



## **AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E DO TEOR DE METAIS EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO DE UMA MICROBACIA GAÚCHA**

M. Antunes, D.B. Dillon, J.S. Crespo, M. Giovanela\*

Universidade de Caxias do Sul, Departamento de Física e Química. Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130,  
CEP: 95070-560, Caxias do Sul, RS, Brasil  
E-mail: \*mgiovan1@ucs.br

Recebido em 02/08, aceito para publicação em 11/08

### **ABSTRACT**

*Sediments play a fundamental role in aquatic ecosystems, since they are capable of accumulating contaminants and making them available again for uptake by the biota. Thus, the objective of this study was to evaluate the physico-chemical characteristics and the metal content of seven sediment samples from Marrecas Stream (Caxias do Sul / RS), since this area is to be turned into a new complex for the capture and treatment of water for the municipal water supply. The physico-chemical characteristics showed that these sediments are in constant interaction with the aquatic medium, mainly regarding their capacity to exchange metal ions with the water column. Also, the samples contained high concentrations of Cu, Fe and Al, which appears to have a direct correlation with the geological features of the area in which the stream is located.*

### **RESUMO**

Os sedimentos desempenham um papel fundamental em ecossistemas aquáticos, já que são capazes de acumular e remobilizar contaminantes. Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar as características físico-químicas e o teor de metais de sete amostras de sedimento do Arroio Marrecas (Caxias do Sul / RS), uma vez que o mesmo está para se tornar o mais novo complexo de repesamento e tratamento de águas superficiais para o abastecimento público deste município. As características físico-químicas demonstraram que esses materiais estão em constante atividade com o meio aquático, principalmente no que diz respeito a sua capacidade em trocar íons metálicos com a coluna d'água. Além disso, as amostras apresentaram altas concentrações de Cu, Fe e Al, o que parece ter uma correlação direta com a constituição geológica da área onde o arroio encontra-se inserido.

### **INTRODUÇÃO**

Os sedimentos têm sido reconhecidos, nos últimos anos, como um com-

partimento de grande importância no estudo da qualidade de um corpo hídrico já que, segundo Esteves (1998), as características da coluna sedimentar

podem fornecer informações úteis sobre a evolução histórica dos ambientes aquáticos e terrestres adjacentes, e sobre a intensidade e as formas de impacto a que estes ecossistemas estão ou estiveram submetidos. Além disso, o estudo das características dos sedimentos interage diretamente com a ciência do solo, devido à importância desta no ciclo hidrológico.

Sedimentos lacustres, límnicos e fluviais são constituídos por diferentes substratos geoquímicos [argila, sílica, matéria orgânica (MO)] com alta superfície específica e grande capacidade de troca catiônica (CTC). Em função desta última característica, os mesmos são capazes de reter e concentrar elementos-traço, o que torna a coluna sedimentar uma região particularmente importante como fonte ou sumidouro de contaminantes, uma vez que os materiais que a compõem são termodinamicamente instáveis (Lima *et al.*, 2001; Mozeto, 2006; Pinheiro & Sígolo, 2006).

Rodrigues (2001) e Zheng *et al.* (2008) descrevem que estas substâncias poluentes podem atingir os ecossistemas aquáticos por meio de fontes difusas, como o escoamento superficial de áreas agrícolas, urbanas e industriais, águas subterrâneas contaminadas, remobilização a partir do próprio sedimento, disposição de material dragado e precipitação atmosférica, e/ou fontes pontuais, como descarga de efluentes industriais e urbanos. Portanto, a análise química de sedimentos fornece uma eficiente ferramenta para o gerenciamento da qualidade hídrica (Förstner, 2004).

O levantamento de informações a respeito da origem desses materiais é extremamente importante do ponto de vista da condução do processo de gestão ambiental, uma vez que os sedimentos são carreadores e potenciais fontes de

