

RIZICULTURA E POLUIÇÃO POR METAIS PESADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO D'UNA, SC.

*SANDRA MARIA DE ARRUDA FURTADO**

*LUIZ FERNANDO SCHEIBE***

*LILIAN JUSSARA LOPES****

Resumo

O cultivo de arroz irrigado ocupa grandes áreas na zona costeira do Estado de Santa Catarina e constitui uma importante atividade econômica, mas gera também muitos problemas no tocante ao uso do solo e dos recursos hídricos. Este é o caso da Bacia Hidrográfica do Rio D'Una, palco de conflitos entre os rizicultores e a população de Imbituba, cujo abastecimento provém do mesmo rio, e com os pescadores do complexo lagunar, onde o Rio D'Una desemboca. Com o objetivo de determinar o comprometimento das águas superficiais pela rizicultura, foram analisados metais em amostras coletadas em dois períodos: o de entre safra e com baixa precipitação pluviométrica, e o de esgotamento da água dos quadros, que antecede à colheita do arroz. Os resultados mostram altos valores para metais, especialmente Zn, Pb, Ni, Co, Cu e Cd, nas águas com influência da cultura de arroz, inclusive onde ocorre a captação para abastecimento da cidade de Imbituba.

Palavras Chave: Rizicultura, Contaminação da Água.

* Professora, Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFSC

** Professor, Departamento de Geociências da UFSC. E-mail: scheibe@cfn.ufsc.br

*** Mestre em Geografia (1998), pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFSC

Abstract

Rice Culture and Heavy Metal Contamination in the D'Una River Hydrographic Basin, Santa Catarina State, Brazil.

Irrigated rice is grown in large areas from the coastal part of the Santa Catarina State, and constitutes a major economic activity; but it gives also rise to many conflicts because of soil and hydric resources use. This is the case for the D'Una River Hydrographic Basin, whose waters are defined as "class 1" by state regulations: the population from Imbituba, whose water supply comes from this river, and fishers from the lagoon complex which receives it's waters, are in permanent conflict with the rice growers. In the rice culture many agrochemicals are used, especially to prevent herbs infestation. To evaluate the heavy metal contamination related to the rice culture in the Rio D'Una basin, samples were collected in two distinct periods: during May, 1997, and during February-March, 1998. The samples were analysed at the Chemistry Department, Federal University of Santa Catarina (UFSC), by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS); analysed parameters were Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Hg, Tl and Pb. Considering all results, data for Pb, Cd, Hg and Ni are especially worrying, since the toxicity of these elements is well known. The presence of metal concentrations in levels highly above accepted limits put in evidence the interference of the rice culture in the area of study. Complementary studies shall be undertaken in the area, to evaluate the water quality related to the drainage of the rice squares, just before the rice sowing. On the other hand, considering the graveness of the problem represented by the contamination of the water collected for the public supply of the population of Imbituba, a thorough monitoring program should be undertaken, observing the periods relative to the several rice cultivation procedures. Besides that, a monitoring program in the Mirim Lagoon can lead to more objective answers about the possible relation between fisher's denunciations and water contamination in this environment.

Key Words: Rice, Water Contamination.

INTRODUÇÃO

O cultivo do arroz irrigado no Estado de Santa Catarina é realizado há muitos anos. Porém, a partir da implantação, no início da década de 80, do Projeto Provárzea, programa de saneamento ambiental e extensão rural, com apoio da GTZ, agência de cooperação técnica da então Alemanha Ocidental, a introdução de novas variedades

des de arroz, adaptadas às condições de várzea, e de novas tabelas de recomendação no uso de produtos químicos como agrotóxicos e fertilizantes, levaram a um aumento não só de produtividade mas também de áreas cultivadas; os dados oficiais registram , para o período 1980-1992, um aumento de 80 mil para 112 mil ha plantados, enquanto a produtividade cresceu de 3 mil para 5,6 mil kg/ha cultivado (SANTA CATARINA 1992, 1994).

Grandes áreas do estado estão atualmente ocupadas com este tipo de atividade econômica, especialmente em locais próximos ao litoral, onde é possível encontrar condições propícias, como a temperatura média alta no período do cultivo - de outubro/dezembro a março/maio -, elevada radiação solar, topografia plana e água para irrigação.

Os procedimentos para o cultivo de arroz irrigado envolvem, via de regra, as seguintes etapas: a) aração do terreno, ou lavra; b) duas gradeações; c) inundação do quadro ou cancha; d) aplicação de produtos para controle de pragas (20 a 25 dias antes da semeadura); e) aplicação de adubo; f) semeadura a lanço em solo encharcado (5 cm de água aproximadamente, com a quantidade aumentando à medida que a planta cresce, até mais ou menos 10 a 15 cm) ; g) esgotamento da água dos quadros (10 a 20 dias antes da colheita); e, h) colheita.

A aplicação de produtos químicos contra pragas, antes da semeadura, é realizada diretamente na água de irrigação, sem diluição, em um processo denominado localmente de “benzedura”. Dentre os agrotóxicos, aplica-se uma grande variedade de herbicidas e inseticidas, com grau toxicológico variável, muitas vezes em doses exageradas. Embora não existam registros sobre o número e a quantidade de produtos lançados por ano nas lavouras, o faturamento do setor de pesticidas dobrou no período 93-97, de acordo com BLECHER (1998), com muitos dos produtos proibidos em outros países, como os Estados Unidos, por exemplo, sendo livremente comercializados no Brasil. SPADOTTO *et al.* (1996) chamam a atenção para o fato de que, já em 1991, o Brasil se caracterizava como o quinto consumidor mundial de agrotóxicos. Em decorrência, inúmeros são os registros de intoxicações decorrentes tanto da utilização direta destes produtos, como devido ao consumo de víveres ou até mesmo de água contaminada. Em Santa Catarina, no Centro de Informações Toxicológicas do Estado, no período 1994 a 1996, ocorreram 1.024 registros em que os agrotóxicos foram os responsáveis pelos sintomas, o que equívale a 12,7% do total de casos de intoxicação (GRANDO, 1998).

