



ISSN = 1980-993X – doi:10.4136/1980-993X

www.ambi-agua.net

E-mail: ambi-agua@agro.unitau.br

Tel.: (12) 3625-4212



Avaliação das concentrações de metais pesados em águas superficiais e sedimentos do Córrego Monte Alegre e afluentes, Ribeirão Preto, SP, Brasil

(doi:10.4136/ambi-agua.157)

Renato Igor da Silva Alves¹; Karina Aparecida de Abreu Tonani¹; Meire Nikaido¹; Osmar de Oliveira Cardoso¹; Tânia Maria Beltramini Trevilato²; Susana Inés Segura-Muñoz¹

¹Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Laboratório de Ecotoxicologia e Parasitologia Ambiental (LEPA), Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto

E-mail: renatobio@usp.br; karina_abreustz@yahoo.com.br; meirenk@yahoo.com.br; osmardoc@usp.br; susis@eerp.usp.br

²Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto
E-mail: tmbeltra@fmrp.usp.br

RESUMO

O presente estudo avaliou as concentrações de metais pesados em água superficial e sedimentos do córrego Monte Alegre e afluentes, curso d'água oriundo de área intensamente modificada, tributário do córrego Ribeirão Preto e componente da Bacia do Rio Pardo. Os resultados foram comparados com os dados obtidos em estudo publicado em 2004, em que foram avaliados os níveis de metais pesados em águas superficiais do mesmo córrego. Para a avaliação dos níveis de Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn foram coletadas 18 amostras de água superficial em 9 pontos. As dosagens dos metais foram realizadas por Espectrofotometria de Absorção Atômica. Em cada ponto de coleta foram coletadas duas amostras de água e uma de sedimento. As médias das concentrações de Zn e Pb na água superficial coletada excederam os valores para a rios classe 1, mas não para a rios classe 3, segundo Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) N° 357, de 17 de março de 2005. A média das concentrações de Mn não apresentou valor superior aos valores máximos permissíveis para rios classe 1 e 3, mas em alguns pontos de coleta as concentrações excederam os valores para rios classe 1. Quando comparadas, as médias das concentrações de Mn, Cd e Pb mostraram-se maiores em estudo publicado em 2004 e a média das concentrações de Zn maiores em 2007. Já para o sedimento, o Cu e o Zn apresentaram as médias das concentrações superiores aos padrões estabelecidos pela Holanda e aos da Resolução CONAMA N° 344, de 25 de março de 2004.

Palavras-chave: metais pesados; espectrofotometria; água superficial; sedimentos; saúde ambiental.

Evaluation of heavy metal levels in surface water and sediments of Monte Alegre Stream and tributaries, Ribeirão Preto, SP, Brazil

ABSTRACT

The present study analyzed the levels of heavy metals in surface water and sediment of Monte Alegre stream and its tributaries, a watercourse located in an area under strong anthropogenic impacts. Results were compared with data from a study published in 2004. To evaluate the levels of Cd, Cr, Cu, Mn, Pb and Zn, 18 samples of surface water and 9 of sediment were collected. Metal levels were measured by atomic absorption spectrophotometry. The average concentrations of Zn and Pb in surface water samples exceeded the maximum limits for rivers of class 1, but not for rivers of class 3 according to Resolution 357/2005 of the National Environmental Council (CONAMA). Mn average

concentrations did not present values higher than the maximum limits for rivers of class 1 and 3, but in some points it exceeded the maximum limits for rivers of class 1. The average concentration of Mn, Cd and Pb were higher in published study in 2004 while Zn was higher in 2007. In sediment samples, Cu and Zn showed average concentrations higher than the limits set by the Netherlands and by Resolution 344/2004 of the National Environmental Council.

Keywords: heavy metals; spectrophotometry; surface water; sediments; environmental health.

1. INTRODUÇÃO

A história da civilização está relacionada com as diversas maneiras com que os seres humanos aprenderam a manipular os recursos hídricos. Muitas comunidades emergiram perto de rios ou onde a água pudesse ser obtida de modo a garantir a produção de alimentos necessários para a manutenção da população (Cleik, 2001).

