

AVALIAÇÃO DA BIODISPONIBILIDADE DE METAIS EM SEDIMENTOS E ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TEGA/SUL DO BRASIL

Michele Schmitz¹; Marcelo Giovanela²; Vania Elisabete Schneider^{3}*

Resumo – As atividades antrópicas contribuem para o lançamento de efluentes domésticos e industriais nos recursos hídricos, o que impacta no aumento dos níveis de poluentes nas águas, dentre os quais se destacam os compostos metálicos. Os sedimentos constituem o principal compartimento de acumulação de poluentes nos recursos hídricos, particularmente de metais como chumbo, cádmio, cromo, zinco e cobre. Dentro deste contexto, esse trabalho teve por objetivo avaliar a Bacia Hidrográfica do Rio Tega (RS) por meio da análise de metais biodisponíveis em sedimentos e na coluna d'água. Os resultados obtidos evidenciaram uma maior concentração de metais nas amostras de sedimento em comparação às amostras de água, especialmente para Cu, Ni, Zn e Cr. As maiores concentrações de metais em sedimento foram observadas nos pontos de amostragem 1 e 2, localizados na área urbana do município de Caxias do Sul, recebendo o aporte de efluentes industriais e domésticos. O município mencionado é o segundo polo metal mecânico do Brasil, ficando evidente a contribuição desse ramo industrial para o aporte de íons metálicos ao corpo hídrico estudado, o que ressalta a importância de se monitorar a qualidade da água e sedimentos e de se promover um controle eficiente das fontes locais de poluição.

Palavras-Chave – Sedimentos; Qualidade da água; Metais biodisponíveis.

EVALUATION OF METAL BIODISPONIBILITY IN SEDIMENTS AND SURFACE WATERS FROM THE TEGA RIVER WATERSHED/SOUTHERN BRAZIL

Abstract – Anthropogenic activities contribute to the release of domestic and industrial effluents in water resources, which impacts on the increase of pollutants levels in the water, including the metallic compounds. Sediments are the main compartment of pollutant accumulation in water resources, particularly for metals such as lead, cadmium, chromium, zinc and copper. In view of these facts, this work aimed the evaluation of the Tega River Basin (RS) through the analysis of bioavailable metals in sediments and in the water column. The results showed that the metal concentrations in sediment samples were higher than the values for surface water samples, especially for Cu, Ni, Zn and Cr. The largest metal concentrations in the sediments were observed at sampling points 1 and 2, which were located directly in the urban area of the municipality of Caxias do Sul, receiving releases of industrial and domestic effluents. This municipality is Brazil's second largest metal-mechanic industrial state, making this activity's contribution to the level of metal ions at the studied hydric body evident, which highlights the importance of monitoring the quality of water and sediments and promoting an efficient control over the local pollution sources.

Keywords – Sediments; Water quality; Bioavailable metals.

¹ Universidade de Caxias do Sul, mschmitz3@ucs.br.

² Universidade de Caxias do Sul, mgiovan1@ucs.br.

^{3*} Universidade de Caxias do Sul, veschnei@ucs.br.

1 INTRODUÇÃO

O lançamento de efluentes industriais e domésticos, além do escoamento superficial urbano e de áreas agrícolas, tem contribuído para o aumento dos níveis de poluentes nas águas, dentre os quais se destacam os compostos metálicos (ALVES et al., 2014). Embora alguns metais sejam essenciais, outros como chumbo (Pb), cádmio (Cd), cromo (Cr), zinco (Zn) e cobre (Cu) são altamente tóxicos e persistentes, podendo bioacumularem e biomagnificarem na cadeia trófica (WANG et al., 2014).

Os metais de associação fraca, cujas ligações podem ser facilmente rompidas pela biota, recebem a denominação de metais biodisponíveis e comumente encontram-se ligados ao sedimento presente nos cursos d'água. Neste sentido, estudos de especiação aliados a testes de toxicidade revelam que a quantificação da concentração total de metais existentes em determinado meio não é o melhor indicador de potencial tóxico, já que o fator biodisponibilidade não pode ser estimado por esta variável (YUAN et al., 2014).

A disponibilidade dos metais nos solos e sedimentos está diretamente relacionada às formas geoquímicas de retenção que, por sua vez, são controladas por reações químicas e processos físicos que dependem especialmente do potencial hidrogeniônico (pH), da capacidade de troca catiônica (CTC) e dos teores de matéria orgânica (MO) e umidade presentes (COTTA et al., 2006).

