

## IV-041 – AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA QUALIDADE DE SEDIMENTOS DE ARROIOS URBANOS DE CAXIAS DO SUL (RS)

**Maísa Trevisan Antunes<sup>(1)</sup>**

Acadêmica do curso de Engenharia Ambiental da Universidade de Caxias do Sul (UCS).

**Márjore Antunes**

Mestranda em Ciência e Engenharia de Materiais da UCS.

**Vania Elisabete Schneider**

Professora Doutora do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da UCS.

**Marcelo Giovanela**

Professor Doutor do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da UCS.

**Andreia Neves Fernandes**

Professora Doutora do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da UCS.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 - Petrópolis – Caxias do Sul - RS - CEP: 95070-560 - Brasil  
- Tel: (54) 3218-2100 - e-mail: [mtantune@ucs.br](mailto:mtantune@ucs.br)

### RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar preliminarmente a qualidade de seis amostras de sedimento coletadas em arroios urbanos do município de Caxias do Sul (RS), por meio da determinação das espécies As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sr, V e Zn potencialmente disponíveis. Os teores de umidade e de matéria orgânica também foram quantificados nas amostras. Nesse contexto, os teores de umidade total variaram de 24,099 a 28,885%, enquanto que os teores de matéria orgânica estabeleceram-se de 3,289 a 12,602%. A partir dos resultados obtidos para a determinação dos metais potencialmente disponíveis, pode-se evidenciar que, dentre os arroios analisados pertencentes à Bacia Hidrográfica dos Rios Taquari-Antas, as amostras de sedimento coletadas em dois pontos no Arroio Tega apresentaram concentrações elevadas de Cr, Ni, Pb e Zn. Comportamento semelhante foi detectado para o Arroio Pinhal, dentre os arroios pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Caí. Sugere-se que efluentes industriais e emissões veiculares são possíveis fontes pontuais e difusas de contaminação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Espécies Metálicas Biodisponíveis, Sedimento, Arroios Urbanos.

### 1. INTRODUÇÃO

A água é um bem natural utilizado para os mais diversos fins, tais como abastecimento público, atividades industriais, agricultura, dessedentação de animais, dentre outros, sendo a quantidade e a qualidade desse recurso natural assuntos em destaque, em função do uso irracional e da constante contaminação da água<sup>1</sup>. Nesse contexto, estudos sobre a qualidade de um corpo hídrico são de suma importância.

Nos últimos tempos, a qualidade de um corpo hídrico vem sendo relacionada com a qualidade dos sedimentos, visto sua capacidade de reter e/ou liberar contaminantes<sup>2</sup>. Espécies metálicas são exemplos desses contaminantes que são carreados a um corpo receptor por meio de fontes naturais (processos pedogênicos) e antropogênicas (pontuais e/ou difusas). Considerando a mobilidade desses elementos no meio aquático, existem as espécies metálicas potencialmente disponíveis (biodisponíveis), que expressam as reais concentrações às quais os organismos bentônicos e o meio aquático estão submetidos<sup>3</sup>. Deve-se destacar que essas espécies são facilmente extraídas em meio ácido, já que se encontram fracamente ligadas à matriz do sedimento.

Sendo assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar preliminarmente a qualidade de seis amostras de sedimento coletadas em arroios urbanos do município de Caxias do Sul (RS), por meio da determinação das espécies As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sr, V e Zn potencialmente disponíveis. Os teores de umidade e de matéria orgânica (MO) das amostras também foram quantificados, devido a sua importância sobre a dinâmica dos metais no compartimento ambiental em questão. A área de estudo abrange parte das Bacias Hidrográficas dos Rios Taquari-Antas e do Rio Caí, ambas inseridas na Bacia Hidrográfica do Guaíba. Deve-se ressaltar que estudos já realizados sugerem que os arroios que drenam o perímetro urbano do município em questão

possivelmente são utilizados como corpos receptores de esgotos domésticos e efluentes industriais de áreas adjacentes aos mesmos.