A água é indispensável para um largo espectro das atividades humanas, entre as que se destacam, o abastecimento público e industrial, a irrigação agrícola, a produção de energia elétrica e as atividades de lazer e recreação. A crescente expansão demográfica e industrial observada nas últimas décadas trouxe como consequência o comprometimento das águas dos rios, lagos e reservatórios. A poluição das águas é gerada por efluentes domésticos (poluentes orgânicos biodegradáveis, nutrientes e bactérias); efluentes industriais (poluentes orgânicos e inorgânicos, dependendo da atividade industrial); e carga difusa urbana e agrícola (poluentes advindos da drenagem dessas áreas contendo fertilizantes, defensivos agrícolas, fezes de animais e material em suspensão) (CETESB, 2001; Beló et al., 2010).

Os contaminantes presentes nas águas superficiais podem se encontrar em solução ou em suspensão. O material em suspensão pode ser encontrado na forma de partículas ou de gotículas (como o óleo) e os contaminantes podem estar dissolvidos ou adsorvidos a essas gotículas ou partículas sólidas. Tais formas podem ser transportadas pela água por longas distâncias. As distâncias percorridas pelos contaminantes dependem de sua estabilidade e estado físico e do fluxo do corpo d'água. Compostos mais estáveis e em solução tendem a percorrer distâncias maiores, dependendo do fluxo do rio ou da corrente marítima. Tanto as partículas como as gotículas podem se depositar no sedimento, dependendo de sua densidade (Chasin e Pedroso, 2003).

O sedimento tem sido cada vez mais utilizado em estudos de avaliação da qualidade de ecossistemas aquáticos, por retratar condições históricas das influências de atividades antropogênicas sobre esses ambientes, nem sempre detectáveis pelo uso de variáveis da água (CETESB, 2006).

Dentre os diferentes contaminantes químicos, o estudo dos metais pesados vem sendo considerado prioritário nos programas de promoção da saúde em escala mundial. Segundo Baird (2002), o termo metal pesado se refere a uma classe de elementos químicos, muitos dos quais nocivos para os seres humanos. Os metais pesados possuem densidades altas em relação a outros materiais comuns.

Metais pesados como o cádmio (Cd), chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), manganês (Mn), mercúrio, (Hg) zinco (Zn) podem ser citados como os mais estudados, devido a seus efeitos à saúde humana (Segura-Muñoz, 2002). A presença de metais pesados pode estar relacionada com resíduos industriais e domésticos e entradas atmosféricas (Sreenivasa Rao, 2006).

O córrego Monte Alegre e afluentes, tributários do Ribeirão Preto e componentes da Bacia do Rio Pardo, são cursos d'água oriundos de área intensamente modificada (Alvarenga et al., 1986), recebendo influência direta de um complexo agroindustrial produtor de açúcar e álcool, de um Hospital Universitário, do Aterro Sanitário Municipal e do Micro-

ondas de Resíduos de Serviço de Saúde de Ribeirão Preto, hoje desativados (Nikaido et al., 2004).

Considerando que os despejos industriais, domésticos e hospitalares, ao serem lançados no córrego Monte Alegre e afluentes, podem comprometer seriamente a qualidade de suas águas, este estudo teve como objetivo avaliar as concentrações de metais pesados em água superficial e sedimentos do córrego Monte Alegre e afluentes e fazer uma comparação com o estudo desenvolvido em 2003 e publicado por Nikaido et al. em 2004. Ambos os estudos foram realizados na mesma época do ano (mês de fevereiro). De acordo com CIIAGRO (Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas), os valores médios de chuvas durante os 40 dias que antecederam as coletas foram de aproximadamente 617 mm para o ano de 2007 e 641 mm para o ano de 2003.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local de Estudo

O trabalho foi desenvolvido no córrego Monte Alegre e afluentes, tributário do córrego Ribeirão Preto no município de Ribeirão Preto-SP, Brasil.

A cidade de Ribeirão Preto está localizada na região Nordeste do Estado de São Paulo, na porção Norte-Noroeste da bacia do Paraná, na província geomorfológica denominada “Cuestas Basálticas” (Laguna, 2000). Atualmente, possui uma população de 605.114 habitantes e uma área de 650 km² (IBGE, 2010).

2.2. Coleta de amostras

A demarcação dos pontos de coleta foi realizada no local de estudo por uma equipe de topógrafos, após planejamento prévio e estudo da área no ano de 2007. A coleta de amostras ocorreu no mês de fevereiro de 2007, sendo coletadas um total de 18 amostras de água em 9 pontos. Em cada ponto de coleta foram coletadas duas amostras de água e uma de sedimento.

2.3. Medição de pH e temperatura

A leitura de pH e temperatura foram realizadas pelo aparelho PH-MV-TEMP. METER da marca LT lutron e modelo PH-206, no momento da coleta.