Diversos autores ressaltam que, ao estudar a contaminação por agrotóxicos no meio ambiente, inúmeras dificuldades estão presentes, como a grande diversidade de moléculas - existem no mercado mais de 450 ingredientes ativos homologados -; a formação de subprodutos resultantes de transformações biológicas e abióticas no solo; flutuações intra e inter-anuais decorrentes da persistência de cada agrotóxico; variação de datas de aplicação; e, fenômenos de transporte, como

volatilização, escoamento e erosão(RIVOIRE,1993; HANNE ZWERMANN, 1978; BARRIUSO *et al.*, 1996).

A presença de quantidades significativas de metais em fertilizantes e em outros produtos químicos utilizados em lavouras é conhecida desde o início da década de 60, conforme apontam MATTIGOD E PAGE (1983). Estes autores salientam que a quantidade presente varia de acordo com a matéria prima utilizada, bem como com as perdas e ganhos decorrentes do processo de fabricação. Concentrações em Cd, Cr, Cu, Ni, Co, Zn e As são

encontradas em fertilizantes fosfatados, enquanto que os nitrogenados possuem Cu, Cr, Ni, Pb, Zn e As, e os potássicos, Mn, Cu e Cr. Estas quantidades, via de regra, excedem as concentrações destes elementos nos solos e, devido às adições sucessivas, se acumulam gradativamente.

Os autores acima salientam também que os pesticidas e fungicidas contêm quantidades expressivas de Cu, Hg, Pb, Mn e Zn, enquanto ALLOWAY E AYRES (1995) ressaltam ainda a presença de As. Dentre os metais, ROSS *et al.* (1992) referem-se especialmente a Ni e Cd, presentes no lago Albufera, em Valência, Espanha, receptáculo da drenagem de grandes áreas de cultivo de arroz.

Trabalhos anteriores com amostras de sedimentos de corrente da região sul de Santa Catarina constataram enriquecimento em Cr, Cd, Co, Zn, Hg e Ni em área de rizicultura, na bacia do Rio Tubarão (FURTADO e SANTOS, 1994).

Com o objetivo de avaliar a presença de metais na água superficial em área de cultivo de arroz irrigado, foi escolhida a Bacia Hidrográfica do Rio D'Una, onde esta atividade é desenvolvida há muitos anos, principalmente ao longo do médio e baixo curso do rio principal, que tem sua foz em uma das lagoas da zona costeira do estado e que se constituem em importante área de pesca e captura de peixes e camarões.

LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

A Bacia Hidrográfica do Rio D'Una possui aproximadamente 480 km² e está localizada na vertente costeira de Santa Catarina. As nascentes dos cursos situam-se em terrenos graníticos das Serras do Leste Catarinense, a 940 metros de altitude, em área de preservação permanente, o Parque Estadual da Serra do Tabuleiro. A área de rizicultura está estabelecida sobre a planície litorânea, constituída por sedimentos areno-siltico-argilosos, desenvolvendo-se nas áreas mais baixas do curso principal, bem como de seus afluentes: Rio Araçatuba, na margem esquerda, e em menor extensão, nos rios Chicão, Forquilhas e Riacho Ana Matias, na margem direita.

Junto à foz do Rio D'Una, na Lagoa Mirim, a presença do lençol freático muito próximo à superfície torna o terreno alagado na maior parte do ano. Esta laguna constitui um dos corpos do mais amplo sistema lagunar da costa catarinense, que inclui ainda as lagunas de Imaruí e de Santo Antonio, junto à cidade de Laguna. (Figura 1)

Figura 1 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio D'Una



Todos os cursos d'água desta bacia, desde suas nascentes até a foz na Lagoa do Mirim, são enquadrados como rios de classe 1 pela Portaria Estadual 024/GAPLAN/79, devendo portanto poder ser destinados para abastecimento doméstico sem tratamento prévio ou com simples desinfecção, nem ser tolerados lançamentos de efluentes, mesmo que tratados.

É já na área de planície, com cultivo de arroz, que existe uma estação de captação de água pela companhia estadual de abastecimento (CASAN) destinada a suprimento do município de Imbituba. Conforme notícias de jornais da época, a presença de agrotóxicos na água destinada ao consumo, em quantidades superiores a 20 vezes o limite máximo estabelecido, já fez interromper por cerca de 24 horas consecutivas o fornecimento de água, no ano de 1994. Coincidentemente, este fato ocorreu em outubro, mês em que é geralmente realizada a retirada de água das canchas, após a benzedura. Por outras vezes, têm sido relatados transtornos gastrointestinais, e pescados peixes “com cheiro a pó de gafanhoto”, bem como grande incidência de peixes mortos (p. ex., em maio de 1993).

Para muitos dos pescadores, significativa diminuição de pescado no Rio D'Una, bem como em todo o complexo lagunar, estaria ocorrendo ano a ano, afetando uma das principais atividades econômicas da área, devido principalmente à quantidade de produtos químicos utilizados para o cultivo do arroz irrigado.