## **2. PARTE EXPERIMENTAL**

### **2.1. ÁREA DE ESTUDO**

A Bacia Hidrográfica do Guaíba é subdividida em nove Bacias Hidrográficas, localizadas na região centro-nordeste no Estado do Rio Grande do Sul. Dentre tais Bacias, destaca-se a Bacia Hidrográfica dos Rios Taquari-Antas e a do Rio Caí, ambas situadas na região nordeste do Estado. Uma faixa do divisor de águas de ambas as Bacias encontra-se no município de Caxias do Sul. A Tabela 1 sumariza a descrição dos 6 pontos de amostragem e suas respectivas coordenadas geográficas, enquanto a Figura 1 apresenta um registro fotográfico de cada ponto. Deve-se destacar que os Arroios Tega e Maestra são afluentes do Rio Tega, que desemboca no Rio das Antas, enquanto que os Arroios Pena Branca, Pinhal e Belo são afluentes do Rio Piaí, que desemboca no Rio Caí.

**Tabela 1: descrição dos pontos de amostragem de sedimento.**

<b>Ponto de amostragem</b>	<b>Descrição</b>	<b>Coordenadas geográficas</b>
<b>1</b>	Arroio Tega. Ponto localizado em uma área industrializada e próximo a um posto de gasolina. Água com odor desagradável. Presença de resíduos sólidos objetáveis e pequena quantidade de espumas. Lenta movimentação da água.	S 29°08'57,0" / W 51°11'37,8"
<b>2</b>	Arroio Tega. Ponto localizado em uma área densamente urbanizada, próximo a alguns <i>Pinus sp.</i> Pouca vegetação ciliar. Água com coloração esverdeada. Presença de resíduos sólidos objetáveis. Movimentação branda da água.	S 29°09'27,7" / W 51°12'33,3"
<b>3</b>	Arroio Maestra. Ponto afastado da área densamente urbanizada, próximo a uma metalúrgica e circundado por vegetação nativa. Pequena quantidade de resíduos sólidos objetáveis; movimentação branda da água.	S 29°06'25,3" / W 51°13'03,9"
<b>4</b>	Arroio Pena Branca. Ponto afastado da área densamente urbanizada, próximo a algumas residências. Presença de vegetação ciliar. Água com coloração escura. Resíduos sólidos objetáveis, materiais flutuantes e espumas presentes. Movimentação da água considerável comparando-se com os pontos anteriores.	S 29°11'39,9" / W 51°07'05,3"
<b>5</b>	Arroio Pinhal. Ponto próximo à área densamente urbanizada e a uma associação de reciclagem. Vegetação ciliar presente. Água com odor muito desagradável e cor escura. Presença de resíduos sólidos objetáveis e de grande quantidade de espumas. Movimentação da água mais significativa comparando-se com o ponto anterior.	S 29°11'44,7" / W 51°10'31,6"
<b>6</b>	Arroio Belo. Região pouco afastada da área densamente urbanizada. Ponto com vegetação ciliar, próximo a uma rua asfaltada e a várias araucárias. Água com coloração esverdeada. Lenta movimentação da água.	S 29°13'25,5" / W 51°13'53,1"



Ponto de amostragem 1 – Arroio Tega.



Ponto de amostragem 2 – Arroio Tega.



Ponto de amostragem 3 – Arroio Maestra.



Ponto de amostragem 4 – Arroio Pena Branca.



Ponto de amostragem 5 – Arroio Pinhal.



Ponto de amostragem 6 – Arroio Belo.

**Figura 1: registro fotográfico dos pontos de amostragem.**

## 2.2. COLETA E PREPARO DAS AMOSTRAS

Os materiais envolvidos na coleta, no acondicionamento e no preparo das amostras de sedimento foram previamente imersos em solução de Extran alcalino 15% (v/v) durante 24 horas, enxaguados com água corrente e imersos em solução de  $\text{HNO}_3$  5% (v/v) por 24 horas. Finalmente, foram enxaguados exaustivamente com água deionizada.

A coleta das amostras de sedimento foi realizada com o auxílio de uma pá de jardim. Os sedimentos amostrados foram acondicionados em potes de polietileno, transportados em caixas térmicas até o laboratório e mantidos sob refrigeração a  $-20^\circ\text{C}$  até o momento das análises. Para a determinação do teor de umidade, foi utilizada a amostra *in natura*. Já para as demais análises, as amostras foram secas em estufa ( $50^\circ\text{C}$ ) por 24 horas, moídas



e fracionadas em peneira com abertura de 250  $\mu\text{m}$  (para quantificar o teor de matéria orgânica) e de 63  $\mu\text{m}$  (para quantificar as espécies metálicas potencialmente disponíveis).