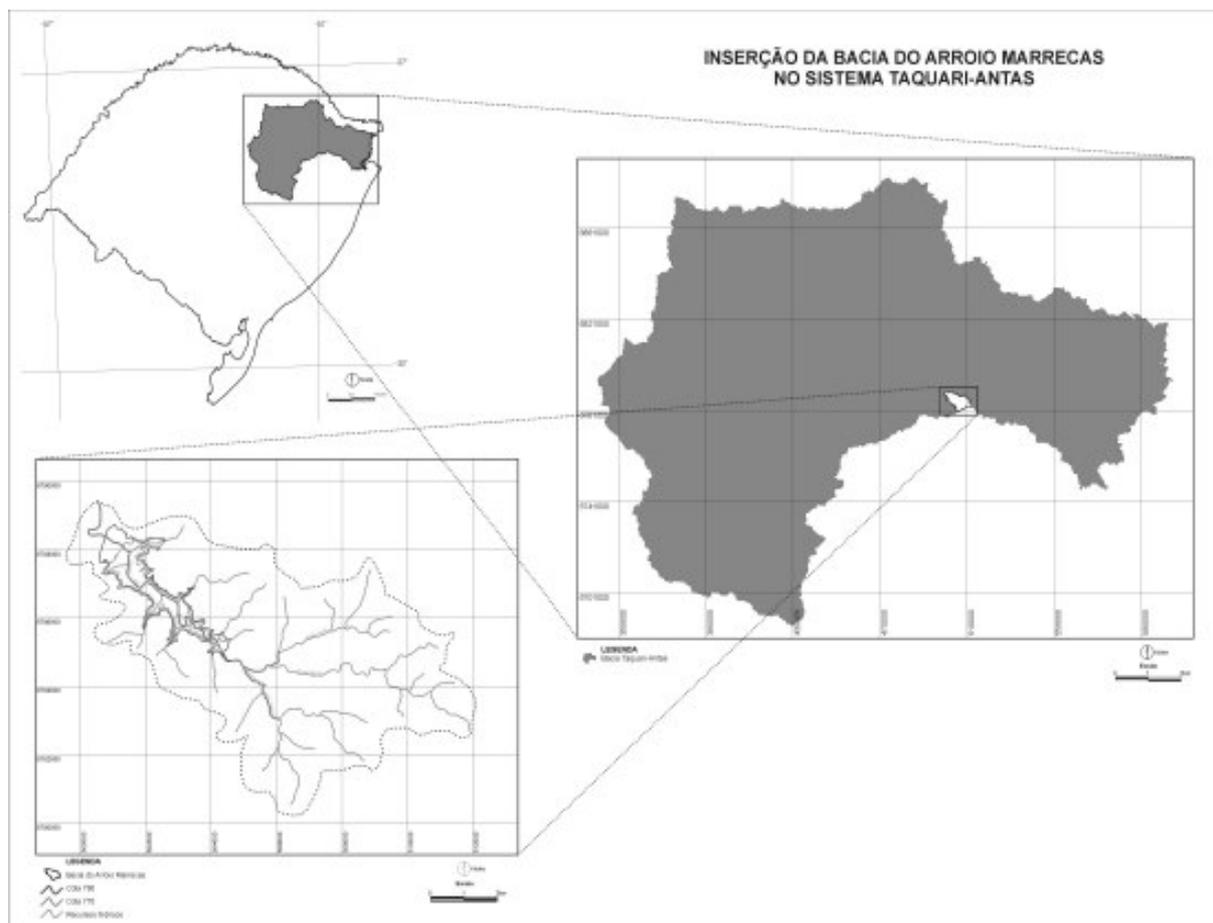
contaminantes, principalmente no que concerne aos metais pesados. Estes não são permanentemente fixados e podem ser remobilizados no meio aquático em função de mudanças nas condições ambientais, tais como pH, potencial redox, salinidade ou presença de quelantes orgânicos (Soares *et al.*, 1999). Calmano *et al.* (*apud* Zheng *et al.*, 2008), inclusive, afirmam que mais de 90% dos metais pesados carreados no ecossistema aquático estão ligados ao material particulado e aos sedimentos.

Dentro deste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar as características físico-químicas (como umidade, MO, pH e CTC), bem como o teor de metais potencialmente biodisponíveis (Al, Fe, Cd, Pb, Cu, Cr, Ni, Zn) de sete amostras de sedimento coletadas no Arroio Marrecas (distrito de Vila Seca, Caxias do Sul – RS), visto que o mesmo está para se tornar o mais novo complexo de represamento e tratamento de águas para o abastecimento público do referido município.

## **METODOLOGIA**

### ***Área de estudo***

A Microbacia do Arroio Marrecas está inserida na Bacia Hidrográfica Taquari-Antas, que por sua vez faz parte da Região Hidrográfica do Guaíba. O mapa da figura 1 apresenta a localização da mesma no contexto regional na escala 1:100.000, e um detalhamento em escala 1:20.000. Localizada em uma área predominantemente rural, a bacia possui 5.512 ha de área e faz divisa com a Bacia do Arroio Faxinal e com o Município de São Francisco de Paula. O arroio Marrecas nasce próximo à localidade do Apanhador, em Caxias do Sul (RS) e possui uma extensão de aproximadamente 15 km.



**Figura 1:** Mapa da Microbacia do Arroio Marrecas, sistema Taquari-Antas, Rio Grande do Sul.

### **Coleta das amostras de sedimento e pré-tratamentos**

As sete amostras de sedimento foram coletadas no balneário Marrecas (Figura 2), com o auxílio de uma draga de Petersen.



**Figura 2:** Vista parcial do balneário Marrecas.

Uma vez que o arroio está inserido em um ambiente predominantemente

rochoso, onde a correnteza dificulta a sedimentação das partículas, as amostras tiveram que ser coletadas em uma única região (Figura 3), a qual é constituída por um dique que represa a água, possibilitando a deposição de materiais em suspensão. A tabela 1 apresenta as coordenadas geográficas dos pontos de amostragem nesta região. Imediatamente após a coleta, as amostras foram encaminhadas para o laboratório, onde foram preservadas à temperatura de 4°C, em recipientes de polietileno previamente lavados com Extran alcalino 15 % v/v e HNO<sub>3</sub> 50 % v/v, até o momento das análises.