Dentro deste contexto, este trabalho teve por objetivo analisar a presença dos metais biodisponíveis Al, Cd, Pb, Cu, Cr, Ni e Zn em sedimentos e na coluna d'água no Rio Tega, localizado região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Além disso, as amostras de sedimento foram caracterizadas por meio de diversas análises físico-químicas, tais como pH, umidade (U), matéria orgânica (MO) e capacidade de troca catiônica (CTC), visando estabelecer relações entre estes parâmetros.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A Bacia do Rio Tega está inserida na Bacia Hidrográfica Taquari-Antas e situa-se entre as latitudes 29° 0' 48,16" e 29° 12' 52, 92" S e longitudes 51° 21' 20,67" e 51° 7' 9,53" O, no nordeste do estado do Rio Grande do Sul, drenando uma área de 294,76 km². Essa bacia se estende por parte dos municípios de Caxias do Sul, Flores da Cunha e Nova Pádua (VIECELI et al., 2013), conforme ilustra a Figura 1. O Rio Tega, principal corpo d'água da bacia, nasce no perímetro urbano de Caxias do Sul, drena a zona urbana do município e, após um percurso de 34 km, alcança seu exutório no Rio das Antas (VIECELI et al., 2013).

Para a elaboração do presente estudo foram selecionados cinco pontos de amostragem, tendo em vista sua localização e os usos do solo na área de influência direta. O ponto de amostragem 1 localiza-se nas proximidades de áreas residenciais; o ponto 2 está em área densamente urbanizada e industrializada; o ponto 3 encontra-se em um afluente que drena uma região industrial; o ponto 4 está localizado no reservatório da Central Geradora Hidrelétrica Dona Maria Piana, enquanto o ponto 5 localiza-se no exutório da bacia. Foram realizadas cinco campanhas, com coletas bimestrais, entre os anos de 2013 e 2014.

As amostras de água superficial foram analisadas com base nos métodos propostos pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2012) e a quantificação dos metais foi realizada em um espectrômetro de absorção atômica com chama (AAS) AAnalyst 200 da Perkin Elmer.

Os parâmetros pH, U, MO e CTC para as amostras de sedimento foram analisados de acordo com métodos descritos e empregados por Cotta et al. (2006) e Antunes et al. (2011). Para a

quantificação dos metais biodisponíveis, as amostras de sedimento secas com granulometria menor que 63 μm foram previamente digeridas em sistema aberto e por via úmida, com aquecimento convencional a 95 °C, em um bloco digestor na presença de uma mistura de ácido nítrico, ácido clorídrico e peróxido de hidrogênio, com base no método 3050-B proposto pela Environmental Protection Agency (EPA), sendo a determinação dos metais realizada por espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES).