Na área da bacia o cultivo de arroz irrigado, em 1957, já abrangia cerca de 15,70 km², continuando a aumentar progressivamente nas áreas mais baixas, com grande densidade de drenagem - representada por rios, córregos e vários canais -, atingindo 46,20 km² em 1994, substituindo terrenos outrora ocupados por diversos outros cultivos (LOPES, 1998). Os dados de produção de arroz para a área são dispersos, porém os técnicos rurais calculam que após a introdução do Projeto Provárzea, a produtividade aumentou de 25 para 80 sacas/ha cultivado, à semelhança do verificado em outras áreas do estado.

O cultivo do arroz irrigado na área é de setembro/outubro a abril, período este correspondente à temperatura média de 21°C, e com precipitação média mensal em torno dos 140 mm, de acordo com os dados de MONTEIRO e FURTADO (1995).

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO D'UNA

Para avaliar os efeitos da prática da rizicultura, em especial no tocante à presença de metais, foram coletadas amostras em períodos distintos, em maio de 1997 e fevereiro e março de 1998. Maio é caracteristicamente o mês de menor incidência de chuvas, e corresponde a um período em que o solo está em repouso;

fevereiro e março são meses com elevada precipitação pluviométrica e época em que ocorre a retirada da água dos quadros de cultivo, por bombeamento, antecedendo a colheita do arroz.

Foram coletadas amostras ao longo dos rios D'Una (D1 a D12), Araçatuba (A1 e A2), Chicão (C1), Forquilha (F1), e Cachoeira dos Inácios (I1), bem como na Lagoa do Mirim (L1); em fevereiro/março foram acrescidos mais três pontos de coleta no Rio D'Una (DX1 a DX 3), devido à constatação de águas de aspecto muito turvo, com presença de espuma e exalação de fortes odores.

As amostras foram acondicionadas em frascos plásticos de 500 ml e, após a adição de 10 gotas de ácido nítrico concentrado, mantidas em baixa temperatura até o momento da análise. Em campo foram determinados os valores de temperatura e pH da água no momento da coleta.

As análises foram realizadas no Laboratório de Química da UFSC, por Espectrometria de Massa (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* - ICP-MS) que apresenta grande sensibilidade de detecção para a maior parte dos metais, entre 0,01 a 0,001 ppm; por razões instrumentais todas as amostras foram previamente filtradas em papel Whatman 402, para eliminar quaisquer materiais sólidos em suspensão.

Os parâmetros analisados foram Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Hg, Tl e Pb; para as amostras relativas à coleta de fevereiro/março, foram excluídos os elementos Cr e Hg, por problemas analíticos.

Os valores obtidos, tanto para a coleta de maio de 1997 (Tabela 1) como de fevereiro/março de 1998 (Tabela 2) são, na grande maioria dos casos, muito superiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 20/86, para as águas de rios de Classe 1.

Na figura 2 pode ser constatado que os pontos amostrados estão situados em área com distintos usos do solo. O de sigla D1 está situado a cerca de 250 m de altitude, em área do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, onde predominam a Floresta Tropical Atlântica em diversos estágios de regeneração, sendo por isso considerado aqui como o “ponto branco”. Outros pontos estão situados em áreas mapeadas como “cultivos diversos”, em que se destacam cana-de-açúcar, fumo, feijão, milho e mandioca, além de pastagens e capoeiras (pontos D2, D3, C1, F1 e I1). Os demais pontos estão diretamente relacionados com o cultivo de arroz, situando-se contíguos ou logo a jusante deste; o ponto D5 situa-se no local onde há a captação de água para o município de Imbituba.

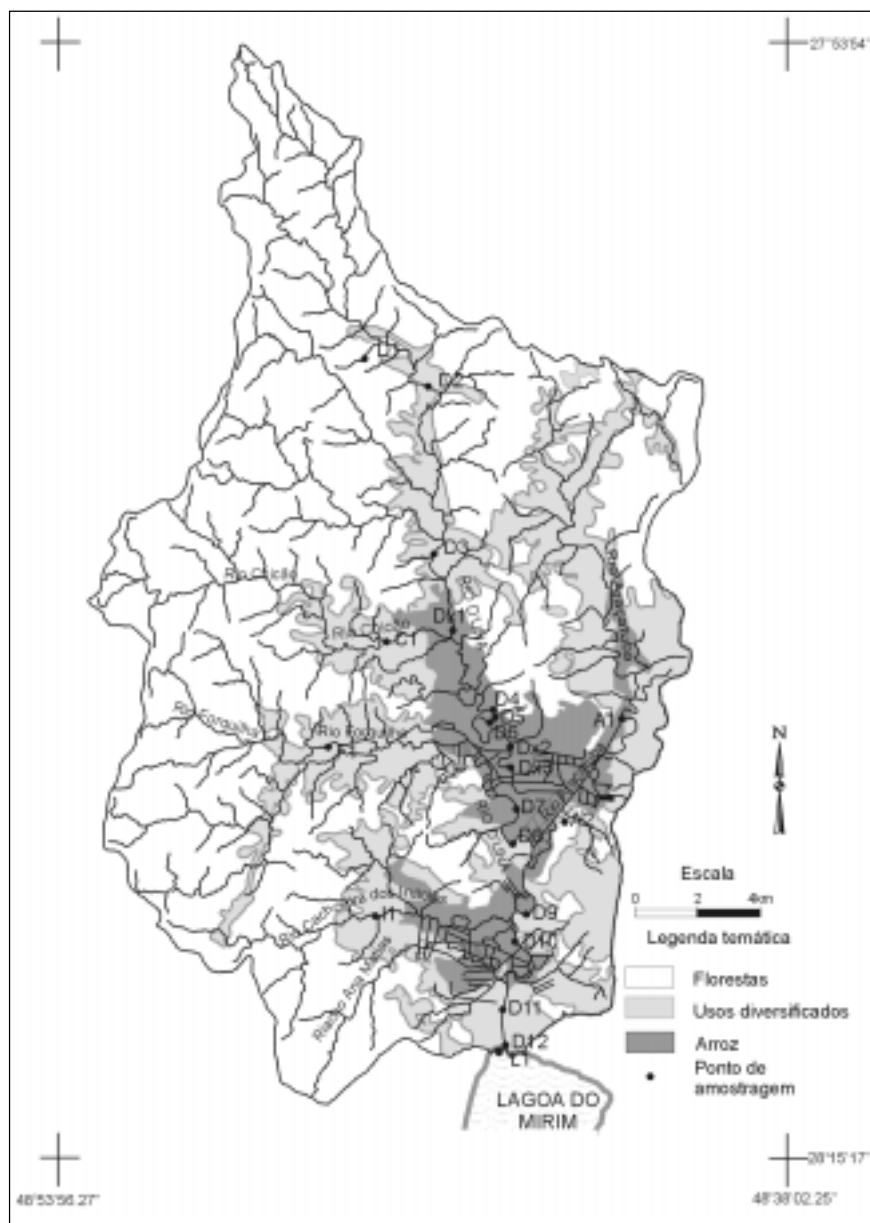
Tabela 1 - Valores dos parâmetros analisados nas amostras de água superficial da Bacia do Rio D'Una para a coleta de maio de 1997 (elementos em mg/l).