2.4. Coleta e acondicionamento de amostras para análise de metais

Todos os materiais utilizados para coleta e acondicionamento das amostras para a quantificação de metais são de polietileno e foram previamente submersos em solução de ácido nítrico a 30% (Steinbörn e Breen, 1999) por 24 horas, para eliminação de metais interferentes (APHA, 1998), e, posteriormente, enxaguados com água Milli-Q no Setor de Metais do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (HCFMRP). Foram utilizadas garrafas de polietileno de 300 ml, providas de tampa e tubos cônicos de polietileno de 50 ml também providos de tampa.

Após a coleta, as amostras de água foram levadas para o Setor de Metais, Laboratório de Pediatria, do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto (HCFMRP), e os sedimentos para o Laboratório de Saúde Ambiental da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto.

2.5. Preparação e análise das amostras

As dosagens dos metais foram realizadas por Espectrofotometria de Absorção Atômica, no Setor de Metais, Laboratório de Puericultura e Pediatria do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto (HCFMRP). As dosagens de Cd, Cr, Cu, Mn e Pb foram realizadas por Espectrofotometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite (EAA-FG) em um Espectrofotômetro Varian-Zeeman modelo 640-Z. A dosagem de Zn foi realizada por

Espectrofotometria de Absorção Atômica de Chama (EAACHama) em um Espectrofotômetro Varian, modelo AA-200.

Para as amostras de águas superficiais foram utilizados padrões certificantes de água não potável (NW 455; NW 501; NW 503), procedentes do Instituto Quality Control Technologies Pty Ltd., Queensland, Austrália.

As amostras de sedimento foram mantidas à temperatura ambiente por 30 dias em caixas de polietileno, em local fresco e arejado, e protegidas com telas para evitar contaminação por agentes externos. Após a secagem, as amostras foram homogeneizadas manualmente utilizando-se espátulas de polietileno, no Laboratório de Saúde Ambiental Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto.

Para a análise das amostras de sedimento, foi utilizado o método “Extração de metais por Água Regia (HNO₃:HCL/3:1) em bombas de teflon”, em que foi pesado aproximadamente, 1g de cada amostra e depois foram adicionados 10 ml de Água Regia. As bombas de teflon foram tampadas e deixadas em repouso por 8 horas à temperatura ambiente. Logo depois, as amostras foram levadas à estufa em temperatura de 80°C por mais 8 horas. Após o término da digestão e resfriamento, as soluções foram filtradas com papel de filtro 12,5 cm e diluídas até 25 ml com água Milli-Q. Em seguida foi realizado o processo de evaporação das amostras, com a finalidade de eliminar a carga ácida delas. A evaporação foi realizada em banho de areia, utilizando-se 10 ml de amostra digerida, até a evaporação do ácido sem deixar queimar o resíduo. Para a recuperação foram adicionados 10 ml de água Milli-Q e, após o processo, calculou-se o Fator de Evaporação (FE).

Para as amostras de sedimentos foram utilizados padrões certificantes de solo (134-CCD) procedentes do Instituto Quality Control Technologies Pty Ltd., Queensland, Austrália.

2.6. Análise dos dados

Para a análise dos resultados obtidos, foi consultada a Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) N° 357, de 17 de março de 2005, que 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 (Brasil, 2005) e também a Resolução CONAMA 344, de 25 de março de 2004, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências (Brasil, 2004).

Os testes estatísticos foram realizados utilizando-se o Programa Estatístico GraphPad Prism (Version 3.02 for Windows, GraphPad Software, San Diego, CA, USA). Correlações entre os parâmetros analisados foram realizadas aplicando o Teste r-Spearman. Para as comparações entre os dados foi utilizado o teste não paramétrico Mann-Whitney. A probabilidade de 0,05 ou menos considerada como significante.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os resultados das análises das amostras coletadas no mês de fevereiro de 2007 no córrego Monte Alegre e afluentes em Ribeirão Preto, SP. Dentre os parâmetros físico-químicos, o pH variou entre 6,12 e 7,87 e a temperatura entre 23,1°C e 26,4°C.

As concentrações de Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn das amostras de água superficial coletadas no córrego Monte Alegre e afluentes são apresentadas na Tabela 1. A partir dos dados encontrados, calculou-se a média, desvio padrão, valor mínimo e máximo de ocorrência, em mg/L, de cada metal pesquisado, considerando-se todas as amostragens realizadas. Na Tabela 1, também são resumidos os valores máximos permissíveis (V.M.P.) estabelecidos na Resolução CONAMA N° 357/2005.