### 2.3. PROCESSO METODOLÓGICO DAS ANÁLISES DE SEDIMENTO

A determinação do teor de umidade foi realizada em duas etapas. Na primeira etapa, denominada  $U_1$ , 5 g de sedimento foram submetidas a uma temperatura entre 60-65°C, por 36 horas. Após resfriamento em dessecador e posterior pesagem, as mesmas amostras foram recolocadas em estufa (segunda etapa –  $U_2$ ) a uma temperatura entre 100-110°C, por um período de 24 horas, sendo, em seguida, deixadas em dessecador até peso constante e novamente pesadas. A umidade total (UT) corresponde ao somatório da perda de massa nas etapas  $U_1$  e  $U_2$ . O teor de MO foi determinado através de calcinação (550°C) de 2 g de sedimento durante 4 horas.

Finalmente, para a determinação das espécies metálicas potencialmente disponíveis, foram pesados 0,5 g de sedimento e colocados em tubos de centrífuga com tampa. Em seguida, adicionaram-se 10 mL de solução de HCl 1 mol L<sup>-1</sup>; os tubos foram fechados e levados à agitação em mesa agitadora (120 rpm), à temperatura ambiente, durante 1 h<sup>4</sup>. Depois de centrifugadas, alíquotas de sobrenadante foram separadas para a quantificação das espécies As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sr, V e Zn em um espectrofotômetro de emissão ótica com fonte de plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) iCAP 6500 da *Thermo Electron Corporation*. Deve-se ressaltar que todas as análises foram realizadas em triplicata.

### 2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise de correlação linear diz respeito a uma análise estatística utilizada para sugerir a similaridade de fontes de espécies metálicas em estudos sobre qualidade de sedimento<sup>5</sup>. Nessa análise, o coeficiente de correlação linear de Pearson (r) pode ser interpretado da seguinte maneira: os parâmetros melhores correlacionados apresentarão esse coeficiente próximo de 1 ou de -1.

Nesse estudo, foi realizada a correlação linear entre a concentração das espécies metálicas Cd, Cr, Ni, Pb e Zn. Sendo assim, os metais que melhor estiverem correlacionados podem sugerir uma similaridade de origem, provavelmente, antropogênica. Os demais elementos foram desconsiderados nessa análise estatística, porque provavelmente são de origem natural e/ou porque não apresentam influência antropogênica direta.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para a determinação do teor de umidade e de MO estão sumarizados na Tabela 2. Como pôde ser observado, os resultados referentes à  $U_1$  são maiores do que os relacionados ao segundo estágio ( $U_2$ ). Além disso, verificou-se que os resultados referentes à UT foram praticamente constantes em todos os pontos de amostragem. O teor de umidade dos sedimentos, nesse contexto, pode ser influenciado pela granulometria do sedimento, que possibilita pequenas variações na retenção de água devido ao tamanho dos grãos, bem como ao espaço existente entre os mesmos. Ressalta-se que a granulometria do compartimento ambiental em questão também pode influenciar no conteúdo de MO<sup>6</sup>.

**Tabela 2: determinação do teor de umidade e de MO nas amostras de sedimento.**

Amostra	$U_1$ (%)	$U_2$ (%)	UT (%)	MO (%)
1	25,040 $\pm$ 0,401	0,091 $\pm$ 0,056	25,132 $\pm$ 0,458	5,274 $\pm$ 0,350
2	25,757 $\pm$ 1,015	0,112 $\pm$ 0,011	25,869 $\pm$ 1,022	3,289 $\pm$ 0,121
3	25,025 $\pm$ 1,364	0,311 $\pm$ 0,082	25,336 $\pm$ 1,300	5,607 $\pm$ 0,149
4	28,688 $\pm$ 1,457	0,197 $\pm$ 0,066	28,885 $\pm$ 1,392	5,932 $\pm$ 0,152
5	24,037 $\pm$ 0,758	0,062 $\pm$ 0,008	24,099 $\pm$ 0,753	12,602 $\pm$ 0,314
6	27,974 $\pm$ 0,625	0,000 $\pm$ 0,000	27,974 $\pm$ 0,625	5,443 $\pm$ 0,212