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	L1	A1	A2	C1	F1	I1	CONAMA 20/86
Cr	0,16	0,10	0,15	0,00	0,00	0,21	0,26	0,03	0,04	0,00	0,08	0,41	0,28	0,31	0,10	0,15	0,19	0,00	0,05
Co	0,02	0,04	0,22	0,06	0,23	0,20	0,42	0,08	0,12	0,08	0,03	0,24	0,27	0,14	0,19	0,09	0,10	0,14	0,20
Ni	0,95	1,88	5,75	4,04	5,44	1,56	1,35	10,13	24,24	2,66	3,20	7,20	7,20	4,34	1,15	0,16	2,27	3,58	0,03
Cu	0,16	1,69	1,11	1,30	1,09	2,48	1,48	1,39	2,52	0,63	1,51	2,20	1,14	1,66	0,58	0,64	0,91	0,77	0,02
Zn	24,16	56,83	118,75	66,88	144,09	39,59	22,60	30,35	11,54	42,96	32,41	156,33	6,02	62,04	15,28	19,42	71,72	80,38	0,18
As	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,13	0,10	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,05
Cd	0,00	0,00	0,00	0,26	0,85	0,00	0,00	0,08	0,09	0,16	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	0,00
Hg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tl	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Pb	0,51	1,22	1,51	2,23	3,64	1,92	1,87	5,53	19,15	1,78	1,35	2,01	0,75	1,29	0,51	0,44	1,81	2,98	0,03
Temp.	14	14	14	16	16	19	10	20	19	14	19	19	16	15	15	14	15	15	15
pH	6	6	6	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	5	6	6	5	5

Tabela 2 - Valores dos parâmetros analisados nas amostras de água superficial da Bacia do Rio D'Una para a coleta de fevereiro/março de 1998 (elementos em mg/l).

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	L1	DX1	DX2	DX3	A1	A2	C1	F1	I1	CONAMA 20/86
Co	0,00	0,00	0,15	0,83	0,64	0,88	0,77	1,42	0,41	0,54	1,16	0,42	1,24	0,41	2,03	0,47	0,67	2,15	0,02	0,06	0,02	0,20
Ni	0,00	0,00	0,00	23,73	18,72	18,91	27,71	38,41	18,78	16,66	22,26	40,36	35,81	38,26	15,10	22,42	10,37	85,76	0,00	0,00	0,00	0,03
Cu	0,08	0,00	0,13	5,48	2,91	4,55	5,12	7,58	4,50	2,88	2,45	7,05	7,32	4,69	2,82	3,97	1,88	6,20	0,00	0,25	0,02	0,02
Zn	0,46	1,69	3,66	8,15	8,32	8,90	8,10	10,87	8,64	7,10	4,82	12,34	10,35	8,34	8,71	6,82	6,50	16,50	1,54	5,02	0,85	0,18
As	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,10	0,20	0,03	0,05	0,13	0,05	0,03	0,01	0,12	0,27	0,03	0,07	0,01	0,01	0,01	0,05
Cd	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Tl	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02
Pb	0,00	0,00	0,00	0,93	1,09	1,41	0,87	2,87	1,38	0,44	0,79	3,53	5,18	0,68	4,84	1,80	0,83	59,13	0,44	0,00	0,00	0,03
Temp.	24	24	23	24	24	23	23	25	25	24	24	26	20	20	24	21	24	26	25	28	24	24
pH	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	7	7	7	7	6	6

Figura 2 - Mapa de uso do solo e dos pontos de amostragem da Bacia Hidrográfica do Rio D'Una



Nas amostras relacionadas com áreas de cultivos diversos os valores dos metais são mais elevados para a coleta de maio, referente ao período de menor precipitação; a diluição provocada pelas chuvas de fevereiro e março causa uma sensível diminuição nos teores, mesmo para o Zn, elemento que aparece, em todos os pontos, em concentrações muitas vezes superiores ao limite máximo estabelecido pelo CONAMA.