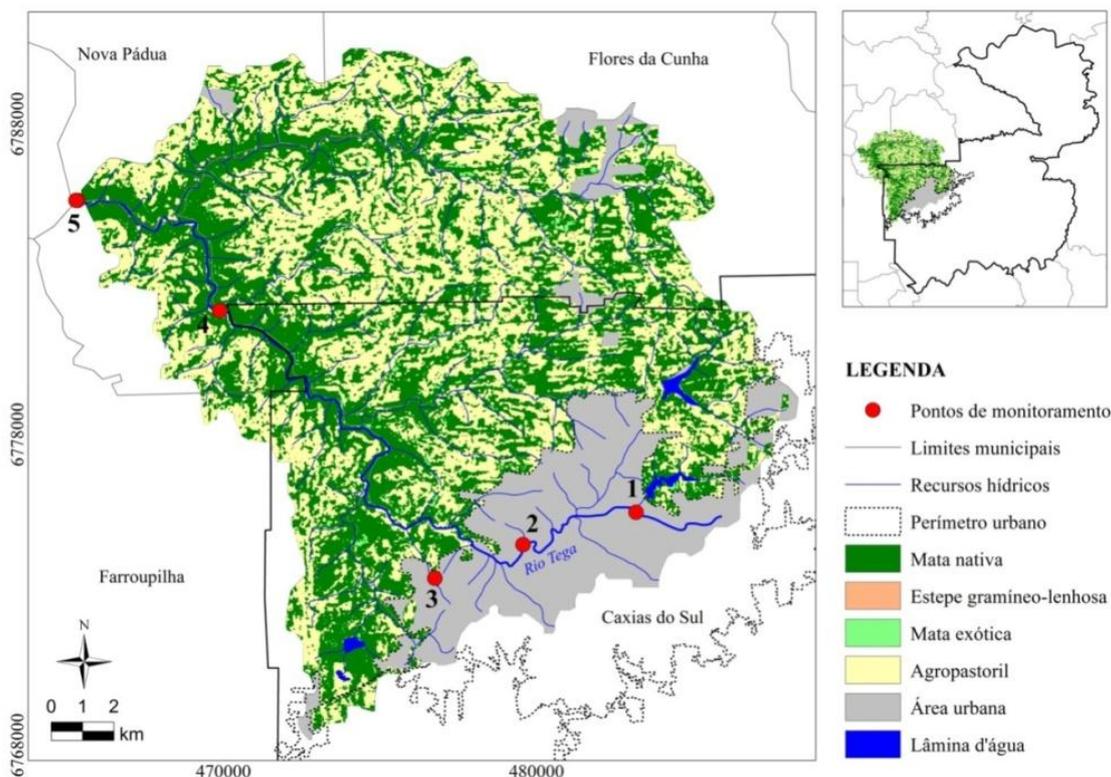


Figura 1 – Mapa apresentando o uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Tega e pontos amostrados

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Amostras de água superficial

Na Tabela 1 são apresentadas as concentrações totais dos metais para as amostras de água superficial, em comparação aos parâmetros estabelecidos na Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005, a qual dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes para o seu enquadramento. De acordo com a Resolução nº 121/2012 do Conselho de Recursos Hídricos (CRH) do estado do Rio Grande do Sul, o rio Tega está enquadrado na Classe II; contudo, de acordo com os resultados obtidos no presente estudo, suas águas podem ser classificadas como Classe III no que se refere à presença de metais, já que são evidenciados valores que não estão em conformidade com o predisposto na legislação.

Nos pontos de amostragem 1 e 2, identifica-se a presença dos metais Cu, Ni, Zn, Cr, que estão provavelmente associados a despejos industriais, uma vez que esses metais são utilizados nas indústrias galvanotécnicas da região.

Tabela 1. Concentração de metais nas amostras de água superficial

Ponto	Campanha	Al total (mg Al/L)	Cd total (mg Cd/L)	Pb total (mg Pb/L)	Cu total (mg Cu/L)	Ni total (mg Ni/L)	Zn total (mg Zn/L)	Cr total (mg Cr/L)
1	1	0,438	<0,02	<0,118	0,742	0,560	1,146	0,483
	2	0,350	<0,02	<0,118	0,056	<0,053	0,091	<0,04
	3	0,020	<0,02	<0,118	0,467	0,124	0,044	0,100
	4	0,240	<0,02	<0,118	0,034	0,124	0,084	<0,04
	5	0,470	<0,02	<0,118	<0,023	<0,053	0,078	<0,04
2	1	0,156	<0,02	<0,118	0,305	0,389	0,599	0,237
	2	0,588	<0,02	<0,118	0,266	0,093	<0,034	<0,04
	3	0,200	<0,02	<0,118	0,648	0,292	1,024	0,670
	4	2,880	<0,02	<0,118	0,246	0,229	0,649	0,420
	5	0,590	<0,02	<0,118	0,160	0,153	0,366	0,870
3	1	0,282	<0,02	<0,118	<0,023	<0,053	0,101	<0,04
	2	0,214	<0,02	<0,118	<0,023	<0,053	0,141	0,062
	3	0,100	<0,02	<0,118	<0,023	<0,053	0,197	<0,04
	4	0,370	<0,02	<0,118	<0,023	<0,053	0,121	<0,04
	5	0,380	<0,02	<0,118	0,032	0,070	0,136	0,110
4	1	0,264	<0,02	<0,118	0,040	0,134	0,120	0,790
	2	0,637	<0,02	<0,118	<0,023	<0,053	0,034	<0,04
	3	0,290	<0,02	<0,118	0,034	0,069	0,173	0,070
	4	0,440	<0,02	<0,118	0,023	0,082	0,134	0,060
	5	0,310	<0,02	<0,118	0,038	0,054	0,138	0,100
5	1	0,178	<0,02	<0,118	<0,023	0,090	0,107	0,040
	2	0,382	<0,02	<0,118	<0,023	<0,053	0,034	<0,04
	3	0,340	<0,02	<0,118	0,050	<0,053	0,052	<0,04
	4	0,510	<0,02	<0,118	0,028	0,080	0,146	0,060
	5	0,470	<0,02	<0,118	<0,023	<0,053	0,078	<0,04
Classes I e II		0,1	0,001	0,01	0,009	0,025	0,18	0,05
Classe III		0,2	0,01	0,033	0,013	0,025	5	0,05