Com relação aos resultados obtidos para MO nos pontos de amostragem 1, 3 e 6, sugere-se que os mesmos corroboram os obtidos para UT. O ponto 2 foi o que apresentou o menor percentual de MO, considerando os

demais pontos. Isso se deve, provavelmente, pelo fato de que a amostra foi coletada às margens do arroio. Sendo assim, a granulometria do sedimento possivelmente é mais grossa, evidenciando um menor teor de MO<sup>1</sup>. Comparando-se os pontos 4 e 5, o primeiro localiza-se em um arroio pouco profundo e estreito. Sendo assim, tais características podem favorecer um acúmulo sedimentar siltoso e/ou argiloso no arroio referente ao ponto 5, facilitando uma maior retenção de MO. Deve-se ressaltar que todas as amostras de sedimento, exceto a do ponto 5, podem ser classificadas como sedimento de natureza mineral, pois apresentaram um teor de MO menor do que 10%<sup>7</sup>.

A MO presente na coluna sedimentar, por sua vez, pode influenciar na biodisponibilidade de espécies metálicas. A MO pode atuar na complexação de determinados metais, tais como Cu e Zn<sup>6,8</sup>. Além disso, a biota aquática também pode interferir na dinâmica desses metais, visto que produz quantidade significativa de MO. No contexto do presente estudo, entretanto, a MO pode não estar influenciando significativamente na disponibilidade de metais, visto seu baixo teor nas amostras de sedimento. Conforme os resultados obtidos para a concentração de todas as espécies metálicas potencialmente disponíveis quantificadas (Tabela 3), sugere-se que características hidrodinâmicas dos arroios, as propriedades físico-químicas do meio e da coluna sedimentar e a biota aquática possam ser interferentes significativos nessa dinâmica dos metais.

**Tabela 3: determinação de espécies metálicas potencialmente disponíveis nas amostras de sedimento.**

Elemento	Concentração (mg kg <sup>-1</sup> )					
	1	2	3	4	5	6
As	0,105 ± 0,001	0,110 ± 0,002	0,114 ± 0,000	0,114 ± 0,001	0,116 ± 0,001	0,114 ± 0,001
Ba	1,437 ± 0,014	1,860 ± 0,033	1,510 ± 0,010	1,530 ± 0,025	2,188 ± 0,005	2,373 ± 0,020
Cd	0,011 ± 0,001	0,012 ± 0,000	0,010 ± 0,000	0,010 ± 0,000	0,014 ± 0,000	0,012 ± 0,000
Co	0,093 ± 0,001	0,115 ± 0,000	0,128 ± 0,002	0,115 ± 0,000	0,092 ± 0,001	0,207 ± 0,003
Cr	2,312 ± 0,032	2,005 ± 0,034	< LQ	0,266 ± 0,002	1,430 ± 0,030	0,116 ± 0,001
Cu	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ
Mn	1,859 ± 0,019	1,717 ± 0,016	6,077 ± 0,060	4,577 ± 0,033	3,486 ± 0,014	8,694 ± 0,097
Ni	2,490 ± 0,016	1,630 ± 0,016	0,082 ± 0,002	0,218 ± 0,002	1,739 ± 0,008	0,032 ± 0,001
Pb	0,400 ± 0,012	0,545 ± 0,022	0,186 ± 0,006	0,274 ± 0,012	0,285 ± 0,008	0,199 ± 0,001
Sr	0,145 ± 0,002	0,202 ± 0,002	0,162 ± 0,002	0,169 ± 0,001	0,244 ± 0,001	0,202 ± 0,002
V	0,087 ± 0,001	0,119 ± 0,002	0,096 ± 0,000	0,112 ± 0,001	0,108 ± 0,001	0,085 ± 0,000
Zn	3,044 ± 0,026	6,656 ± 0,105	0,501 ± 0,008	0,936 ± 0,003	7,180 ± 0,112	4,591 ± 0,047

LQ: limite de quantificação do método = 0,001 mg L<sup>-1</sup>.

