sup>(3)</sup>. 1. Embrapa Clima Temperado, Caixa Postal 403, CEP 96001-970, Pelotas, RS, E-mail: martins@cpact.embrapa.br, 2. UFPel-FAEM, Caixa Postal 354, CEP 96010-900, Pelotas, RS. 3. UCPel-Museu de História Natural, Rua Felix da Cunha 412, Caixa Postal 402, CEP 96010-000, Pelotas, RS.

O gorgulho-aquático (*Oryzophagus oryzae*, Coleoptera: Curculionidae) é a praga chave da cultura do arroz irrigado no Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Na fase adulta causa dano econômico apenas no cultivo de arroz pré-germinado, ao alimentar-se de plântulas recém emergidas. Os principais prejuízos são causados pelas larvas (bicheira-da-raiz), que ao cortarem as raízes das plantas, após a inundação dos arrozais, minimizam a absorção de nutrientes (Carbonari, 2000) e reduzem em até 30% a produtividade da cultura.

O método mais usado para controle das larvas consiste ainda na aplicação direta do inseticida carbofuran granulado, em cobertura, na água de irrigação. Apesar da elevada eficiência do inseticida no controle de larvas há restrições ao seu uso, principalmente devido ao preço elevado e possível impacto ambiental negativo. O carbofuran, com toxicidade (DL<sub>50</sub>) oral e dermal de 8 e 120 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente, é o inseticida que apresenta os menores índices de segurança entre aqueles recomendados para o controle de pragas na cultura do arroz irrigado (Arroz Irrigado, 1999). Portanto, é potencialmente perigoso ao homem e animais se não for devidamente manejado nas áreas que requerem aplicação (Chaudhry & Ali, 1988), podendo, conseqüentemente, ser um risco ambiental.

A dosagem de ingrediente ativo de carbofuran granulado, registrada no Ministério da Agricultura e do Abastecimento, oscila de 750 a 1000 g ha<sup>-1</sup> (Arroz Irrigado, 1999). Contudo, há informações, de caráter empírico, de que dosagens menores ( $\pm$  400 g ha<sup>-1</sup>), aplicadas via área, em arrozais comerciais, reduzem eficientemente a população larval, evitando danos. Além disso, em trabalhos de pesquisa realizados em 1997 e 2000, também em arrozais comerciais, foi obtido 100% de controle de larvas com a aplicação aérea de 250 g ha<sup>-1</sup>, indicando que há potencial para reduzir em até 67% a dosagem mínima (750 g ha<sup>-1</sup>) atualmente registrada (Martins et al., 2000).

Como o carbofuran granulado ainda é chave para o controle curativo de *O. oryzae*, torna-se importante implementar formas mais racionais para seu uso. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi reavaliar o efeito da redução de dosagens de carbofuran granulado na eficiência de controle de adultos e larvas e criar base para a minimização dos riscos de impacto ambiental negativo e dos custos de produção. As atividades foram realizadas na Embrapa Clima Temperado, na Estação Experimental Terras Baixas, Capão de Leão, RS. Três tratamentos foram comparados Furadan 100 G, 2,5 e 4,0 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente 250 e 400 g i.a. ha<sup>-1</sup> de carbofuran e testemunha. As parcelas experimentais, de 11.250 m<sup>2</sup> (75 X 150 m), foram adubadas apenas na base (300 Kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 5-20-20), sendo semeada a cultivar BRS Chuí. Cada parcela conteve sistema independente de irrigação e drenagem, com apenas uma entrada e

uma saída da água de irrigação (oriunda de barragem, sem possibilidade de contaminação por produtos químicos antes de atingir a área do experimento). Para facilitar o manejo da água de irrigação cada parcela foi dividida, por taipas de base larga, em cinco talhões com 2.250 m<sup>2</sup> (30 X 75 m).

Os tratamentos químicos foram aplicados, em parcela única (sem repetição), 10 dias após a irrigação permanente por inundação (10 DAI), através de aeronave Ipanema, da Mirim Aviação Agrícola Ltda, equipada com difusor Venturi, com largura de faixa de vôo de 15 metros, altura de vôo de 10 metros, velocidade de vôo de 170 Km h<sup>-1</sup>, também equipada com sistema de balizamento orientado por sinais de satélite (GDPS). Cada tratamento foi aplicado em cinco passadas, com 150 m de comprimento, realizados no mesmo sentido do vôo. As condições do tempo foram de céu parcialmente nublado, vento quase nulo, temperatura do ar de 24 °C e UR= 90%. A aplicação ocorreu das 8:30 às 8:45 horas. A localização da primeira faixa de aplicação do inseticida, em cada parcela, foi estabelecida pelo método tradicional de "bandeiramento" e as demais (tendo a primeira como ponto de referência) através de GDPS. Entre as parcelas foi mantida uma área livre com 4.500 m<sup>2</sup> (30 X 150 m) para evitar que, através de deriva, um tratamento atingisse as parcelas dos demais. Além do carbofuran nenhum outro pesticida (herbicidas e inseticidas) foi aplicado nas parcelas. Conforme recomendação técnica, no rótulo da embalagem comercial do inseticida, não houve escoamento (fluxo) da água de irrigação, para fora das parcelas, durante dois dias após a aplicação.