3.2 Amostras de sedimento

A Tabela 2 apresenta os resultados de CTC, pH, U e MO para as amostras de sedimento. Os sedimentos com teores de MO superiores a 10% em peso seco são considerados orgânicos, enquanto os sedimentos minerais (inorgânicos) são caracterizados por apresentarem um teor de MO inferior a esse valor. Nesse caso, em sua constituição, pode predominar sílica, argila e compostos de cálcio, ferro e manganês, entre outros (Antunes et al., 2011). Nesse estudo, os teores de MO ficaram abaixo de 10% em todas as campanhas nos pontos de amostragem 1, 2, 3 e 5, exceto na campanha 3 para esse último ponto, o que pode indicar uma tendência para a solubilização dos minerais para a coluna d'água (Mozeto, 2006). Para o ponto de amostragem 4, por outro lado, os valores de MO ficaram acima de 10% em todas as campanhas.

Os metais nos sedimentos estão associados prioritariamente à MO e frações de granulometria fina (argila, silte e areia fina); óxidos de ferro e manganês, ou precipitados como hidróxidos, sulfetos ou carbonatos (Mozeto, 2006). Além disso, um aumento de pH pode aumentar a adsorção dos metais às partículas mais finas do sedimento, devido à diminuição na concorrência pelos sítios de ligação, entre íons H_3O^+ e cátions metálicos (Fagnani et al., 2011). O pH das

amostras de sedimento em todas as campanhas variou de 5,05 a 6,20, indicando um caráter ácido, o que pode favorecer a mobilidade dos metais e sua solubilização, aumentando o risco de remobilização ao meio ambiente. Antunes et al. (2011) obtiveram resultados que relacionavam baixos valores de pH com altos teores de MO (superior a 10%) em estado de decomposição, o que não foi constatado no presente estudo.

Tabela 2. Caracterização físico-química das amostras de sedimento

Ponto	Campanha	CTC (cmol _c /kg)	pH	U (%)	MO (%)
1	1	13,2±0,79	6,11±0,06	36,3±0,37	8,9±0,36
	2	13,0±0,35	5,98 ±0,27	34,7±0,03	7,3±0,19
	3	13,7±0,32	6,12±0,04	35,9±0,15	6,0±0,18
	4	16,1±0,28	6,11±0,15	41,7±0,02	8,6±0,40
	5	8,9±2,18	5,72±0,44	31,1±0,04	6,6±0,14
2	1	9,1±0,51	5,23±0,12	25,3±0,05	3,9±0,30
	2	10,3±0,33	6,04±0,01	36,7±0,06	4,7±0,25
	3	10,8±0,79	6,20±0,08	37,8±0,09	4,2±0,15
	4	13,4±1,12	6,14±0,28	34,4±0,03	6,6±0,30
	5	9,8±0,53	5,40±0,03	42,7±0,03	7,4±0,48
3	1	9,9±0,54	5,28±0,09	45,6±0,91	9,0±0,48
	2	7,6±0,80	5,32±0,13	54,8±0,03	10,0±0,02
	3	9,8±0,49	5,56±0,17	41,4±0,05	7,8±0,28
	4	7,4±0,35	5,05±0,00	36,0±0,04	6,6±0,16
	5	8,8±0,97	5,14±0,04	38,3±0,02	5,0±0,32
4	1	8,0±0,64	5,82±0,12	9,0±0,59	10,8±0,33
	2	14,3±1,26	6,16±0,01	16,3±0,06	22,4±0,29
	3	11,5±1,88	5,91±0,08	14,5±0,05	12,3±0,59
	4	11,2±0,64	5,33±0,37	15,2±0,04	14,4±0,12
	5	15,3±0,64	5,86±0,06	20,3±0,06	14,9±0,64
5	1	7,5±2,33	5,53±0,13	2,5±0,44	4,8±0,18
	2	14,0±0,37	6,14±0,01	4,0±0,02	5,9±0,15
	3	17,1±0,42	6,19±0,07	5,3±0,05	17,3±0,08
	4	6,9±0,81	5,83±0,04	5,5±0,02	6,1±0,14
	5	4,6±0,81	5,87±0,02	6,6±0,03	3,78±0,17