Tabela 1. Concentração de metais nas amostras de água coletadas no córrego Monte Alegre, Ribeirão Preto (mg/L).

Pontos de Amostra	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn
A	0,000036	0,000445	0,00243	0,091198	0,01065	0,01735
B	0,000031	0,000532	0,002015	0,086125	0,0139	0,018
D	0,000036	0,00059	0,004365	0,22915	0,0115	0,0238
E	0,000054	0,000334	0,006075	0,113508	0,0124	0,02615
F	0,0000185	0,000431	0,001495	0,032007	0,0093	0,01665
G	0,0000645	0,000479	0,001	0,090368	0,0109	0,02145
H	0,000022	0,000297	0,00357	0,037335	0,0135	0,021
I	0,0000205	0,000172	0,00163	0,04974	0,0071	0,02015
J	0,0000265	0,000369	0,00389	0,04706	0,0188	0,02045
Média	0,0000343	0,000405	0,003261	0,086277	0,012006	0,020556
Desvio Padrão	0000015688	0,000128	0,001652	0,060631	0,003295	0,003063
Mínimo	0,0000185	0,000172	0,00100	0,032007	0,0071	0,01665
Máximo	0,0000645	0,00059	0,006075	0,22915	0,0188	0,02615
*V.M.P. (CONAMA /classe1)	0,001	0,05	0,009	0,1	0,01	0,18
*V.M.P. (CONAMA /classe3)	0,01	0,05	0,013	0,5	0,033	5

*V.M.P.: Valor máximo permissível para o enquadramento das classes de rios (mg/L).

Na Figura 1 é apresentada a comparação das concentrações de metais pesados em água superficial do córrego Monte Alegre e afluentes nos diferentes pontos de coleta em 2007 com os dados reportados por Nikaido et al. em 2004. A análise mostrou que não houve diferença estatisticamente significativa para Cr e Cu. Já as médias das concentrações de Zn, Cd, Mn e Pb, apresentaram diferenças estatisticamente significantes, sendo as médias das concentrações de Mn, Cd e Pb maiores em 2004 e a média das concentrações de Zn maior em 2007.

O córrego Monte Alegre é um corpo de água doce pertencente à classe 4 (DAEE, 2007), as águas pertencentes a essa classe podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística (Brasil, 2005). Essa classe utiliza-se dos mesmos padrões de metais pesados estabelecidos para os corpos de água da classe 3 (águas que podem ser destinadas ao abastecimento para o consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora, à recreação de contato secundário; e a dessedentação de animais).

Segundo Nikaido et al. (2004), na época do estudo foram observadas algumas plantações de hortaliças ao longo do córrego Monte Alegre, utilizando-se de sua água para irrigação. Embora não tenha sido feita essa investigação no presente estudo, os dados obtidos foram comparados também aos padrões estabelecidos para a classe 1 (águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à recreação de contato primário, como esqui aquático, natação e mergulho; à proteção das comunidades aquáticas; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas).