As seguintes variáveis de avaliação foram registradas: (a) número de adultos de *O. oryzae*, coletados um dia antes, 6 horas, 1, 3, 5, 10, 20 e 30 dias depois da aplicação dos tratamentos (DDA), com rede de varredura (saco de tecido tipo filó, com malha de 2 mm<sup>2</sup>, com 35 cm de comprimento, fixo a um aro de ferro de 15 x 20 cm), adaptada de Merrit & Cummins (1984), movimentada submersa, em linha reta, ao longo de 15 m das valetas de cada lado do primeiro, terceiro e quinto talhão, portanto, totalizando 12 amostras por levantamento em cada parcela. O material de cada amostra foi colocado em baldes plástico, contendo 2,5 litros de água potável. Os baldes foram cobertos com um tecido de malha e levados a laboratório. De imediato, os espécimes foram separados do meio (plantas e sedimentos de solo) e examinados para contagem dos vivos e mortos. (b) número de larvas de *O. oryzae*, por amostra padrão de solo e raízes (Tugwell & Stephen, 1981), retiradas 10, 20 e 30 DDA, em dois pontos distantes 20 m ao longo da valeta do lado norte dos cinco talhões de cada parcela; em cada ponto de amostragem foram retiradas quatro amostras, portanto, totalizando 40 amostras por levantamento em cada parcela; (c) peso de grãos, pela colheita, em 10 áreas equidistantes de 20 m<sup>2</sup> (4 x 5 m), em cada parcela.

Em relação ao controle de *O. oryzae*, é importante ressaltar que o inseticida foi aplicado, antecipadamente, 11 DAI, enquanto o normal seria cerca de 20 DAI. A aplicação mais cedo poderia ter gerado uma situação de ineficiência da aplicação, devido após a postura do inseto ( $\pm$  5 DAI) não ter havido a eclosão de larvas. Por outro lado como a população de adultos na área do experimento era elevada, durante e após a aplicação, tornar-se-ia possível avaliar o efeito das dosagens tanto em adultos como em larvas. O resultado sobre eficiência no controle de adultos, porém, não foi consistente, tendo havido muita variação entre os dados experimentais, inclusive sendo o tamanho da população larval menor no tratamento testemunha (Tabela 1). Portanto, o efeito de dosagens reduzidas de carbofuran granulado, sobre os adultos de *O. oryzae*, deve ser reavaliado.

Tabela 1 - Número de adultos de *Oryzophagus oryzae* coletados, em áreas de arroz irrigado por inundação, antes e depois da aplicação aérea de duas dosagens do inseticida carbofuran granulado. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2001.

Tratamento	1 DAA <sup>1</sup>	6 HDA <sup>1</sup>	1 DDA <sup>1</sup>	3 DDA	5 DDA	10 DDA	15 DDA	30 DDA
250 g ha <sup>-1</sup>	64	87	16	105	31	31	02	05
400 g ha <sup>-1</sup>	38	80	62	15	02	01	01	00
Testemunha	29	39	09	40	16	01	01	02

1 DAA), 6 horas (HDA), 1, 3, 5, 10, 20 e 30 dias depois da aplicação (DDA).

Ambas as dosagens (250 e 400 g ha<sup>-1</sup>) foram eficientes no controle de larvas reduzindo em mais de 99% a população até 30 DDA (Tabela 2). Além disso, a elevada eficiência de controle obtida com a menor dosagem, de 250 g ha<sup>-1</sup>, confirma os resultados de Martins et al. (2000). A aplicação de ambas as dosagens evitou perda média de produção da ordem de 21,4% (Tabela 2), benefício que adicionado à redução do custo do tratamento (custo do inseticida mais da aplicação aérea), equivaleria a um ganho de aproximadamente 20 sacas de 50 kg ha<sup>-1</sup> de arroz em casca.

Tabela 2 - Efeito de dosagens do inseticida carbofuran granulado, no controle de larvas do gorgulho-aquático *Oryzophagus oryzae*, 10, 20 e 30 dias depois da aplicação (DAA) aérea em áreas de arroz irrigado por inundação. Embrapa Clima Temperado. Pelotas, RS. 2001.

Tratamentos	Número médio de larvas/amostra <sup>1,4</sup>				EC <sup>2</sup> (%)	Produção de grãos <sup>1,4</sup>	
	10 DDA	20 DDA	30 DAA	Geral		Kg/ha	DP (%) <sup>3</sup>
250 g ha <sup>-1</sup>	0 a	0,03 a	0,30 a	0,11 a	99,3	4.499 a	23,5
400 g ha <sup>-1</sup>	0 a	0 a	0,23 a	0,08 a	99,5	4.255 a	19,2
Testemunha	15 b	18 b	15 b	16 b	-	3.440 b	-

<sup>1</sup>Média geral do número de larvas/amostra, 10, 20 e 30 DAT.

<sup>2</sup>Eficiência (EC) de controle, com base na média geral do número de larvas/amostra.

<sup>3</sup>Diferença positiva de produção (DP) em relação ao tratamento testemunha.

<sup>4</sup>Médias com a mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P= 0,05).

Os resultados deste trabalho confirmam que é possível reduzir drasticamente (67%) a dosagem mínima de carbofuran granulado atualmente registrada (750 g ha<sup>-1</sup>) para controle de *O. oryzae* na cultura do arroz irrigado por inundação. A aplicação aérea de apenas 250 g ha<sup>-1</sup> é suficiente para manter a elevada eficiência do inseticida no controle da população larval, portanto, possibilitando a minimização de riscos de impacto ambiental negativo e redução de custos de produção.