O teor de umidade indica a presença de substâncias higroscópicas, estando relacionado com a textura e estrutura granulométrica do sedimento, além do conteúdo de MO. O teor de umidade total (U) das amostras estudadas variou de 25,3 a 54,8% para os pontos de amostragem 1, 2 e 3 e ficou abaixo de 20,3% para todas as amostras dos pontos de amostragem 4 e 5. No ponto 5, em particular, pode-se notar baixos teores de MO e umidade, os quais têm relação intrínseca com a localização específica do ponto de amostragem, situado em uma região de maior turbulência das águas e mais distante dos centros urbanos. Nesse sentido, valores acima de 20% podem representar um alto potencial na dissolução de íons, acarretando em uma alta capacidade de troca iônica (Antunes et al., 2011). Valores abaixo de 10% para o ponto de amostragem 5 podem estar associados à constituição mineralógica do sedimento, já que nesse local há uma zona de turbulência nas águas, o que também pode explicar os resultados dispersos para a CTC nesse local. Valores de CTC maiores que 5,0 cmol_c/kg representam uma alta capacidade de troca de cátions, o que foi observado em todas as

amostras, exceto no ponto de amostragem 5, em todas as campanhas. Nesse sentido, a capacidade de armazenamento de íons metálicos é representada pela CTC, sendo que valores baixos de CTC indicam que a amostra tem pequena capacidade para reter cátions em forma trocável (Ronquim, 2010).

3.2.1 Metais biodisponíveis em sedimentos

Os resultados para a concentração de metais biodisponíveis estão sumarizados na Tabela 3. Em termos de concentração absoluta, foi constatada a seguinte ordem crescente de valores: Cd<Pb<Ni<Cu<Zn<Cr.

Tabela 3. Concentrações de metais biodisponíveis em sedimentos da Bacia do Rio Tega

Ponto	Campanha	Al (%)	Cd (mg Cd/kg)	Pb (mg Pb/kg)	Cu (mg Cu/kg)	Ni (mg Ni/kg)	Zn (mg Zn/kg)	Cr (mg Cr/kg)
1	1	3,54	< 0,50	33,05	478,4	449,1	421,0	550,3
	2	3,67	<0,50	36,21	533,9	394,7	390,0	277,7
	3	3,75	< 0,50	40,72	519,6	461,7	341,1	728,1
	4	4,43	< 0,50	59,41	1.145,7	1.038,4	517,4	1.907,7
	5	2,60	< 0,50	37,45	171,2	210,3	218,5	226,9
Média		3,60	< 0,50	41,37	569,8	510,8	377,6	738,1
2	1	4,77	0,10	55,53	351,6	319,9	826,5	730,0
	2	3,80	0,13	56,07	230,2	178,9	720,7	421,4
	3	3,80	0,13	53,99	245,4	205,5	843,0	469,6
	4	4,20	0,23	60,45	422,1	379,5	1.202,8	998,0
	5	3,59	0,32	60,92	326,4	192,5	767,3	615,2
Média		4,03	0,18	57,39	315,2	255,2	872,0	646,8
3	1	3,55	0,24	24,76	155,1	57,8	505,4	315,5
	2	2,81	0,13	23,58	115,2	40,9	647,7	234,4
	3	3,39	0,14	17,78	119,3	35,7	427,2	225,2
	4	3,03	<0,50	13,49	107,5	35,6	600,3	208,2
	5	3,24	0,26	9,39	82,8	20,3	428,6	123,8
Média		3,20	0,19	17,80	116,0	38,1	521,8	221,4
4	1	3,50	<0,50	32,76	307,9	217,0	725,0	505,5
	2	3,60	<0,50	28,03	257,1	157,0	642,1	344,9
	3	3,30	<0,50	29,28	261,5	176,2	744,9	443,4
	4	3,30	<0,50	29,96	206,7	142,4	551,4	350,0
	5	3,30	<0,50	30,97	203,1	148,7	557,9	421,8
Média		3,40	<0,50	30,20	247,2	168,3	644,2	413,1
5	1	3,61	< 0,50	28,81	264,8	149,1	383,7	252,2
	2	4,38	< 0,50	27,37	264,8	252,2	538,7	252,2
	3	3,56	< 0,50	33,81	416,3	307,0	1374,0	825,0
	4	3,26	< 0,50	22,60	145,4	76,5	259,6	181,2
	5	2,74	< 0,50	26,92	108,1	73,1	250,2	168,3
Média		3,51	< 0,50	27,90	239,9	171,6	561,2	335,8
TEL		-	0,596	35	35,7	18	123,1	37,3
PEL		-	3,53	91,3	197	36	315	90