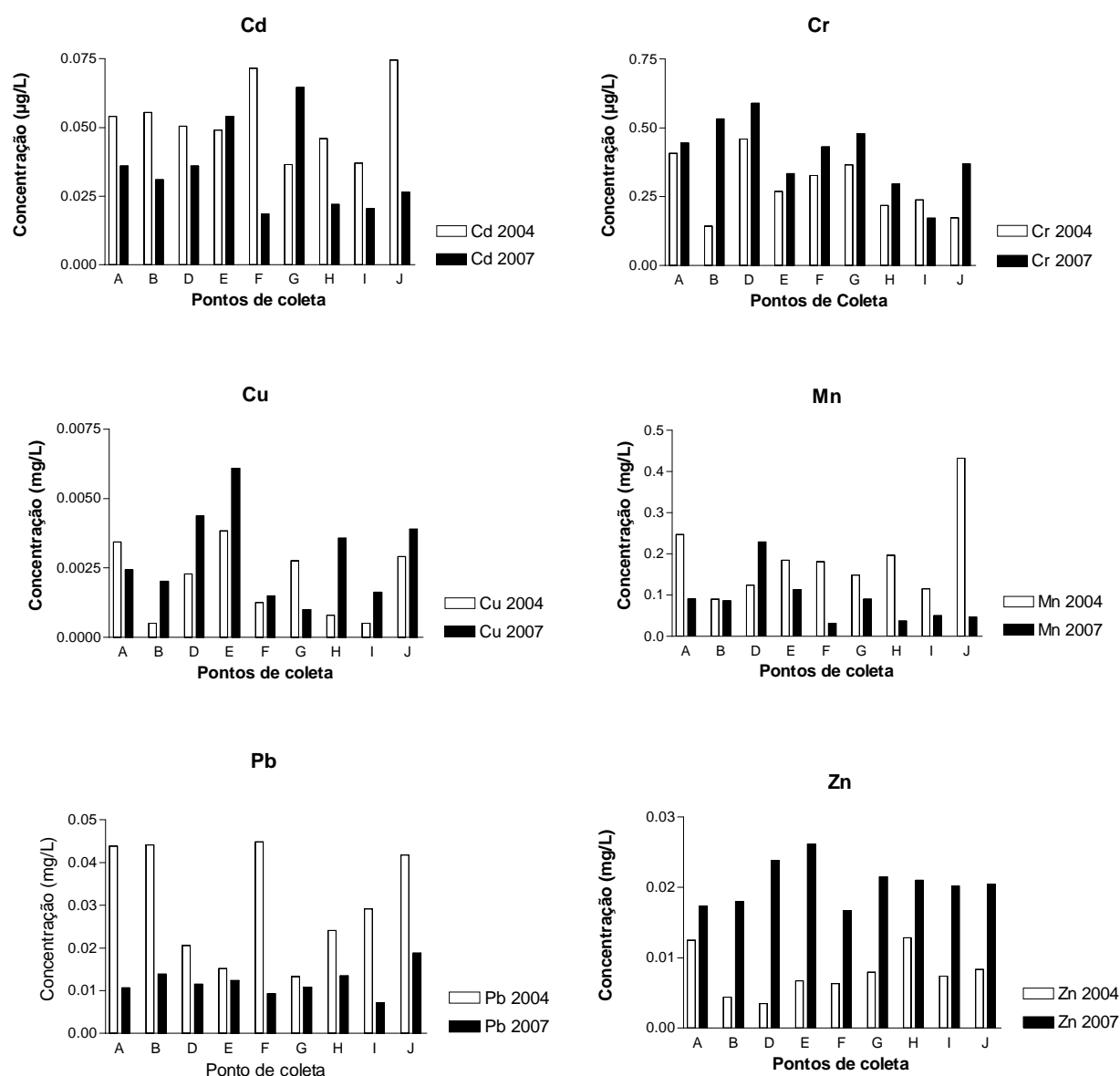


Figura 1. Comparação das concentrações de Cd, Cr, Cu, Mn, Pb e Zn em água superficial do córrego Monte Alegre e afluentes nos diferentes pontos de coleta em 2007 com os dados reportados por Nikaido et al. em 2004.

As médias das concentrações de Cr, Cd, Cu não apresentaram valores superiores aos valores máximos permissíveis pelo CONAMA, tanto para corpos de água doce classe 1, quanto classe 3, enquanto que as médias das concentrações de Zn e Pb excederam os valores para a classe 1, mas não para a classe 3. De acordo com Rios-Arana et al. (2004), Zn e Pb foram os elementos que apresentaram maiores concentrações em água superficial em uma área de estudo com grande influência antropogênica. A média das concentrações de Mn não apresentou valor superior aos valores máximos permissíveis pelo CONAMA para a classe 1 e 3, mas em alguns pontos de coleta as concentrações excederam os valores para a classe 1.

Os resultados demonstraram que não existe correlação estatisticamente significativa entre os valores de pH obtidos para as amostras de água superficial coletadas e as respectivas concentrações dos metais analisados. Portanto, pode-se inferir que o pH das amostras não está determinando a fixação dos metais nesse corpo de água. Esse é um parâmetro importante na avaliação de um corpo hídrico uma vez que influencia o processo biológico que ocorre no

sistema aquático, bem como a toxicidade e mobilidade de alguns compostos presentes (Silva, 2006). Considera-se que teores de pH alcalinos favorecem a precipitação de íons metálicos sob a forma de hidróxidos para o sedimento, motivo que diminui a concentração dos metais nas águas superficiais (FEEMA, 1980).

Os valores de pH das amostras de águas superficiais encontrados em 2003 e 2007 também não apresentaram diferenças estatisticamente significativas quando comparados, apresentando médias de 7,14 e 6,75, e desvio padrão de 0,34 e 0,57 respectivamente.