## BIBLIOGRAFIA

- ARROZ IRRIGADO: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas: Embrapa Clima Temperado/IRGA/EPAGRI, 1999. 124p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 57).
- CARBONARI, J.J. Associação entre fatores químicos de cultivares de arroz e *Oryzophagus oryzae* (Costa Lima) (Coleoptera: Curculionidae). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2000. 90p. Tese (Doutorado).
- CHAUDHRY, G.R. & ALI, A.N. Bacterial metabolism of carbofuran. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 54, n. 6, p. 1414-1419, 1988.
- MARTINS, J.F. da S., MATTOS, M.L.T. & CUNHA, U.S. da. Reduction of carbofuran insecticide dosage for *Oryzophagus oryzae* larval controlling and environmental impact evaluation in the flooded rice ecosystem, p. 693. In Abstracts International Congress of Entomology, 21. Foz do Iguaçu, Brazil, 2000. 1287p. (Book II).
- MERRIT, R.W. & CUMMINS, K.W. An introduction to the aquatic insects of North America. 2ª ed. Dubuque, Kendall/ Hunt. 706p. 1984.
- OLIVEIRA, J.V. de. Controle químico da bicheira-da-raiz (*Oryzophagus oryzae*, Costa Lima, 1936) em arroz irrigado, *Lavoura Arrozeira*, v. 47, n. 413, p.3-4, 1994.
- TUGWELL, W.P. & STEPHEN, F.M. Rice water weevil seasonal abundance, economic levels and sequential sampling plant. Fayeltville Agric. Exp. Station (Tech. Bull., nº 849). 1981.

Apoio Financeiro: FAPERGS e FMC do Brasil Indústria & Comércio



## TESTE DE TOXICIDADE AGUDA DE AGROTÓXICOS UTILIZADOS NA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO SOBRE JUVENIS DE CARPA

Charrid Resgalla Jr.<sup>1</sup>; José Alberto Noldin<sup>2</sup>; André Lima dos Santos<sup>1</sup>; Gosuke Sato<sup>3</sup>; Domingos Sávio Eberhardt<sup>2</sup>. <sup>1</sup>Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI/CTTmar, C.P. 360, CEP 88302-202 Itajaí, SC. resgalla@cttmar.univali.br; <sup>2</sup>Epagri/Estação Experimental de Itajaí, C.P. 277, 88301-970, Itajaí, SC. noldin@epagri.rct-sc.br; <sup>3</sup>Epagri/Campo Experimental de Piscicultura, C.P. 20, CEP 83340-000, Camboriú, SC.

Os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina são os maiores produtores de arroz irrigado no Brasil, com aproximadamente 1,08 milhões de hectares na safra 2000/01. Os sistemas de cultivo predominantes são a semeadura em solo drenado, seguido da inundação 20-30 dias após, e o sistema pré-germinado, no qual a inundação da área inicia-se já na fase de preparo do solo. O arroz irrigado caracteriza-se também pelo uso intenso de diversos agroquímicos, incluindo principalmente, herbicidas, inseticidas e adubos químicos, além do uso esporádico de fungicidas. Na maioria das lavouras, as aplicações dos agroquímicos são seguidas pela inundação ou em muitos casos, os produtos, especialmente alguns herbicidas e inseticidas, são aplicados diretamente na lâmina de água. Dependendo do tipo de manejo de água adotado pelos produtores e das condições de precipitação pluviométrica após as aplicações, existe o risco de resíduos destes produtos serem carreados para fora da lavoura afetando os organismos aquáticos a jusante na bacia. Existem ainda, em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul, produtores que adotam a prática da rizipiscicultura. Durante as etapas iniciais de desenvolvimento do arroz neste sistema, pode haver necessidade do uso de herbicidas para o controle de algumas espécies de plantas daninhas, especialmente aquáticas, ou até mesmo de inseticidas. Por outro lado, existe um grande número de agrotóxicos registrados e indicados para uso na cultura do arroz irrigado no sul do Brasil (Epagri, 1998; Embrapa Clima Temperado, 1999), mas existe carência de informações sobre a toxicidade destes produtos para os organismos não alvo. Nos casos em que algumas informações estão disponíveis, os testes foram realizados com organismos protocolados, comumente não encontrados no ambiente de cultivo do arroz irrigado (Fleck, 2000).

O uso dos testes de toxicidade permite avaliar o potencial deletério que alguns químicos podem exercer sobre a biota aquática, sob condições controladas de laboratório (Rand e Petrocelli, 1985).

Assim, é de fundamental importância a avaliação da toxicidade dos agrotóxicos sobre organismos não alvo, utilizando para tanto espécies bioindicadoras como peixes que ocupam o topo da cadeia alimentar. Estes testes permitem a identificação daqueles produtos químicos com menor toxicidade e riscos de impacto ambiental, além de identificar aqueles que poderiam ser utilizados nas lavouras de arroz consorciado com peixes.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a toxicidade aguda de alguns agrotóxicos utilizados na cultura de arroz irrigado sobre juvenis de carpa (*Cyprinus carpio*), buscando com isso, estabelecer limites de concentrações de risco dos produtos avaliados. Este trabalho é parte de um projeto desenvolvido em parceria entre a Epagri/Embrapa/Fundagro/Univali para avaliação do impacto ambiental da cultura do arroz irrigado.