Para a determinação do teor de umidade, o sedimento foi utilizado *in natura*, e para as demais análises físico-químicas as amostras foram secas em estufa, por um período de 24 h a 50°C. Após este procedimento, os sedimentos foram desagregados em um gral de

porcelana sendo, em seguida, fracionados através de uma peneira para a separação da fração granulométrica fina.



**Figura 3:** Região de coleta das amostras de sedimento no balneário Marrecas.

**Análises físico-químicas**

Para a determinação do teor de umidade, de MO, de pH e de CTC (cátions metálicos totais trocáveis e acidez trocável) foram utilizadas as metodologias propostas por Cotta (2003), com as devidas adaptações no que diz respeito à análise de acidez trocável. O esquema da figura 4 apresenta os procedimentos utilizados nestas determinações.

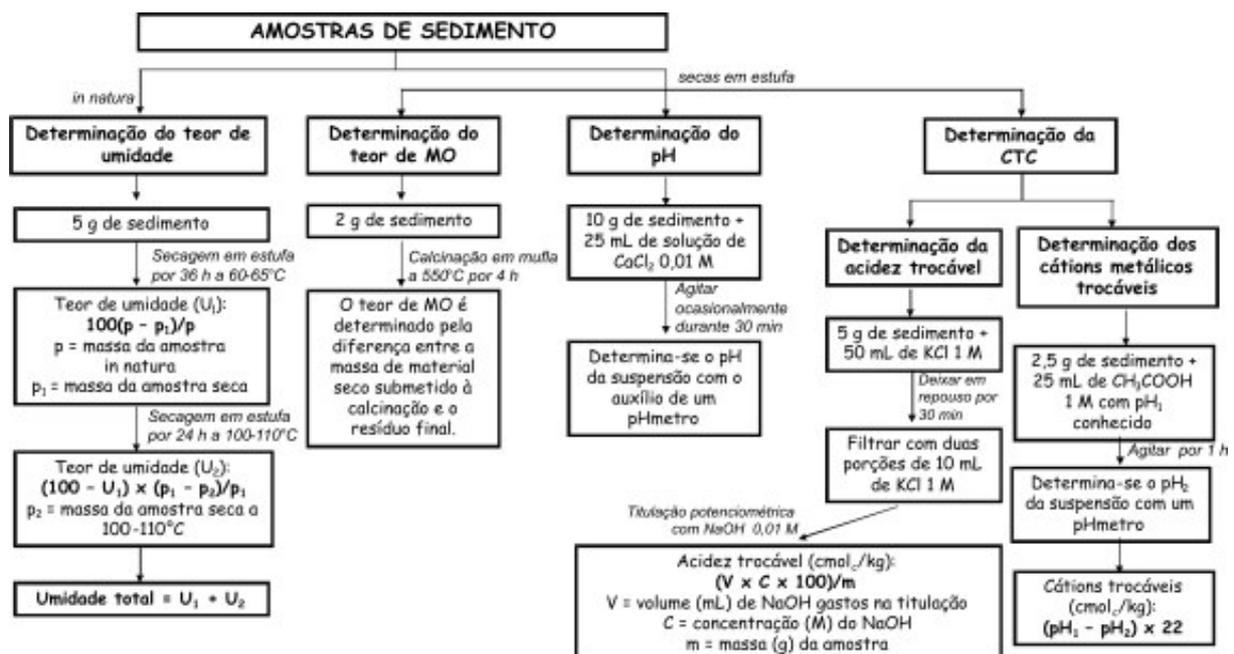
**Determinação de metais**

Para a quantificação dos metais Al, Fe, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni e Zn, as amostras de sedimento secas foram

**Tabela 1:** Localização geográfica dos pontos de amostragem.

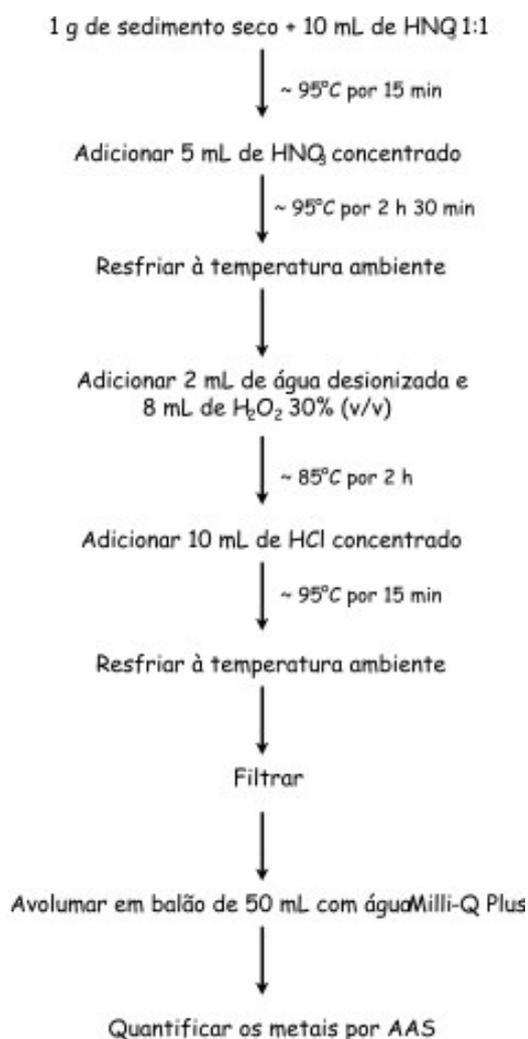
Pontos de amostragem	Localização UTM (X/Y) <sup>a</sup>
1	504026 E / 6785450 N
2	504021 E / 6785447 N
3	504037 E / 6785442 N
4	504026 E / 6785441 N
5	504021 E / 6785444 N
6	504023 E / 6785447 N
7	504016 E / 6785451 N