Enfatizando a concentração obtida para as espécies metálicas quantificadas, sugere-se que as mesmas provêm de diferentes fontes. Considerando a constituição geológica da área de estudo, os elementos Ba, Co, Mn e V podem ser carreados até os arroios avaliados por meio do intemperismo químico das rochas e demais processos

pedogênicos<sup>9</sup>. Demais espécies quantificadas podem ter origem natural, entretanto, não se pode desconsiderar a possibilidade de contribuição antropogênica.

De acordo com os resultados para os elementos As e Cd, pode-se observar que as concentrações permaneceram praticamente inalteradas entre todos os pontos de amostragem. Ambos os metais podem ser encontrados naturalmente em concentrações-traço em águas continentais. Entretanto, efluentes industriais de galvanoplastia podem também ser uma possível fonte antropogênica desses metais<sup>10</sup>, já que o ponto de amostragem 5 localiza-se em uma área densamente urbanizada e que o município destaca-se pelo setor metal-mecânico. Nesse ponto de amostragem, também foi quantificada a maior concentração de Sr, comparando-se com os demais pontos de amostragem. Entretanto, não há sugestão de influência de atividade antrópica direta sobre esse elemento.

Dentre todos os pontos de amostragem, as maiores concentrações de Cr e Ni foram quantificadas nos sedimentos amostrados nos Arroios Tega e Pinhal (pontos 1, 2 e 5). Além disso, a espécie metálica Zn apresentou elevadas concentrações nesses três pontos e também no Arroio Belo (ponto 6). Considerando que algumas indústrias localizadas na área de estudo executam processos de cromagem, niquelagem e zincagem, seus efluentes constituem possíveis fontes de aporte desses elementos<sup>10</sup>.

Os pontos de amostragem 1 e 2, localizados no Arroio Tega e em regiões densamente urbanizadas, apresentaram as maiores concentrações de Pb em comparação com os demais pontos. Efluentes de indústrias metalúrgicas e emissões veiculares são possíveis fontes antropogênicas de aporte desse elemento<sup>11</sup>. Finalmente, a concentração da espécie metálica Cu ficou abaixo do limite de quantificação do método para todos os pontos de amostragem. A competição existente entre as diversas espécies metálicas a serem fixadas pelo sedimento e características físico-químicas do meio e da própria coluna sedimentar podem estar favorecendo a transferência do elemento Cu para a coluna d'água.

As relações realizadas nesse estudo entre UT, MO e espécies metálicas potencialmente disponíveis podem ser alteradas temporariamente dependendo das condições do meio, tais como força iônica, condições redox, dentre outras<sup>12</sup>. Sendo assim, essas relações consideraram apenas as condições ambientais dos pontos de amostragem na época da coleta. Nesse contexto, a correlação linear (Tabela 4) realizada entre as concentrações dos elementos Cd, Cr, Ni, Pb e Zn pode auxiliar na interpretação sobre o comportamento ambiental de tais metais nesse período de tempo, além de inferir sobre a similaridade de suas fontes<sup>13</sup>.

**Tabela 4: correlação linear entre Cd, Cr, Ni, Pb e Zn nos pontos de amostragem.**

	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Ni</b>	<b>Pb</b>	<b>Zn</b>
<b>Cd</b>	<b>1,000</b>				
<b>Cr</b>	0,210	<b>1,000</b>			
<b>Ni</b>	0,436	0,969	<b>1,000</b>		
<b>Pb</b>	0,187	0,805	0,713	<b>1,000</b>	
<b>Zn</b>	0,929	0,385	0,516	0,490	<b>1,000</b>

Foi possível observar que houveram fortes correlações lineares ( $r > 0,600$ ) entre determinados metais (Lira *apud* 11). Sendo assim, os pares de elementos Cd e Zn, Cr e Ni, Cr e Pb e Ni e Pb podem apresentar similaridade de fontes. Nesse contexto, essa análise estatística corrobora a discussão realizada anteriormente sobre as possíveis fontes antropogênicas das espécies metálicas em questão. O lançamento de efluentes industriais de galvânicas possivelmente é uma das fontes antropogênicas de Cd, Cr, Ni e Zn, enquanto que emissões veiculares sugerem fonte de Pb para os arroios estudados.