A metodologia dos testes de toxicidade aguda seguiu as normas estabelecidas pela Cetesb (1987), tendo sido utilizados juvenis de carpa com comprimento variando entre 2 e 8 cm, provenientes da Estação de Piscicultura da Epagri, Camboriú, SC. A escolha da carpa para a realização deste estudo fundamentou-se na fácil disponibilidade, boa adaptação às condições laboratoriais e o baixo custo deste organismo e por ser uma espécie normalmente utilizada nos consórcios com a rizicultura.

Os produtos utilizados nos testes foram os herbicidas Ally 600 GD (metsulfuron), Facet 500 PM (quinclorac), Gamit 500 CE (clomazone), Goal BR (oxyfluorfen), Ronstar 250 BR (oxadiazon) e Sirius 250 SC (pyrazosulfuron) e o inseticida Furadan 50 G (carbofuran). Cada produto foi testado em seis concentrações, estabelecidas em testes preliminares para cada produto. Os frascos testes com capacidade

de 3 litros continham 10 juvenis de carpa, mantidos em incubadoras com iluminação artificial e fotoperíodo de 12 horas, à  $25^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . A duração do teste foi de 96 horas. Diariamente, a água era renovada para manter constante as concentrações de oxigênio dos produtos em teste. O sistema de teste foi do tipo semi-estático em inanição. A água utilizada foi obtida em fonte natural de uma nascente do bairro de Cabeçadas, município de Itajaí, SC ou da própria Estação de piscicultura.

Os dados foram analisados segundo as recomendações do EPA (1991) e os valores de  $CL_{50}$ , concentração capaz de matar 50% dos indivíduos até 96 horas após o início do teste, foram comparados com as concentrações prováveis observadas no ambiente, calculado pela dose recomendada pelo fabricante (Epagri, 1998; Rodrigues e Almeida, 1998; Embrapa Clima Temperado, 1999) e considerando uma lâmina de água na lavoura de 10 cm.

Os resultados observados nos testes indicam grande variação entre os agrotóxicos testados quanto a sua toxicidade, expressa pelos valores de  $CL_{50}$ , bem como pelo índice de segurança, estimado pela divisão da  $CL_{50}$  pela concentração provável utilizada na lavoura. Assim quanto maior o valor deste índice, menor seria o risco destes produtos causarem efeito letal sobre os organismos. O índice de risco estimado para carpa foi 0,82; 2,76; 5,93; 8,87; 13,94; 4000 e 7878, respectivamente para os produtos Furadan, Ronstar, Goal, Facet, Gamit, Sirius e Ally (Tabela 1).

As concentrações dos agentes químicos que causam efeito de mortalidade ou letalidade ( $CL_{50}$ ) são muito superiores as concentrações estabelecidas para efeitos metabólicos ou sub-letais, mostrando, com isto, resultados superiores aos encontrados no ambiente. Este fato limita a utilização dos valores de  $CL_{50}$ , tornando-os práticos somente para situações críticas. De qualquer forma, pode-se dizer que os produtos Ally e Sirius apresentam índices de segurança altos, muito acima das concentrações recomendadas para o seu uso na lavoura. Entretanto, para os produtos Ronstar, Furadan e Goal a diferença entre o  $CL_{50}$  e a concentração recomendada pelo fabricante estão bastante próximas, indicando, para estes produtos, um maior potencial de risco de seu uso. Estes resultados alertam para os cuidados que deve envolver a utilização dos mesmos na lavoura de arroz.

A ação toxicológica de compostos orgânicos como os agrotóxicos, apresentam efeitos mais ou menos específicos nos distúrbios neurológicos e inibição enzimáticas (Hoffman et al., 1995), sendo, entretanto, diferenciada para o homem, animais, plantas e insetos. O critério de periculosidade (classes toxicológica) de um agroquímico integra os seus efeitos tóxicos bem como características de persistência ou degradação. Os resultados sugerem que os herbicidas Sirius e Ally oferecem pouco risco de contaminação por apresentarem baixa toxicidade para juvenis de carpa (Tabela 1). Por outro lado, Ronstar, Furadan e Goal apresentam riscos em seu uso devido a alta toxicidade.

Existe, entretanto, ainda a necessidade de se avaliar o grau de toxicidade aguda destes e de outros compostos para outros organismos aquáticos, além da carpa, para um diagnóstico mais realístico dos riscos do impacto ambiental causado pelos agroquímicos na cultura do arroz irrigado.

## BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- CETESB. **Água. teste de toxicidade aguda com peixes** (Parte II - sistema semi-estático). São Paulo: Cetesb, 1987. 13p.
- EMBRAPA CLIMA TEMPERADO. **Arroz Irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado/IRGA/EPAGRI, 1999. 124p
- EPA. **Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms**. 4. ed. Washington: EPA, 1991. 293p.
- EPAGRI. **Sistema de produção de arroz irrigado em Santa Catarina: (Pré-Germinado)**. Florianópolis, 1998. 79p. (EPAGRI. Sistemas de Produção, 32).
- FLECK, N.G. **Controle de plantas daninhas na cultura do arroz irrigado através da aplicação de herbicidas com ação seletiva**. Porto Alegre: ed. do autor, 2000. 32p.
- FRELLO, C.P. **Avaliação da toxicidade aguda do agrotóxico carbuforan utilizando reativos biológicos: *Poecila reticulata* e *Daphnia magna***. 1998. 96f. Tese (Mestrado)-UFSC, Florianópolis.
- HOFFMAN, D.J.; RATTNER, B.A.; BURTON JR., G.A.; CAIRNS JR., J. **Handbook of ecotoxicology**. Boca Raton: Lewis Publ., 1995. 755p.
- RAND, G.M.; PETROCELLI, S.R. **Fundamentals of Aquatic Toxicology**. New York: Taylor & Francis Publ., 1985. 666p.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 4. ed., Londrina: ed. dos Autores, 1998, 648p.