Para sedimentos não há legislação nacional que dispõe acerca da sua qualidade no ambiente natural. Nesse sentido, visando à avaliação da qualidade de sedimentos, adotam-se os valores-guia de qualidade de sedimento (VGQS), que são valores numéricos estatisticamente definidos com base em resultados de testes de toxicidade. Para ambientes de água doce, adota-se o *Threshold Effects Level* – TEL (nível de efeito limiar) e o *Probable Effects Level* – PEL (nível de efeito provável). O TEL representa a concentração abaixo da qual se espera baixa probabilidade da ocorrência destes efeitos, enquanto o PEL representa a concentração acima da qual são previsíveis esses efeitos (Mozeto, 2006).

Para os pontos de amostragem 1, 2, 4 e 5 foram encontradas concentrações de Cu, Ni, Zn e Cr acima do estabelecido para PEL em todas as campanhas, exceto para o Zn na campanha 5, no ponto de amostragem 1, além de Cu e Zn no ponto de amostragem 5, nas campanhas 4 e 5. Já para o ponto de amostragem 3, apenas Zn e Cr encontram-se acima dos valores estipulados para PEL.

De um modo geral, as maiores concentrações de metais biodisponíveis presentes em sedimentos foram observadas nos pontos de amostragem 1 e 2, os quais estão situados no trecho urbanizado da referida bacia. Por outro lado, as menores concentrações foram observadas no ponto de amostragem 3, embora esse ponto, juntamente com o ponto de amostragem 2, tenha apresentado as maiores concentrações de Cd, mesmo que situados abaixo do estabelecido para PEL. Tal fato não condiz com as características da região amostrada, já que o local drena uma área urbanizada pertencente ao distrito industrial do município, o que poderia representar uma maior concentração dos elementos estudados. Considerando os pontos de amostragem 4 e 5, os valores obtidos estão situados em faixas intermediárias entre os demais pontos estudados.

Em um estudo similar realizado por Antunes et al., no ano de 2011, na mesma bacia hidrográfica, foi constatado que as espécies metálicas Cu, Ni, Pb e Zn apresentaram as menores concentrações na foz do Rio Tega (Cu = 3,25 mg/kg; Ni = 0,60 mg/kg, Pb = 1,34 mg/kg; Zn = 2,36 mg/kg), dentre os pontos analisados. Esses resultados foram associados ao fato de que o sedimento pode ficar retido na barreira de contenção formada na Central Geradora Hidrelétrica Dona Maria Piana, localizada à montante, a qual não fora analisada naquele estudo. Tais conclusões corroboram parcialmente os resultados obtidos no presente estudo, na medida em que o ponto de amostragem 4, localizado na barragem da Central Geradora Hidrelétrica Dona Maria Piana, apresenta resultados semelhantes ao ponto de amostragem 5, embora as concentrações obtidas sejam superiores àquelas obtidas por Antunes et al. (2011).

Rodrigues et al. (2015), em um estudo realizado no Rio Gravataí, na bacia hidrográfica que também se localiza na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, obteve as seguintes concentrações médias de metais para amostras de sedimento: Cd = 2,30 mg/kg; Cr = 66,3 mg/kg; Cu = 78,5 mg/kg; Ni = 29,6 mg/kg e Zn = 288,00 mg/kg. Em comparação com o presente estudo, apenas o valor médio para Cd se apresentou superior aos dados obtidos para a Bacia Hidrográfica do Rio Tega, em todos os pontos de amostragem. Já para Cr, as concentrações são na ordem de até dez vezes superiores, em comparação aos valores médios obtidos naquele trabalho.