<sup>a</sup>Coordenadas obtidas a partir de um GPS GARMIN MAP76S.



**Figura 4:** Procedimentos utilizados nas análises dos parâmetros físico-químicos das amostras de sedimento.

previamente digeridas, em triplicata, em sistema aberto e por via úmida, com aquecimento convencional a 95 °C, em um bloco digestor na presença de HNO<sub>3</sub>, HCl e H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, de acordo com o método 3050 B proposto pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) (<http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3050b.pdf>) com algumas adaptações referentes à temperatura de aquecimento, após a adição de peróxido de hidrogênio. As soluções foram então filtradas e avolumadas para 50 mL com água ultrapurificada, sendo em seguida analisadas por espectrometria de absorção atômica com chama (AAS) em um espectrômetro VARIAN SPECTRAA 250 PLUS. O detalhamento deste método encontra-se sumarizado no esquema da figura 5.



**Figura 5:** Método EPA 3050 B (adaptado de <http://www.epa.gov/sw-846/pdfs/3050b.pdf>).

Os níveis de recuperação das digestões ácidas e das determinações dos metais por AAS foram testados, utilizando-se um material de referência certificado (RM 8704 / Bufalo River Sediment), analisado igualmente em triplicata.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### ***Análises físico-químicas***

Os resultados referentes às análises físico-químicas das amostras de sedimento encontram-se listados na tabela 2.

#### *Teor de umidade*

Segundo Lepsch (2002), nem todos os solos têm a mesma capacidade de armazenar água; o mesmo ocorre com os sedimentos. O teor de umidade nestes materiais varia em função de várias características, tais como textura, tipo de argila, estrutura e conteúdo de MO. Sedimentos arenosos e com pouco húmus têm menor capacidade de armazenar água disponível do que os argilosos ou de textura média, ricos em húmus.

De um modo geral, as amostras de sedimento apresentaram altos teores de umidade, o que indica um grande potencial na dissolução de íons. Os dados da tabela 2 mostram que o teor de umidade total variou de 28,2 a 44,6%. É possível observar ainda que os sedimentos perderam uma maior quantidade de água na faixa de temperatura de 60-65 °C, intervalo este que corresponde à evaporação da água contida nos poros maiores do material.

Por outro lado, a perda de massa foi bem menor para a faixa de temperatura compreendida entre 100-110 °C (de 0,17 a 0,34%), uma vez que esta corresponde à eliminação da água presente nos interstícios menores dos

sedimentos (Baver *et al.*, 1973). Não é possível afirmar que a 100-110°C toda a água existente nas amostras tenha sido eliminada, tendo em vista que as moléculas de água mais fortemente

ligadas ao material só são eliminadas em temperaturas maiores que 100°C, dependendo dos tipos de minerais existentes na matriz (Baver *et al.*, 1973).

**Tabela 2:** Resultados das análises físico-químicas das amostras de sedimento.

Análises físico-químicas	Amostras						
	1	2	3	4	5	6	7
U <sub>1</sub> [60-65°C] (%)	30,7 ± 0,6	44,3 ± 1,0	35,3 ± 0,3	36,5 ± 0,6	28,8 ± 0,4	35,7 ± 0,9	27,9 ± 0,3
U <sub>2</sub> [100-110°C] (%)	0,17 ± 0,03	0,31 ± 0,04	0,25 ± 0,09	0,34 ± 0,06	0,20 ± 0,06	0,21 ± 0,02	0,20 ± 0,08
U total (%)	30,9 ± 0,6	44,6 ± 1,0	35,5 ± 0,31	36,9 ± 0,6	28,9 ± 0,4	35,9 ± 0,9	28,2 ± 0,3
MO (%)	10,7 ± 0,1	12,6 ± 0,1	11,3 ± 0,1	12,6 ± 0,1	10,4 ± 0,1	11,3 ± 0,1	10,6 ± 0,1
MI (%)	89,3 ± 0,1	87,4 ± 0,1	88,7 ± 0,1	87,7 ± 0,1	89,7 ± 0,1	88,7 ± 0,1	89,4 ± 0,1
pH	5,2 ± 0,02	4,7 ± 0,02	4,9 ± 0,02	4,5 ± 0,02	4,6 ± 0,03	4,7 ± 0,01	4,9 ± 0,02
Cátions trocáveis (cmol <sub>e</sub> /kg)	8,2 ± 0,3	8,3 ± 0,3	8,6 ± 0,4	7,3 ± 0,6	7,0 ± 0,8	7,2 ± 0,5	8,6 ± 0,4
Acidez trocável (cmol <sub>e</sub> /kg)	0,10 ± 0,02	0,21 ± 0,04	0,32 ± 0,11	0,25 ± 0,04	0,24 ± 0,06	0,24 ± 0,06	0,14 ± 0,02
CTC (cmol <sub>e</sub> /kg)	8,3 ± 0,3	8,5 ± 0,3	8,9 ± 0,4	7,5 ± 0,6	7,3 ± 0,8	7,4 ± 0,5	8,7 ± 0,4