Os autores agradecem a Embrapa/Prodetab e a Fundagro (Conv. Fundagro/Prodetab 77-1/98) pelo apoio financeiro e administrativo, respectivamente, para a execução deste trabalho.

Tabela 1 - Valores de CL<sub>50</sub>, 96 horas, concentrações testadas e recomendadas pelo fabricante, índice de segurança, meia vida no solo e classes toxicológicas de agroquímicos utilizados em arroz irrigado. Univali/Epagri/Fundagro/Prodetab, Itajaí, 2001.

Parâmetros	Sirius	Ronstar	Furadan	Goal	Facet PM	Gamit CE	Ally
Concentrações testadas	0 a 0,48 (mL/L)	1,25 a 40 (mL/L)	0,75 a 30 (mg/L)	0,5 a 16 (mL/L)	1 a 32 (mg/L)	1,4 a 44,5 (mL/L)	1 a 64 (mL/L)
CL <sub>50</sub> , 96 horas	0,32 mL/L	6,91 µL/L	12,25 mg/L	5,93 µL/L	6,65 mg/L	19,52 µL/L	26 mg/L
Concentração recomendada <sup>1</sup>	0,08 µL/L	2,5 µL/L	15 mg/L	1,0 µL/L	0,75 mg/L	1,4 µL/L	3,3 µg/L
Índice de segurança <sup>2</sup>	4000	2,76	0,82	5,93	8,87	13,94	7878
Meia vida no solo <sup>3,4</sup>	7 a 15 dias	14 a 42 dias	2 a 110 dias <sup>4</sup>	30 a 40 dias	?	15 a 40 dias	30 a 120 dias
Classe toxicológica <sup>1</sup>	IV	II	I	II	III	II	III

<sup>1</sup>Embrapa, 1999; Epagri, 1998; <sup>2</sup>Índice de segurança = CL<sub>50</sub> /concentração recomendada; <sup>3</sup>Rodrigues e Almeida (1998); <sup>4</sup>Frello (1998).

## **DISPERSÃO DE PESTICIDAS E NUTRIENTES NAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO VACACAÍ E VACACAÍ – MIRIM DURANTE O PERÍODO DE CULTIVO DO ARROZ**

Enio Marchezan<sup>1</sup>; Renato Zanella<sup>2</sup> Luis Antônio de Ávila<sup>1</sup>; Adroaldo Dias Robaina<sup>1</sup>; Vera Regina Mussoi Macedo<sup>3</sup>; Valmir Gaedke Menezes<sup>3</sup>; Humberto Bohnen<sup>3</sup>; Élio Marcolin<sup>3</sup>; Edinei Gilberto Pimentel<sup>4</sup>; Victor Marzari<sup>5</sup> 1. Professores da Faculdade de Agronomia da UFSM e-mail: emarch@ccr.ufsm.br 2. Professor do Departamento de Química da UFSM 3. Pesquisadores da EEA/IRGA 4. Aluno do Programa de Pós-graduação em Química, UFSM 5. Aluno do Curso de Agronomia, UFSM.

No Rio Grande do Sul, a cultura do arroz irrigado se destaca, com área superior a 900.000 ha cultivados anualmente. Esta lavoura caracteriza-se pela necessidade da utilização de água para irrigação ( $\pm 15.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ ), pesticidas e fertilizantes para obtenção de rendimentos economicamente compensadores.

A lavoura de arroz, além de utilizar as águas dos mananciais, também pode encaminhar ao ambiente substâncias que eventualmente podem ser prejudiciais ao equilíbrio ecológico. As mais prováveis contaminações desta lavoura são os resíduos de herbicidas e fertilizantes.

Devido a grande área que as lavouras de arroz ocupam na bacia hidrográfica do Rio Guaíba e principalmente do Rio Vacacaí e Vacacaí – Mirim, existe a possibilidade da poluição dos mananciais hídricos, fazendo-se necessário, estudos para quantificação de resíduos de herbicidas e fertilizantes para que se possa indicar alternativas de manejo destas lavouras que minimizem eventuais excessos.

Em vista disto foi realizado um estudo de dispersão de agroquímicos (herbicidas da lavoura de arroz, fósforo e potássio) e sólidos em suspensão na bacia hidrográfica do Rio Vacacaí e Vacacaí –Mirim. A bacia do Rio Vacacaí esta localizada na Depressão Central do Rio Grande do Sul, distando seu limite Leste, localizado no município de Cachoeira do Sul, aproximadamente 180 km de Porto Alegre, pela BR 290. É limitada ao Norte pelos municípios de Santa Maria e Restinga Seca; Oeste, por São Gabriel e ao Sul, por Caçapava do Sul (STE, 2000).