De um modo geral, as maiores concentrações de metais biodisponíveis foram observadas nos pontos de amostragem 1 e 2, juntamente com o ponto de amostragem 4 e, como visto anteriormente, esses mesmos pontos apresentam altas CTC médias, em comparação aos demais pontos de amostragem. A CTC evidencia a habilidade do sedimento em reter e trocar íons positivamente carregados na superfície coloidal, representando a quantidade total de cátions retidos à superfície desses materiais em condição permutável ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Al}^{3+}$) (Ronquim, 2010). Os valores de CTC maiores que 5,0 cmol_c/kg evidenciam uma alta capacidade de troca, ou

seja, a disponibilidade dos metais nos sedimentos depende de quão forte é a interação ligante/substrato geoquímico (Cotta et al., 2006).

4 CONCLUSÕES

Os valores de concentração encontrados para os metais biodisponíveis foram maiores para as amostras de sedimento em comparação às amostras de água superficial, mostrando que os mesmos são importantes compartimentos acumuladores de espécies metálicas, especialmente Cu, Ni, Zn e Cr, com concentrações superiores aos valores de PEL. As maiores concentrações de metais em sedimento foram observadas nos pontos de amostragem 1 e 2, localizados na área urbana, enquanto que no ponto de amostragem 3, as concentrações médias foram as menores, embora o referido ponto drene as águas do distrito industrial do município. Além disso, no ponto de amostragem 4, localizado em uma barragem, pode estar ocorrendo o acúmulo de espécies metálicas, devido às condições lânticas, uma vez que se trata de um barramento hidrelétrico. Os resultados para o ponto de amostragem 5 indicam que o Rio Tega pode atuar como transportador de íons metálicos para o rio das Antas, já que se trata do exutório da bacia hidrográfica de estudo.

Os resultados obtidos permitiram concluir que a bacia estudada é caracterizada pela influência da concentração populacional e industrial existente na área urbana do município de Caxias do Sul, ressaltando a importância de monitorar a qualidade dos sedimentos e de promover um controle eficiente das fontes locais de poluição.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. I. S. et al. (2014). Metal concentrations in surface water and sediments from Pardo River, Brazil: Human health risks. *Environmental Research*, v. 133, pp. 149-155.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (2012) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington: Centennial Edition, ed. 22, 1496 p.
- ANTUNES, M. et al. (2011). Avaliação preliminar de impactos ambientais através da determinação de metais em sedimentos de bacias urbanas. In: *Engenharia de Sedimentos na busca de soluções para problemas de erosão e assoreamento*. Org. por Lima, J. E. F. e Werneck; Lopes, W. T. A. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Brasília, DF.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 357. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2012.
- COTTA, J. A.; REZENDE, M. O. O.; PIOVANI, M. R. (2006). Avaliação do Teor de Metais em Sedimento do Rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira - Petar, São Paulo, Brasil. *Química Nova*, Vol. 29, nº 1, pp. 40-45.
- FAGNANI, E et al. (2011). Sulfetos volatilizáveis por acidificação e metais extraídos simultaneamente na avaliação de sedimentos de água doce. *Química Nova*, Vol. 34, nº 9, pp. 1618-1628.
- MOZETO, A. A. (2006). Coleta de sedimentos de ambientes aquáticos continentais, extração de águas intersticiais e determinação granulométrica. In: *Métodos de coleta, análises físico-químicas e ensaios biológicos e ecotoxicológicos de sedimentos de água doce*. Org. por MOZETO, A. A., UMBUZEIRO, G. A. e JARDIM, W. F, São Carlos: Cubo Multimídia, pp. 26-35.
- RODRIGUES, M. L. K. et al. (2015). Emprego de análise fatorial para identificação de sedimentos contaminados por metais no Rio Gravataí, RS. In: *Anais do I Congresso Internacional de Hidrossedimentologia*, Porto Alegre, 2015.
- RONQUIM, C. C. (2010). *Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite. 27 p.
- VIECELI, N. C. et al. (2013). Avaliação da Fisiografia de Bacias Hidrográficas de Caxias do Sul, RS. In: *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Bento Gonçalves, 2013.
- YUAN, X. et al. (2014). Sediment properties and heavy metal pollution assessment in the river, estuary and lake environments of a fluvial plain, China. *Catena* 119, pp. 52-60.
- WANG, Z., et al. (2014) Heavy metals in water, sediments and submerged macrophytes in ponds around the Dianchi Lake, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 107, pp. 200-206.