#### Teor de MO

A fração orgânica de solos e sedimentos constitui um sistema muito complexo, onde são encontrados resíduos de plantas e animais em vários graus de decomposição, produtos excretados pelos organismos vivos e produtos de síntese originados à custa dos anteriores (Costa, 2004).

De acordo com Esteves (1998), sedimentos com teores de MO superiores a 10% do peso seco são considerados orgânicos, como é o caso das amostras analisadas, as quais apresentaram um teor de MO compreendido entre 10,4 e 12,6% (Tabela 2). O teor de matéria inorgânica (MI), por outro lado, ficou situado entre 87,4 e 89,7%, o que indica a presença de uma grande quantidade de material inorgânico nas amostras, como sílica, argila,

compostos de cálcio, ferro, manganês, entre outros.

#### Determinação do pH

Solos e sedimentos podem ser naturalmente ácidos em função da própria pobreza em bases do material de origem ou devido a processos de formação que favorecem a remoção de elementos básicos como K, Ca, Mg, Na (Lopes *et al.*, 1991). Geralmente, os solos apresentam um caráter levemente ácido, visto que apenas uma pequena parte de sua acidez encontra-se dissociada na fase líquida. Esta acidez é denominada acidez ativa e representa a atividade dos íons H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> na solução do solo (Rossa, 2006).

De um modo geral, o pH das amostras variou de 4,5 a 5,2 (Tabela 2), o que indica que os sedimentos apre-

sentam um caráter tipicamente ácido. Os resultados de pH corroboram os resultados obtidos para o teor de MO, visto que baixos valores de pH podem indicar a presença de MO em altos graus de decomposição, a qual apresenta substâncias húmicas que possuem em suas estruturas grupamentos funcionais ácidos, tais como hidroxilas fenólicas e carboxilas.

*Determinação da CTC (cátions metálicos trocáveis + acidez trocável)*

Colóides são partículas de tamanho reduzido formados a partir de processos de intemperização e/ou decomposição microbiana da MO e que, segundo Lopes & Guilherme (1992), são os principais responsáveis pela atividade química dos solos e sedimentos. As partículas desses materiais apresentam cargas elétricas negativas e/ou positivas, sendo que a diferença entre essas cargas induz à retenção de cátions (troca ou adsorção catiônica) ou ânions (troca ou adsorção aniônica).

A CTC efetiva é definida como sendo o somatório dos cátions metálicos totais trocáveis (bases) e da acidez trocável ( $Al^{3+}$  e  $H_3O^+$ ) (Cotta, 2003). O primeiro parâmetro da CTC reflete a soma de Ca, Mg, K, e às vezes Na, todos na forma trocável, do complexo de troca de cátions do sedimento. De acordo com Lopes & Guilherme (1992), a soma de bases dá uma indicação do número de cargas negativas dos colóides que está ocupado por bases. O segundo parâmetro, por outro lado, refere-se ao  $Al^{3+}$  e  $H_3O^+$  trocáveis e adsorvidos nas superfícies dos colóides minerais ou orgânicos por forças eletrostáticas.

Os valores encontrados para cátions metálicos trocáveis ficaram compreendidos entre 7,0 e 8,6  $cmol_c/kg$  e os de acidez trocável entre 0,10 e 0,32  $cmol_c/kg$ , respectivamente (Tabela 2). Como pode ser observado, os valores

associados à acidez trocável são muito menores do que aqueles para cátions metálicos trocáveis, o que indica que há um grande número de cargas negativas presente nos colóides dos materiais analisados, e que estas estão sendo ocupadas majoritariamente por bases.

A CTC efetiva das amostras de sedimento, por outro lado, variou de 7,3 a 8,9  $cmol_c/kg$ . Esses resultados corroboram os altos teores de MO, de umidade e pH ácido para os sedimentos analisados, uma vez que sedimentos em que a CTC varia de 6 a 25  $cmol_c/kg$  apresentam estas características físico-químicas (Lopes & Guilherme, 1992).