Na bacia hidrográfica foram amostrados 15 locais demarcados previamente pela STE (STE, 2000). Nestes locais foram coletadas amostras de água nos dias 15/12/00 e 21/01/01, num levantamento exploratório, objetivando caracterizar a adequação dos pontos já demarcados ao propósito do presente trabalho. Foi realizado ainda um levantamento detalhado na bacia hidrográfica do Rio Vacacaí – Mirim, compreendendo um trecho de 40 km do distrito de Arroio Grande (Santa Maria) até o município de Restinga Seca. Nesta área, foram demarcadas 8 pontos para coleta de água a cada quatro dias no período de 28/11/00 a 27/01/01. Nesta sub-bacia foram escolhidas 10 lavouras de arroz irrigado, para coleta de amostras de água na drenagem inicial e na drenagem final da lavoura.

A coleta de água nos mananciais hídricos foi realizada em três pontos próximos ao centro da massa de água, com o auxílio de uma garrafa do tipo PET de 2 litros, que continha orifícios do ápice até o centro da embalagem. A coleta foi feita com o auxílio de uma corda, que na extremidade estava ligada a garrafa coletora, com um peso de modo que se dirigisse ao fundo do rio, na vertical. A velocidade de descida e subida da garrafa coletora na lâmina de água era a adequada para que a mesma coletasse um litro de água no trajeto de descida e até atingir a superfície da água novamente. Este procedimento visava integrar a coleta de água em todas as profundidades da lâmina. Foram coletados 2 litros de água; um destinado a análise de herbicidas e outro para determinação de nutrientes. Os recipientes eram de vidros de cor âmbar e lavados com solução de HCl. Após a coleta, as amostras de água foram congeladas até o momento de realizar as análises.

Foram determinadas: pH, condutividade elétrica, nitrato + amônia, fósforo e potássio solúveis. Para o P a água foi filtrada com filtro milipore 0,20 mm.

Foram avaliados os teores dos herbicidas propanil, clomazone, quinclorac e metsulfuron-metil, que são os mais utilizados na região. Para a determinação da

concentração de herbicidas na água, foram retiradas 500 ml de cada amostra coletada, que após acidificada adequadamente, foi passada por um cartucho do tipo extração em fase sólida (SPE) contendo 500 mg de resina C- 18, para pré-concentração dos mesmos. Seguindo-se a eluição com 2 x 0,5 ml de metanol e, após a secagem com nitrogênio gasoso aferiu-se o volume com a fase móvel e procedeu-se, então, a determinação por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com detecção no UV (HPCL-UV) empregando metanol e água como fase móvel e coluna C-18 segundo descrito por ZANELLA et al. [200-]; FONT et al. (1993) e SCHLETT (1991).

De um total de 104 amostras de água analisadas, foram detectados resíduos dos herbicidas em 40 amostras, das quais 13 apresentaram resíduos de dois herbicidas. Todos os resíduos encontrados estavam em concentrações abaixo de  $3 \mu\text{g L}^{-1}$ , limite adotado por algumas agências ambientais para águas de superfície. O herbicida clomazone foi detectado em 26,9% das amostras analisadas, o quinclorac em 13,5%, o metsulfuron-metil em 8,6% e o propanil em 1,9%.

Observou-se maior ocorrência de resíduos de herbicidas nos pontos de coleta localizados mais próximos das lavouras e nos períodos que ocorre liberação das águas de irrigação das mesmas.

Todos os teores de nitrogênio (nitrato + amônia) nas amostras analisadas estão abaixo dos limites estabelecidos pelo CONAMA (CETESB, 1998) para águas de classe 1. Para fósforo, a maior parte das amostras também tem teores abaixo do recomendado. Isto indica, que o impacto ambiental da utilização dos fertilizantes na lavoura ainda é pequena na bacia estudada. Sugere-se, no entanto, a continuação do monitoramento, tendo em vista que o período estudado caracterizou-se por um grande volume de chuvas.

CETESB, Guia e coleta e preservação de amostras de água. Agudo, E. G. coord. CETESB, São Paulo, 150p.,1998.

FONT. G. et al. Solid-phase extraction in multi-residue pesticides analysis of water. **J. Chromatog.**, v. 642, p. 135-161, 1993.

SCHILETT, C. Multi-residue-analysis of pesticides by HPLC after soil phase extraction. **Fres. J. Anal. Chem.**, v. 339, p. 344-347, 1991.

ZANELLA, R. et al. Determination of clomazone residues in water by high performance liquid chromatography. Validation of the method. **J. Chromatog.** [200-] No prelo.

## DESENVOLVIMENTO INICIAL DE ALEVINOS DE JUNDIÁ [*Rhamdia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824)] EM ÁGUA DE LAVOURA DE ARROZ IRRIGADO TRATADA COM HERBICIDAS

Sérgio Luiz de Oliveira Machado<sup>(1)</sup>, Bernardo Baldisserotto<sup>(2)</sup>, Enio Marchezan<sup>(3)</sup>, Vânia Pimentel Vieira<sup>(4)</sup>, Denise dos Santos Miron<sup>(5)</sup>, Lenise Vargas Flôres da Silva<sup>(6)</sup>, Jaqueline Ineu Golombieski<sup>(6)</sup>. 1.Eng. Agr., Doutorando pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) do Programa de Pós-graduação em Agronomia, Professor Titular da UFSM, Departamento de Defesa Fitossanitária, E-mail: smachado@ccr.ufsm.br; 2.Oceanólogo, Dr. Prof. Adjunto da UFSM, Departamento de Fisiologia, 3.Eng. Agr., Dr. Professor Titular da UFSM, Departamento de Fitotecnia, 4.Bióloga, Doutoranda pela UFSCar, Prof<sup>a</sup> do Departamento de Química, 5.Bióloga, 6.Bióloga, MSc. em Zootecnia.