Mesmo a estação situada mais a montante do curso principal (D1), considerada como ponto branco, revelou teores em Cr, Ni, Cu, Zn e Pb mais elevados que os limites legais, para o período de baixa precipitação. As chuvas de verão diminuem as concentrações presentes na água, embora o Zn, e em menor extensão o Cu, ainda permaneçam acima desses limites, à semelhança do que ocorre com as amostras correspondentes a áreas de influência dos cultivos diversos.

O aumento na concentração de metais nas amostras coletadas em áreas sob a influência da rizicultura é marcante, especialmente para fevereiro/março, que, embora corresponda ao período de maior precipitação, e conseqüente diluição, coincide com a retirada da água dos quadros de arroz.

A Figura 3 apresenta curvas de variação dos valores detectados para alguns parâmetros analisados ao longo do Rio D'Una, desde seu ponto mais a montante (D1), passando por áreas de cultivos diversos (D2 e D3), de rizicultura (D4 a D10), na foz (D11 e D12) até o ponto situado já dentro da Lagoa do Mirim (L1). Nos gráficos pode-se constatar aumento nos teores de Ni, Co e Cu relativo à coleta de fevereiro/março para as amostras D4 e seguintes, sob influência do cultivo de arroz irrigado; aumento nos teores de As também é verificado para esta coleta (Tabela 2). Por outro lado, os valores de Pb, Zn e Cd, embora também aumentem consideravelmente nas áreas sob influência da rizicultura, são mais elevados na coleta de maio, período em que o solo está em repouso, e de maior estiagem.

As Figuras 4 e 5, para cuja construção recorreu-se ao artifício de multiplicar ou dividir os valores correspondentes a alguns dos elementos, procuram ressaltar não os dados absolutos, mas o comportamento relativo dos parâmetros analisados ao longo do Rio D'Una, desde o ponto mais a montante (D1) até a estação localizada já dentro da Lagoa do Mirim (L1).

Através da Figura 4, construída com os dados referentes à coleta de maio, podem ser constatados os altos valores de Zn presentes nas amostras (valor total dividido por 10 no gráfico) e o sensível enriquecimento em Ni e Pb (valores reais), mesmo quando o solo está em descanso. As curvas do Ni e Pb apresentam notável paralelismo, expresso no elevado índice de coeficiente de correlação entre estes elementos, principalmente para esta coleta (Tabela 3). Pode-se constatar, ainda, que o aporte de rios onde a atividade de rizicultura é reduzida - rios Chicão, Forquilha, Cachoeira dos Inácios e Ana Matias - ocasiona uma ligeira melhoria nas condições de qualidade do Rio D'Una, com diminuição nos teores de Zn, Co, Ni e Pb. Por outro

lado, a confluência com o Rio Araçatuba, onde a rizicultura é amplamente desenvolvida desde seu terço superior, resulta em um sensível acréscimo em Ni e Pb.

Figura 3 - Parâmetros analisados nas amostras de água ao longo do Rio Dúna (1 a 12) e Lagoa do Mirim (L1). Linha tracejada – Maio /97; Linha cheia – Fev.-Mar./98. Escala vertical: concentração em mg/l.

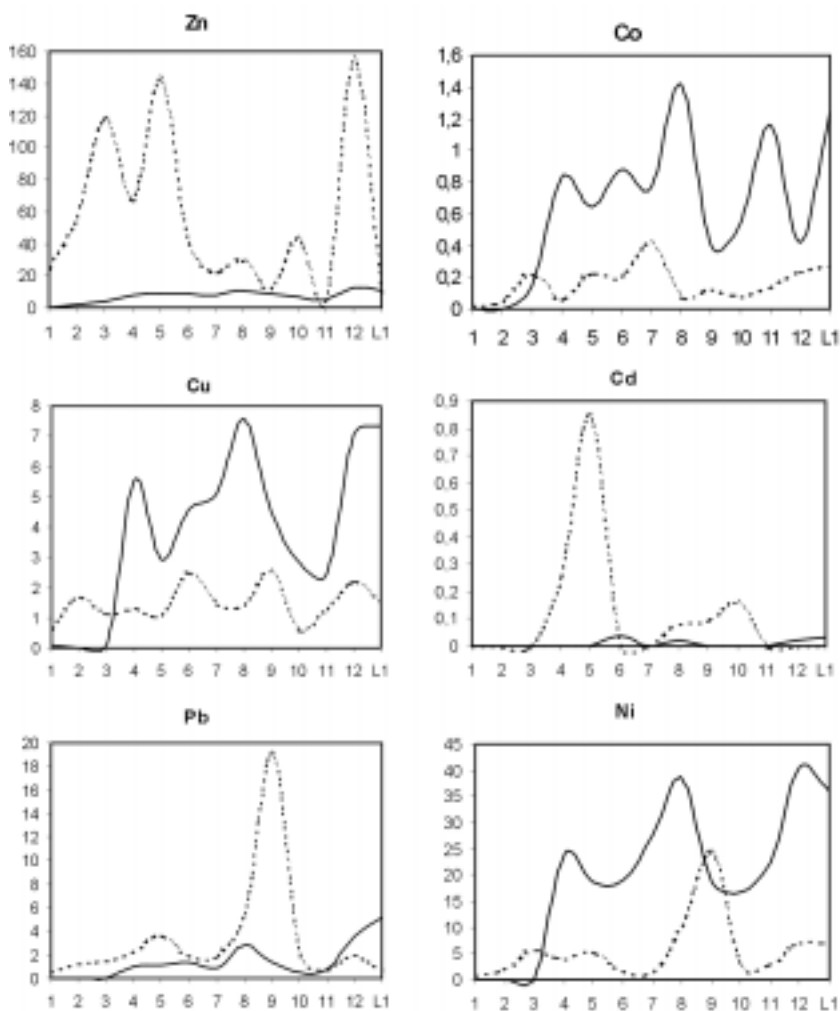


Figura 4 - Características da drenagem e comportamento dos metais ao longo do Rio D’Una, Maio/97