***Determinação de metais***

A determinação da concentração de metais em sedimentos permite avaliar o grau de contaminação por fontes naturais ou antrópicas no meio aquático. Os metais podem ser adsorvidos nas partículas de superfície como argilas, ácidos húmicos e oxi-hidróxidos metálicos; ligados a carbonatos, MO, sulfetos, aluminossilicatos; ocluídos nos oxi-hidróxidos de ferro e/ou manganês (Salomons & Förstner e Tessier & Campbell *apud* Nascimento, 2003).

De acordo com Mariani (2006), a complexidade do sedimento é muito grande e ainda não se conhecem por completo os mecanismos que atuam na coluna sedimentar, o que dificulta o estabelecimento de critérios químicos rígidos para estabelecer a sua qualidade. Como não há atualmente no Brasil uma legislação que regulamente a concentração de metais em sedimentos, os teores de metais encontrados para as amostras analisadas foram comparados com os valores-guia de qualidade de sedimentos (VGQS) internacionais.

Esses valores são baseados em um banco de dados químicos e biológicos na América do Norte e elaborados sob

patrocínio do Conselho Canadense de Ministérios do Meio Ambiente (CCME), o qual originou o Protocolo de Derivação dos Princípios Canadenses para a Qualidade dos Sedimentos e para a Proteção da Vida Aquática (Environment Canada, 1995). A elaboração deste protocolo teve por objetivo estabelecer critérios para avaliação da qualidade de sedimentos e do significado toxicológico das substâncias associadas aos mesmos para os organismos aquáticos (Mozeto *et al.*, 2007).

O Protocolo Canadense estabelece dois valores-guia de várias substâncias químicas individuais com base em valores de concentração específicos: o TEL (*Threshold Effect Level*) e o PEL (*Probable Effect Level*). Esses valores-guia são baseados nas concentrações totais e na probabilidade de ocorrência de efeitos deletérios na biota em decorrência da sua exposição

a esses níveis de concentração. O menor limite (TEL) representa a concentração abaixo da qual raramente são esperados efeitos adversos para os organismos aquáticos. O maior limite (PEL), por outro lado, representa a concentração acima da qual são freqüentemente esperados efeitos adversos para os organismos. Na faixa entre TEL e PEL situam-se os valores onde ocasionalmente espera-se a ocorrência de tais efeitos (Silvério *et al.*, 2006; Mozeto *et al.*, 2007).

Para este trabalho, no qual foi utilizado o método EPA 3050 B para a digestão das amostras de sedimento, as concentrações dos metais foram comparadas especificamente com VGQS empíricos, também chamados de valores-guia de causa-efeito, para ambientes de água doce (Silvério *et al.*, 2006; Mozeto *et al.*, 2007) apresentados na tabela 3.

**Tabela 3:** Valores-guia (mg/kg) de qualidade de sedimento empíricos (Mozeto *et al.*, 2007).

Metal	TEL <sup>1</sup>	PEL <sup>2</sup>
Cd	0,596	3,53
Pb	35	91,3
Cu	35,7	197
Cr	37,3	90
Ni	18	36
Zn	123,1	315

<sup>1</sup> Referem-se a valores de concentração química para os quais a toxicidade é pouco provável.

<sup>2</sup> Referem-se aos níveis prováveis de toxicidade.

A tabela 4 apresenta os resultados referentes às taxas de recuperação para os metais Al, Fe, Cd, Cr, Pb, Ni e Zn do material certificado RM 8704 / Bufalo River Sediment. Como pode ser observado, a maioria deles apresentou uma recuperação maior do que 90%, com exceção do Cr, cuja taxa foi de 65,2%. Este resultado pode ser explicado pelo fato de que este metal, sendo um elemento refratário, está fortemente ligado a silicatos de difícil solubilização. Outros trabalhos (Cook *et al.*, 1997; Cox & Preda, 2003) encontraram igualmente baixa recuperação para o elemento em

questão. O metal Cu não apresenta valor de concentração definido neste material certificado e, por este motivo, não foi incluído na tabela 4.

Os resultados obtidos para os elementos metálicos quantificados nas sete amostras de sedimento estão relacionados na tabela 5.

Apesar de os metais Fe e Al não fazerem parte dos VGQS, estes merecem destaque, devido as suas altas concentrações (de 36,8 a 45,8 g/kg para Fe, e de 38,0 a 50,4 g/kg para Al). Estes

valores podem estar relacionados à constituição geológica da região, onde predominam essencialmente rochas basálticas, ricas em óxidos de ferro e alumínio, tendo em vista que a região de amostragem não recebe efluentes industriais que poderiam elevar a

concentração natural destes metais. Rodrigues (1997), analisando os sedimentos da bacia hidrográfica do Rio Caí que engloba parte do município de Caxias do Sul, também obteve altas concentrações para estes elementos, o que corrobora os resultados obtidos.