Na lavoura arrozeira, é inegável a importância dos herbicidas no controle de plantas daninhas para garantir maior produtividade, porém os impactos do uso desses produtos são pouco conhecidos, particularmente nos países em desenvolvimento, onde a infra-estrutura e os recursos para monitoramento de águas são escassos. Estudos desenvolvidos em várias regiões do mundo têm mostrado que a quantidade de agroquímicos utilizados na agricultura e que atingem os ambientes aquáticos é geralmente baixa; em parte devido a baixa solubilidade dos produtos em água e também devido ao efeito da diluição (HIGASHI, 1991). Entretanto, agroquímicos persistentes e com grande mobilidade no ambiente têm sido detectados em águas subterrâneas e de superfície (NOHARA & IWAKUMA, 1996; HUBNER *et al.*, 2000). Isto, no entanto, não exclui a possibilidade de que concentrações altas venham ocorrer após pesadas chuvas, especialmente em lavouras que tenham sido recentemente tratadas e próximas a pequenos córregos ou mananciais de água; ou então, quando da drenagem inicial de águas de lavouras de arroz cultivado no sistema pré-germinado. Devido a sua ampla distribuição e natureza tóxica, esses produtos podem causar sério impacto no ecossistema aquático e exercer efeitos adversos em organismos associados (BOWMER, 1987).

No Brasil, a aquicultura apresenta grande potencial devido aos seus recursos hídricos abundantes, ictiofauna privilegiada e pouco explorada, e o clima favorável para a maioria das espécies (SIROL, 1995). Dentre os peixes fluviais, o jundiá é de grande representatividade e interesse econômico para o RS, sendo uma espécie nativa aparentemente bem adaptada a diferentes ambientes, onde é amplamente utilizada em viveiros de piscicultura e de boa aceitação no mercado consumidor (GOMES *et al.*, 2000).

Os trabalhos de toxicidade de herbicidas em peixes no Brasil são incipientes, destacando-se o estudo de JONSSON & MAIA (1998) com clomazone na espécie *Hyphessobrycon scholzei*. As poucas pesquisas que forneçam subsídios para a exploração comercial do jundiá e a escassez de informações do comportamento desta espécie associado à rizicultura, motivaram a realização deste estudo que tem por objetivo determinar o risco potencial de contaminação de alevinos de jundiá por herbicidas contidos em águas de drenagem inicial de lavouras de arroz implantadas no sistema pré-germinado, e ainda, quantificar o efeito desses produtos no crescimento e sobrevivência desta espécie.

O experimento foi realizado no Laboratório de Fisiologia de Peixes localizado no Departamento de Fisiologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria-RS, no período de novembro de 2000 a janeiro de 2001. Os alevinos foram adquiridos de produtor da região, e posteriormente transportados para o laboratório, onde permaneceram por sete dias para a aclimatação em tanques de 250 litros, com água corrente, temperatura variando de 23 a 25°C, pH 6,8 e alimentação a base de ração comercial para peixes (38% de proteína bruta, 8% de fibras e 7% de material mineral).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições. As unidades experimentais foram constituídas por caixas de amianto (250 L), com circulação fechada, biofiltro e aeração constante; interiormente pintadas com tinta impermeabilizante de cor preta e revestidas por plástico incolor com espessura de 150µ. Cada caixa, foi preparada anteriormente (1-2h) com água da drenagem inicial de parcelas com arroz cultivado no sistema pré-germinado em que foram aplicados os seguintes tratamentos: T<sub>1</sub> –

controle (testemunha), T<sub>2</sub> - metsulfuron-methyl (2,0 g ha<sup>-1</sup>), T<sub>3</sub> - quinclorac (350 g ha<sup>-1</sup>) e T<sub>4</sub> - clomazone (500 g ha<sup>-1</sup>). Após o período de adaptação, os alevinos foram inicialmente pesados e medidos (10 indivíduos) e transferidos com auxílio de um coador em grupos de 100 alevinos para cada tanque.

Para a aspersão dos herbicidas foi utilizado pulverizador costal de precisão, propelido com CO<sub>2</sub>, contendo na barra quatro bicos Teejet XR110.02 de jato em forma de leque espaçados de 0,50m um do outro, operando a 275 KPa de pressão e consumo de água correspondente a 150 L ha<sup>-1</sup>. A coleta e transporte da água foi realizada aos 21 dias após a aplicação dos herbicidas. A limpeza das caixas foi realizada a cada três dias através de sifonagem e com reposição do volume retirado para cada herbicida (10%). Quinzenalmente, até 45 dias, foram realizadas medidas de peso e comprimento dos alevinos. O peso foi determinado com o uso de uma balança analítica (precisão de 0,001g) e o comprimento através de papel milimetrado. Foram acompanhadas alterações quanto à alimentação (se alimentavam ou não), movimentação (tipo de movimento). A movimentação por todo o tanque (fundo, meio e superfície) foi classificada em: **agitado** - que apresentavam movimentos de natação rápido; **normal** - nadavam normalmente, sem alterações bruscas; **calmos** - nadavam lentamente e, **parados** - sem movimentos relacionados a natação. Também foram anotados o número de alevinos mortos. O critério de morte utilizado foi a ausência de qualquer tipo de movimento e/ou resposta a estímulos mecânicos. Diariamente, durante o desenvolvimento do experimento, foram realizadas análises da qualidade da água: pH (pHmetro Hanna "HI 8424"), amônia e nitrito, temperatura e oxigênio dissolvido (oxímetro YSI - modelo Y5512), dureza e alcalinidade. Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância ao nível de 5% de probabilidade de erro.