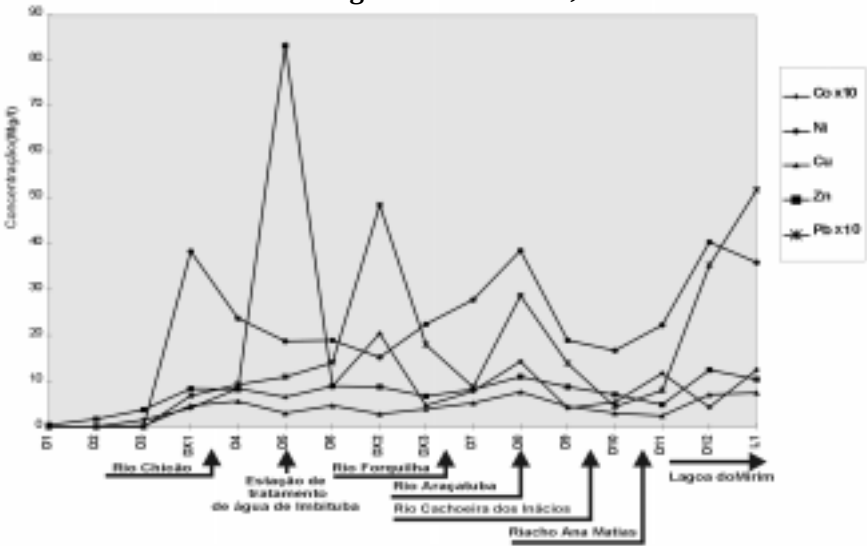


Tabela 3 - Coeficientes de correlação para as amostras de maio de 1997.

	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Tl	Pb
Cr ...	1									
Co ...	0,48806	1								
Ni ...	-0,1457	0,00839	1							
Cu ...	0,29625	0,22311	0,53354	1						
Zn ...	0,12111	0,17981	-0,0411	0,12622	1					
As ...	0,63339	0,38122	0,2363	0,24077	0,27227	1				
Cd ...	-0,5515	0,04223	0,08168	-0,1294	0,47636	-0,1693	1			
Hg ...	-0,1997	-0,0689	0,87923	0,46768	-0,246	-7E-18	-0,0139	1		
Tl ...	0,43735	0,87748	-0,0134	0,11284	0,3024	0,42058	0,11339	-0,14	1	
Pb ...	-0,3039	-0,0586	0,93114	0,50548	-0,1428	-0,0311	0,13314	0,95688	-0,1204	1

Na Figura 5 pode ser constatado o aumento generalizado em metais, a partir do ponto D4, ou seja, nas áreas sob influência da rizicultura, para a coleta efetuada durante o processo de retirada da água das canchas de arroz, em fevereiro/março. Embora o Ni se destaque pelos altos valores, as curvas no gráfico e principalmente os coeficientes de correlação para o total das amostras coletadas neste período indicam fortes afinidades de comportamento entre Co, Ni, Cu, Zn e Pb, bem como entre Cd e Tl (Tabela 4).

Figura 5 - Características da drenagem e comportamento dos metais ao longo do Rio D'Una – Fev.-Mar./98

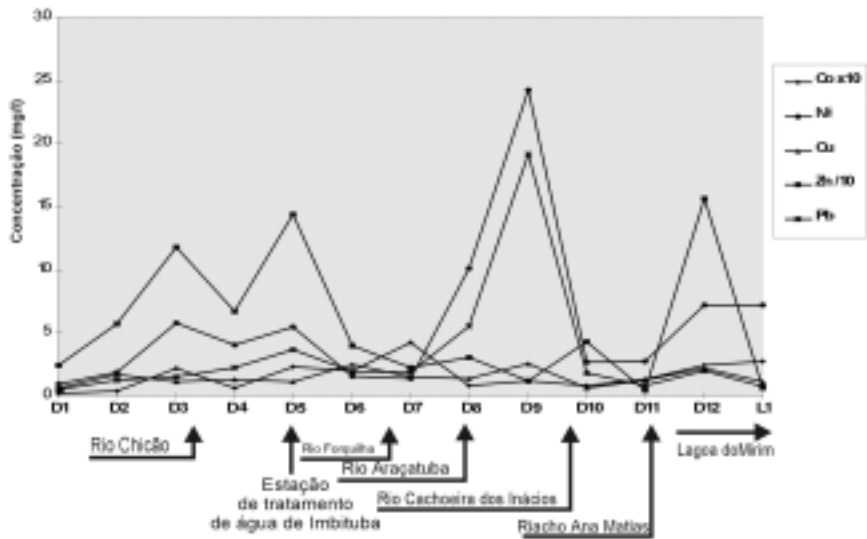


Tabela 4 - Coeficientes de correlação para as amostras de fevereiro/março de 1998.

Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Tl	Pb
Co 1							
Ni 0,71058	1						
Cu 0,61046	0,80904	1					
Zn 0,74014	0,89592	0,87771	1				
As 0,43209	0,30242	0,37662	0,29064	1			
Cd 0,55459	0,00871	0,11408	0,2073	0,20672	1		
Tl 0,10627	-0,331	-0,1521	-0,0533	-0,1296	0,61073	1	
Pb 0,6086	0,7789	0,3298	0,6103	0,08399	0,00203	-0,3074	1

Os aportes de água dos afluentes da margem direita do Rio D'Una produzem uma fraca diluição, apontada por uma leve inflexão nas curvas, para baixo, nos pontos situados logo a jusante de suas confluências. Por outro lado, o aporte das águas do Rio Araçatuba aumenta ainda mais os valores no curso principal da bacia, especialmente em Ni, Pb e Co, como se observa no gráfico, e reflete os altos valores da amostra A2, coletada junto à sua foz (Tabela 2).

Os dados analisados revelam também que a qualidade da água captada para abastecimento da cidade de Imbituba (ponto D5), contém concentrações muito

elevadas em metais, muitas vezes superiores aos limites máximos atribuídos pelo CONAMA. Na coleta de maio os dados obtidos mostram que as concentrações do Cu são 50 vezes superiores ao limite federal; os valores para o Pb, 100; para o Ni, 200; e para o Zn e o Cd, são 800 vezes superiores aos limites máximos. Para a coleta referente a fevereiro/março, sobressaem os valores de Co, Zn, Cu e Ni, sendo este último 750 vezes superior ao limite do CONAMA.

A amostra L1 revela que a Lagoa do Mirim, junto à foz do Rio D'Una, possui águas contaminadas pela maior parte dos metais analisados, presentes em quantidades muito superiores aos limites legais. Os valores, assim como nas amostras do Rio D'Una, são mais elevados no período de fevereiro/março, chamando particular atenção as concentrações de Pb e Ni, com 5 e 35 mg/l, respectivamente .

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos estudos realizados fica claro que a atividade de rizicultura na Bacia Hidrográfica do Rio D'Una determina um aumento na concentração de metais nas suas águas superficiais. Para a coleta relativa ao período de maio, quando o solo está em descanso, sobressaem os valores de Zn e Cd. Aquela efetuada concomitante à retirada da água dos quadros de arroz (fevereiro/março), evidencia crescimento nos valores de Ni, Co, Pb, Cu e As, com os dados sendo, via de regra, muitas vezes superiores aos limites máximos admitidos pela legislação federal.

Alguns dos elementos detectados em altas concentrações nas áreas de rizicultura, como o Zn, Co e Cu, são micronutrientes, tanto para vegetais quanto animais, sendo essenciais ao funcionamento dos organismos. Entretanto, mesmo estes elementos, quando presentes em elevadas quantidades no sistema, podem vir a se tornar tóxicos, também devido a efeitos sinérgicos, ainda não conhecidos por completo. A Organização Mundial da Saúde (OMS) não recomenda, por exemplo, a ingestão de mais do que 0,001 mg/dia de Cu e 3 mg/dia de Zn (LOOIJAAARD, 1995), devido aos conhecidos riscos de doenças cardíacas (CROUNSE *et al.*, 1983).

Embora sejam maiores as concentrações nas amostras coletadas em áreas de rizicultura, em todos os pontos analisados da bacia, inclusive naquele considerado como ponto branco, o Zn apresenta concentração muitas vezes acima daquela estabelecida pelo CONAMA, de 0,18 mg/l. Não obstante o limite superior, atribuído pela *Environmental Protection Agency* (EPA) dos Estados Unidos, para o Zn seja de 5 mg/l para a potabilidade da água, valor muito menos restritivo que do CONAMA, 95 de 135 mananciais analisados nos Estados Unidos, mostraram concentrações que excediam aos 20 mg/l (BATALHA e PARLATORE, 1977).

As concentrações detectadas para Pb, Cd, Hg e Ni são as mais preocupantes, em virtude destes elementos serem conhecidos como altamente tóxicos.

O Pb, na drenagem da área sob a influência da rizicultura, tem um valor médio de 3,75 mg/l para a coleta de maio e 11,51 mg/l para a de fevereiro/março; no ponto D5, local onde é captada a água para Imbituba, os valores são de 1,09 e 3,64 mg/l, respectivamente, todos muito acima do limite nacional de 0,03 mg/l. Nos Estados Unidos, embora o limite superior seja um pouco maior, de 50 mg/l ou 0,05 mg/l, de 1577 mananciais analisados a média dos valores foi de 0,023 mg/l (LAGERWERFF, 1972). Conforme ressaltam ALLOWAY e AYRES (1995), este elemento atua como neurotoxina, inibe a síntese de certas enzimas e pode também provocar anemia.

O Cd é outro elemento que apresenta sérios riscos à saúde, podendo causar má formação óssea, acumulando-se nos rins e fígado; ALLOWAY e AYRES (1995) propõem o valor de 0,07 mg/dia como limite máximo de ingestão. Nas amostras coletadas em maio na área de rizicultura o valor médio para este elemento foi 0,26 mg/l, enquanto o ponto D5 revelou teores de 0,85 mg/l, teores estes que inviabilizam a ingestão desta água.

O Ni, de acordo com CROUNSE *et al.* (1983), apresenta efeitos carcinogênicos, com o limite máximo proposto pela resolução CONAMA de 0,02 mg/l; este mesmo valor é o máximo estipulado pela OMS em 1993 (LOOIJAAARD, 1995). Altos valores de Ni foram detectados na área com rizicultura, obtendo-se a média de 5,94 mg/l para a coleta de maio e de 27,39 mg/l para a de fevereiro/março.