**Tabela 4:** Dados de recuperação para os metais do material certificado RM 8704 / Bufalo River Sediment.

Metal	Valores (mg/kg)		Recuperação (%)	LD (mg/L)
	Certificado	Experimental		
Al	6,10 ± 0,18*	5,88 ± 0,19*	96,4	0,08
Fe	3,97 ± 0,10*	3,79 ± 0,22*	95,5	0,03
Cd	2,94 ± 0,29	2,86 ± 0,14	97,2	0,01
Cr	121,9 ± 3,8	79,5 ± 2,3	65,2	0,02
Pb	150 ± 17	142 ± 5	94,7	0,03
Ni	42,9 ± 3,7	40,3 ± 0,25	93,9	0,03
Zn	408 ± 15	391 ± 3	95,8	0,01

\* Valores em %.

**Tabela 5:** Concentração (g/kg, para Al e Fe; mg/kg, para os demais metais) dos metais analisados nas amostras de sedimento.

Metais	Amostras						
	1	2	3	4	5	6	7
Al	50,4 ± 2,1	41,3 ± 1,8	38,0 ± 1,8	41,1 ± 1,3	41,4 ± 1,6	43,3 ± 0,8	47,5 ± 1,9
Fe	45,8 ± 0,4	39,2 ± 1,0	36,8 ± 1,9	39,5 ± 0,7	42,3 ± 1,8	42,2 ± 1,7	44,4 ± 1,7
Cd	< LD						
Cr	4,2 ± 0,3	3,7 ± 0,2	3,2 ± 0,1	3,1 ± 0,4	3,2 ± 0,1	2,9 ± 0,3	4,2 ± 0,4
Cu	45,3 ± 0,5	39,2 ± 0,5	40,6 ± 0,6	38,2 ± 0,1	40,7 ± 0,3	40,0 ± 0,8	42,4 ± 0,3
Pb	19,3 ± 0,3	17,5 ± 0,7	16,8 ± 0,5	17,3 ± 0,9	21,3 ± 0,1	22,5 ± 0,5	21,4 ± 2,4
Ni	8,3 ± 0,7	7,2 ± 0,4	7,3 ± 0,4	6,9 ± 0,1	8,6 ± 0,7	7,0 ± 1,3	8,7 ± 0,1
Zn	83,7 ± 4,0	88,8 ± 4,3	86,5 ± 1,0	85,9 ± 1,8	91,3 ± 1,9	95,1 ± 3,6	87,9 ± 6,6

Com relação aos metais contidos nos VGQS empíricos TEL/PEL, apenas o metal Cu (de 38,2 a 45,3 mg/kg) apresentou concentrações maiores em comparação com o TEL (35,7 mg/kg), o que, segundo Hortellani *et al.* (2008), representa uma possível ocorrência de efeito adverso à comunidade biológica. A alta concentração deste metal pode estar igualmente associada à geologia do local (Rodrigues, 1997), uma vez que esta espécie metálica pode ser facilmente adsorvida por óxidos de ferro. O Cu é também o elemento que forma complexos mais fortes com os materiais húmicos (Macbride *apud* Costa *et al.*, 2002). As concentrações dos outros metais quantificados não ultrapassaram os valores de concentração química para os

quais a toxicidade é pouco provável.

## CONCLUSÃO

As características físico-químicas dos sedimentos demonstraram que este compartimento está em constante atividade com o meio aquático, podendo influenciar diretamente a qualidade do meio, principalmente no que diz respeito à capacidade da coluna sedimentar em trocar íons metálicos com a coluna d'água.

Com relação à análise de metais, pode-se concluir que o método utilizado para a digestão ácida das amostras foi eficaz, uma vez que apenas o metal Cr apresentou baixa recuperação. Todos

os demais metais apresentaram taxas de recuperação superiores a 90%.

Apesar do grande potencial poluidor do município, no que concerne aos metais pesados, o trecho de amostragem não apresentou sinais de contaminação acentuada pelo fato de estar situado em uma região não urbanizada, com poucas interferências antrópicas. Tal observação pôde ser constatada, uma vez que apenas Cu, Fe e Al apresentaram altas concentrações, as quais podem estar associadas à contribuição natural das rochas