Os resultados mostram que os alevinos de jundiá não demonstraram sinais aparentes de intoxicação que refletisse negativamente no ganho de peso, comprimento e crescimento específico (Tabelas 1, 2 e 3). Os alevinos também não apresentaram letargia, nado errático ou perda de equilíbrio no transcorrer dos 45 dias do experimento; e a sobrevivência da espécie foi de praticamente 100%. Assim, para metsulfuron (2 g ha<sup>-1</sup>), quinclorac (350 g ha<sup>-1</sup>) e clomazone (500 g ha<sup>-1</sup>), a relação dose-efeito sugere a curto prazo a ausência aparente de efeitos nocivos para alevinos de jundiá. No entanto, ainda não foram concluídos estudos para detectar a possível presença destes produtos nos tecidos dos alevinos.

Tabela 1 - Ganho de peso de alevinos de jundiá mantidos em águas contendo herbicidas aplicados na cultura do arroz implantada no sistema pré-germinado. Santa Maria, RS. 2001.

Tratamento	Peso (g) <sup>1</sup>				
	S	Inicial	15 dias	30 dias	45 dias
Controle		3,15	4,77 ± 0,73	7,09 ± 1,05	12,38 ± 1,52
Metsulfuron (2 g ha <sup>-1</sup> )		3,15	4,96 ± 0,49	7,75 ± 1,18	10,55 ± 0,37
Quinclorac (350 g ha <sup>-1</sup> )		3,15	5,57 ± 0,99	6,96 ± 1,11	9,89 ± 1,02
Clomazone (500 g ha <sup>-1</sup> )		3,15	4,23 ± 0,17	7,19 ± 0,76	12,80 ± 3,22

<sup>1</sup> F-teste não significativo a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2 - Comprimento de alevinos de jundiá mantidos em águas contendo herbicidas aplicados na cultura do arroz implantada no sistema pré-germinado. Santa Maria, RS. 2001.

Tratamentos	Comprimento (cm) <sup>1</sup>			
	Inicial	15 dias	30 dias	45 dias
Controle	7,06	7,70 ± 0,46	9,02 ± 0,28	10,75 ± 0,31
Metsulfuron (2 g ha <sup>-1</sup> )	7,06	7,92 ± 0,26	9,70 ± 0,59	10,47 ± 0,10
Quinclorac (350 g ha <sup>-1</sup> )	7,06	7,59 ± 0,21	9,02 ± 0,46	10,00 ± 0,29
Clomazone (500 g ha <sup>-1</sup> )	7,06	7,50 ± 0,06	9,07 ± 0,24	10,69 ± 0,76

<sup>1</sup> F-teste não significativo a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3 - Crescimento específico (G) e sobrevivência de alevinos de jundiá mantidos em águas contendo herbicidas aplicados na cultura do arroz implantada no sistema pré-germinado. Santa Maria, RS. 2001.

Tratamentos	G (% dia <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>			Sobrevivência (%) <sup>1</sup>
	15 dias	30 dias	45 dias	
Controle	2,68 ± 1,03	1,32 ± 1,01	3,80 ± 1,95	100
Metsulfuron (2 g ha <sup>-1</sup> )	2,96 ± 0,64	1,44 ± 0,59	0,73 ± 0,29	100
Quinclorac (350 g ha <sup>-1</sup> )	3,59 ± 1,14	1,49 ± 0,52	0,82 ± 0,41	99,6
Clomazone (500 g ha <sup>-1</sup> )	1,71 ± 0,17	1,73 ± 0,46	1,17 ± 0,30	100

<sup>1</sup> F-teste não significativo a 5% de probabilidade de erro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOWMER, K.H. Herbicides in surface waters. In: HUTSON, D. H., ROBERTS, T.R. **Herbicides**. New York: John Wiley, 1987, Cap.9, p.271-355.
- GOMES, L.C., GOLOMBIESKI, J. I., CHIPPARI-GOMES, A.R., BALDISSEROTTO, B. Biologia do jundiá *Rhamdia quelen* (TELEOSTEI, PIMELODIDAE). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, p.179-185, 2000.
- HIGASHI, K. Encontro Nacional de Analistas de Resíduos de Pesticidas, 15., São Paulo-SP, 1991. **Relatório...**, São Paulo: CETESB, 1991, 68p.
- HUBER, A., BACH, M., FREDE, H.G. Pollution of surface waters with pesticides in Germany: modeling non-point source inputs. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.20, p.191-204, 2000.
- JONSSON, C.M., MAIA, A. de H. N. Toxicidade aguda do herbicida clomazone no peixe *Hyphessobrycon scholzei*: avaliação da concentração letal mediana e de alterações no conteúdo de nutrientes. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.8, p.101-110, 1998.
- NOHARA, S., IWAKUMA, T. Pesticide residues in water and an aquatic plant (*Nelumbo nucifera*) in a river mouth lake Kasumiguara, Japan. **Chemosphere**, v.33, n.7, p.1409-1416, 1996.
- SIROL, R.N. **Efeito da inanição sobre o desenvolvimento inicial da larva de *Hoplias cf. lacerdae*, Ribeiro 1908 (Characiformes: Erythrinidae)**. Viçosa. 61p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa. 1995.