A presença destes elementos em concentrações muito acima dos valores médios normais e máximos permitidos indica claramente as interferências no sistema da bacia hidrográfica analisada. Para a coleta relativa ao mês de maio sobressaem os valores de Zn e Cd, que apresentam uma associação geoquímica amplamente reconhecida, sendo encontrados em fertilizantes fosfatados (MATTIGOD e PAGE, 1983). A detecção de elevadas quantidades de Ni, Pb, Co, Cu e As, nas amostras coletas no período de bombeamento das águas dos quadros de arroz, está certamente relacionada com a adição de outros insumos químicos ricos nestes elementos, como fertilizantes nitrogenados e pesticidas e fungicidas, como salientam ALLOWAY e AYRES (1995).

Estudos complementares merecem ser realizados na área com o objetivo de detectar a qualidade da água superficial relacionada à retirada da água dos quadros após a benzedura, que antecede ao plantio do arroz irrigado.

Devido à gravidade do problema aqui detectado, ainda mais considerando-se que as amostras foram todas filtradas antes de serem analisadas, estudos de monitoramento a médio prazo devem ser realizados pela companhia responsável pelo abastecimento da cidade de Imbituba, observando, na amostragem, os períodos correspondentes às diferentes etapas do processo de cultivo do arroz irrigado.

Da mesma forma, um monitoramento na Lagoa do Mirim poderá dar maiores respostas às questões de contaminação levantadas por aqueles que utilizam as lagoas do complexo lagunar como fonte de pescado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLOWAY, B.J. & AYRES, D.C. *Chemical Principles of Environmental Pollution*. London. Chapman & Hall, p. 140-193, 1995.
- BARRIUSO, E.; CALVET, R.; SCHIAVON, M.; SOULAS, G. Les pesticides et les polluants organiques des sols: Transformation et dissipation. *Études et Gestion des Sols*:3 (4): 279-296, 1996.
- BATALHA, B.L. & PARLATORE, A .C. *Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano: Bases Conceituais e Operacionais*, São Paulo, Convênio BNH/ABES/CETESB, 198p., 1977.
- BLECHER, B. Brasil usa e abusa dos agrotóxicos. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 3/mar/98, Agrofolha, p.1, 1998.
- BULL, D. & HATHANAY, D. *Pragas e venenos: Agrotóxicos no Brasil e no Terceiro Mundo*. Petrópolis, Vozes/Oxfan/FASE, 236 p., 1986.
- CROUNSE, R.G., PORIES, J., BRAY, J.T. & MAUGER, R.L. Geochemistry and man: health and disease . In: *Applied Environmental Geochemistry*, THORNTON, I., Academic Press, London, p: 267-334, 1983.
- FURTADO, S. M. A . & SANTOS, E. Caracterização de Metais Pesados na Área da Estiva dos Pregos, SC. *GEOSUL*, 17:50-61, 1994.
- GRANDO, M. *Intoxicações humanas por agrotóxicos em Santa Catarina. Um perfil dos casos registrados pelo Centro de Informações Toxicológicas*. Florianópolis, UFSC, Dissertação em Engenharia de Alimentos, 145 p., 1998.
- HANN, F. A . M. & ZWERMANN, P.J. Pollution of soil. In: BOLT, G.H., & BRUGGENWERT, M.G.M. *Soil Chemistry*; A . Basic Elements, 2 ed. Netherlands, p.192-263, 1978.
- LAGERWERFF, J.V. Lead, Mercury, and Cadmium as Environmental Contaminants. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (ed.) *Micronutrients in Agriculture*. Soil Science Soc. Amer., USA: 593-634, 1972.
- LOOIJAAARD, A .M. D. Statutory and Regulatory Basis for Control of Drinking Water Quality. In: HRUBEC, J. ed. *Quality and Treatment of Drinking Water*, (The Handbook of Environmental Chemistry 5-B), SpringerVerlag, Germany: 3-30, 1995.

- LOPES, L. J. *Rizicultura e poluição por metais pesados em águas da bacia do Rio D'Una*, SC. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, 135 p, 1998.
- MATTIGOD, S.V. & PAGE, A.L. Assessment of metal pollution in soils. In: THORNTON, I. (org.) *Applied environmental geochemistry*. Academic Press, London (U.K.):355-391, 1983.
- MONTEIRO, M.A.& FURTADO, S.M.A. O clima no Trecho Porto Alegre-Florianópolis: Uma abordagem dinâmica. *GEOSUL*:19/20: 117-133, 1995.
- RIVOIRE, P. *Les utils de prévision du risque de pollution des eaux souterraines par les pesticides: intérêts et limits*. Rennes: ENSAR, Option Génie de l'Environnement, 15p., 1993.
- ROSS, R; MORALES, A.; SEGURA, J. e PICAZO, I. In vivo and in vitro effects of nickel and cadmium on the plasmalemma ATPase from rice (*Oryza sativa* L.) shoot and roots. *Plant. Science*, 83: 1-6, 1992.
- SANTA CATARINA *Sistema de produção para arroz irrigado em Santa Catarina* (revisão), Florianópolis, EPAGRI, 65p., 1992.
- SANTA CATARINA *Curso de Arroz Irrigado*. Programa: Profissionalização de Agricultores. Florianópolis, EPAGRI, 75p., 1994.
- SPADOTTO, C.A.; GOMES, M.A.F.; NEVES, M.C.; LUIZ, A.J.B. Caracterização do uso de agrotóxicos no Brasil: subsídio para o gerenciamento dos riscos ambientais. In: *CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIENCIA DO SOLO* 13, Águas de Lindóia, USP/SBCS/SLCS/SBM (CD Room), 1996.