basálticas daquela região.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro (processo nº 552173/2005-3), à Prof<sup>a</sup>. Dra. Vera Lúcia Azzolin Frescura Bascunã do Departamento de Química da Universidade Federal de Santa Catarina pela doação do material certificado RM 9704 / Bufalo River Sediment, e aos revisores deste trabalho pelas valiosas sugestões.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. (1973). Física de suelos. U.T.E.H.A, 529 p.
- COOK, J.M.; GARDNER, M.J.; GRIFFITHS, A.H.; JESSEP, M.A.; RAVENSCROFT, J.E.; YATES, R. (1997). The comparability of sample digestion techniques for the determination of metals in sediments. *Marine Pollution Bulletin*, **34**(8): 637-644.
- COSTA, A.C.S.; ALMEIDA, V. de C.; LENZI, E.; NOZAKI J. (2002). Determinação de cobre, alumínio e ferro em solos derivados do basalto através de extrações seqüenciais. *Química Nova*, **25**(4): 548-552.
- COSTA, J.V.B. (2004). Caracterização e constituição do solo. 7 ed. Fundação Calouste Gulbenkian, 527 p.
- COTTA, J.A. de O. (2003). Diagnóstico ambiental do solo e sedimento do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR). Dissertação de Mestrado. Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, 130 p.
- COX, M.E. & PREDA, M. (2003). Trace metal distribution and relation to marine sediment mineralogy, Gulf of Carpentaria, Northern Australia. *Marine Pollution Bulletin*, **46**(12): 1623-1629.
- ENVIRONMENT CANADA. (1995). Protocol for derivation of Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life. Disponível em: <<http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqg/English/Ceqg/Sediment/default.cfm#pro>>. Acesso em: 26 set. 2008.
- ESTEVES, F. de A. (1998). Fundamentos de Limnologia. 2 ed. Interciência, 575 p.
- FÖRSTNER, U. (2004). Traceability of sediment analysis. *Trends in Analytical Chemistry*, **23**(3): 217-236.
- HORTELLANI, M.A.; SARKIS, J.E.S.; ABESSA, D.M.S.; SOUSA, E.C.P.M. (2008). Avaliação da contaminação por elementos metálicos dos sedimentos do Estuário Santos – São Vicente. *Química Nova*, **31**(1): 10-19.
- LEPSCH, I.F. (2002). Formação e conservação dos solos. Oficina de textos, 178 p.
- LIMA, M.C.; GIACOMELLI, M.B.O.; STÜPP, V.; ROBERGE, F.D.; BARRERA, P.B. (2001). Especificação de cobre e chumbo em sedimento do Rio Tubarão (SC) pelo Método Tessier. *Química Nova*, **24**(6): 734-742.
- LOPES, A.S. & GUILHERME, L.R.G. (1992). Boletim técnico nº 2. Interpretação de análise do solo: conceitos e aplicações. 3 ed. ANDA, 45 p.
- LOPES, A.S.; SILVA, M. de C.; GUILHERME, L.R.G. (1991). Boletim técnico nº 1: acidez do solo e calagem. 3 ed. ANDA, 14 p.

- MARIANI, C.F. (2006). Reservatório Rio Grande: caracterização limnológica da água e biodisponibilidade de metais-traço no sedimento. Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 138 p.
- Method 3050B: acid digestion of sediments, sludges, and soils. Disponível em: <<http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3050b.pdf>>. Acesso em: 26 set. 2008.
- MOZETO, A.A. (2006). Coleta de sedimentos de ambientes aquáticos continentais, extração de águas intersticiais e determinação granulométrica. In: Mozeto, A.A. *et al.* (eds.) Métodos de coleta, análises físico-químicas e ensaios biológicos e ecotoxicológicos de sedimentos de água doce. Cubo, p. 25-36.
- MOZETO, A.A.; NASCIMENTO, M.R.L. do; SILVA, E.F.A.; FIORAVANTI, M.I.A. (2007). Avaliação da contaminação por metais metalóides (água, sedimento e peixe) no Rio São Francisco em Três Marias (MG-Brasil): projeto de pesquisa participativa com a comunidade local. Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, 68 p.
- NASCIMENTO, M.R.L. do. (2003). Proposição de valores de referência para concentração de metais e metalóides em sedimentos límnicos e fluviais da bacia hidrográfica do Rio Tietê, SP. Tese de Doutorado. Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, 142 p.
- PINHEIRO, C.H.R. & SÍGOLO, J.B. (2006). Metais pesados e a dinâmica lacustre no parque ecológico do Tietê – Centro de Lazer Engenheiro Goulart – RMSP. Geologia USP Série Científica, **6**(1): 29-39.
- RODRIGUES, M.L.K. (1997). Diagnóstico da poluição por elementos-traço no sedimento da bacia hidrográfica do Rio Caí (RS). Dissertação de Mestrado. Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 109 p.
- RODRIGUES, M.L.K. (2001). PNMA II DI Subcomponente Monitoramento da Qualidade da Água, Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- ROSSA, U.B. (2006). Estimativa de calagem pelo método SMP para alguns solos do Paraná. Dissertação de Mestrado. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 150 p.
- SILVÉRIO, P.F.; NASCIMENTO, M.R.L.; MOZETO, A.A. (2006). Valores-guia de qualidade de sedimentos de ambientes aquáticos continentais e valores de referência de metais e metalóides em sedimentos. In: Mozeto, A.A. *et al.* (eds.) Métodos de coleta, análises físico-químicas e ensaios biológicos e ecotoxicológicos de sedimentos de água doce. Cubo, p. 71-89.
- SOARES, H.M.V.M.; BOAVENTURA, R.A.; MACHADO, A.A.S.C.; ESTEVES DA SILVA, J.C.G. (1999). Sediments as monitors of heavy metal contamination in the Ave River basin (Portugal): multivariate analysis of data. Environmental Pollution, **105**(3): 311-323.
- ZHENG, N.; WANG, Q.; LIANG, Z.; ZHENG, D. (2008). Characterization of heavy metal concentrations in the sediments of three freshwater rivers in Huludao City, Northeast China. Environmental Pollution, **154**: 135-142.