## CONCLUSÕES

A determinação de espécies metálicas potencialmente disponíveis possibilitou uma avaliação preliminar da qualidade dos sedimentos de arroios urbanos de Caxias do Sul. Dentre os arroios estudados pertencentes à Bacia Hidrográfica dos Rios Taquari-Antas, as amostras de sedimento coletadas em dois pontos no Arroio Tega apresentaram concentrações elevadas de Cr, Ni, Pb e Zn. Comportamento semelhante foi detectado para o Arroio Pinhal, dentre os arroios pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Caí. Efluentes industriais e

emissões veiculares são possíveis fontes pontuais e difusas de contaminação, respectivamente. Destaca-se que os teores de umidade e de MO podem influenciar na biodisponibilidade de metais. Entretanto, outras propriedades físico-químicas do meio e da coluna sedimentar, bem como as condições hidrodinâmicas de cada arroio, provavelmente atuam mais significativamente nessa dinâmica considerando o período de amostragem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FROEHNER, S.; MARTINS, R.F. Avaliação da composição química de sedimentos do Rio Barigui na região metropolitana de Curitiba. *Química Nova*, v. 31, n. 8, p. 2020-2026, 2008.
2. GRANBERG, M.E.; SELCK, H. Effects of sediment organic matter quality on bioaccumulation, degradation, and distribution of pyrene in two macrofaunal species and their surrounding sediment. *Marine Environmental Research*, v. 64, n. 3, p. 313-35, 2007.
3. BELO, A.; QUINÁIA, S.P.; PLETSCH, A.L. Avaliação da contaminação de metais em sedimentos superficiais das praias do Lago de Itaipu. *Química Nova*, v. 33, n. 3, p. 613-617, 2010.
4. SUTHERLAND, R.A.; TACK, F.M.G. Extraction of labile metals from solid media by dilute hydrochloric acid. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 138, p. 119-130, 2008.
5. ALOMARY, A.A.; BELHADJ, S. Determination of heavy metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) by ICP-OES and their speciation in Algerian Mediterranean Sea sediments after a five-stage sequential extraction procedure. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 135, p. 265-280, 2007.
6. MARIANI, C.F. Reservatório Rio Grande: caracterização limnológica da água e biodisponibilidade de metais-traço no sedimento. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 123 p., 2006.
7. ESTEVES, F.De A. Fundamentos de Limnologia. ed. 2. Rio de Janeiro: Interciência, 602 p., 1998.
8. LOMBARDI, A.T.; HIDALGO, T.M.R.; VIEIRA, A.A.H. Copper complexing properties of dissolved organic materials exuded by the freshwater microalgae *Scenedesmus acuminatus* (Chlorophyceae). *Chemosphere*, v. 60, n. 4, p. 453-459, 2005.
9. FRANK, H.T.; FORMOSO, M.L.L.; GOMES, M.E.B. Minerais secundários na Formação Serra Geral (Bacia do Paraná). In: Resumos da I Semana Acadêmica dos Alunos de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre: UFRGS, p. 55-58, 2006.
10. PADIAL, P.R. Qualidade, heterogeneidade espacial e biodisponibilidade de metais no sedimento de um reservatório tropical urbano eutrofizado (Reservatório Guarapiranga, SP). Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 109 p., 2008.
11. GONÇALVES, M.F. Variação temporal e espacial da presença dos metais pesados Cd, Cr, Ni, Pb, Zn na Bacia do Rio Barigüi e identificação de suas fontes potenciais. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, 152 p., 2008.
12. ARAUJO, B.F.; ALMEIDA, M.G.De; SALOMÃO, M.S.M.B.; GOBO, R.R.; SIQUEIRA, V.C.; OVALLE, A.R.C.; REZENDE, C.E.De. Distribuição de Hg total e suas associações com diferentes suportes geoquímicos em sedimentos marinhos da margem continental brasileira: Bacia de Campos – Rio de Janeiro. *Química Nova*, v. 33, n. 3, p. 501-507, 2010.
13. JESUS, H.C.; COSTA, E.A.; MENDONÇA, A.S.F.; ZANDONADE, E. Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória – ES. *Química Nova*, v. 27, n. 3, p. 378-386, 2004.