O importante volume de chuvas nos meses anteriores a coleta deve ser considerado um fator determinante na concentração dos metais pesados presentes no córrego estudado. Como citado anteriormente, os valores médios de chuvas durante os 40 dias que antecederam as coletas foram de aproximadamente 617 mm para o ano de 2007 e 641 mm para o ano de 2003 (CIIAGRO, 2010), apresentando padrões no regime pluviométrico sem grandes diferenças entre os anos de 2007 e 2003.

Metais como Mn e Pb, em concentrações superiores às máximas permitidas, são considerados neurotóxicos, capazes de induzir disfunções neurais ou causar lesões no sistema nervoso central ou periférico. A exposição a esses elementos desencadeia uma ampla variedade de manifestações clínicas que vão desde disfunções motoras e mudanças comportamentais até psicoses (Candurra et al., 2000; Segura-Muñoz et al., 2003). O Zn pode causar irritação e corrosão do trato intestinal, podendo ainda levar à necrose renal ou nefrite, nos casos mais severos (Barceloux, 1999). A constatação dos altos níveis de Zn, Mn e Pb nas águas superficiais do córrego evidenciam a necessidade do monitoramento periódico desse corpo de água, considerando-se os efeitos tóxicos e bioacumulativos característicos desses metais.

As concentrações de metais pesados nos sedimentos constam na Tabela 2. Essas concentrações foram comparadas aos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA 344/2004, baseados em padrões internacionais (Canadá e EUA). Além da Resolução CONAMA 344/2004, as concentrações também foram comparadas aos padrões da Holanda (Crommentuijn et al., 2000).

A partir dos dados encontrados, também calculou-se a média, desvio padrão, valor mínimo e máximo de ocorrência, em mg/kg, de cada metal pesquisado, considerando-se todas as mostragens realizadas. Os resultados encontrados são apresentados na Tabela 2.

As concentrações de Cd apresentaram média menor que os valores máximos permissíveis tanto pelo CONAMA quanto pelos padrões holandeses. O Cu e o Zn apresentaram as médias das concentrações superiores aos padrões holandeses e aos do CONAMA. Já as concentrações do Pb e Cr apresentaram médias superiores aos do CONAMA, mas inferiores aos da Holanda.

Os sedimentos são constituídos de substratos geoquímicos, dos quais os mais importantes são aqueles que têm a capacidade de reter e concentrar elementos traço (metais em baixa concentração). Esses substratos geoquímicos possuem alta superfície específica e alta capacidade de troca catiônica. Os substratos mais comuns nos sedimentos de rios são os óxidos de ferro e manganês, matéria orgânica e argilo minerais (Cotta, 2003), o que corrobora para as altas concentrações de Mn encontradas nos sedimentos coletados e possivelmente uma das razões para que não apresente valores máximos permissíveis estabelecidos.

Segundo alguns trabalhos realizados no estado de São Paulo (Peláez-Rodríguez, 2001; Barreto, 1999), onde também foram encontradas altas concentrações de Cu e Zn nos sedimentos do córrego, os valores podem estar relacionados às áreas de cana de açúcar próxima ao córrego. A contaminação por Cu pode ter origem nos esgotos domésticos e industriais ou por lixiviação de produtos agrícolas das chuvas. De acordo com outro trabalho (Ziulli et al., 1995) realizado, os altos valores de Zn podem estar relacionados à atividade de queima da cana.

Tabela 2. Concentração dos metais nas amostras de sedimento coletado no córrego Monte Alegre, Ribeirão Preto (mg/kg).

Pontos de Amostra	Cd	Cr	Cu	Mn	Pb	Zn
A	0,334	587,720	1.569,731	4.879,155	672,690	1.604,937
B	0,432	60,980	432,139	46.543,980	229,503	739,654
D	0,134	522,868	1.162,344	10.220,181	236,815	1.290,251
E	0,245	328,437	1.033,082	10.129,776	216,669	1.008,860
F	0,285	534,316	1.371,997	11.860,453	696,543	1.416,655
G	0,325	436,183	1.187,597	8.950,183	661,203	1.287,592
J	0,335	448,939	1.300,427	11.791,508	695,996	1.724,161
H	0,336	310,294	1.357,486	5.736,419	287,320	1.278,780
Média	0,303	403,717	1.176,850	13.763,957	462,092	1.293,861
Desvio Padrão	0,087	169,062	341,410	13.492,659	235,827	312,971
Mínimo	0,134	60,980	432,139	4.879,155	216,669	739,654
Máximo	0,432	587,720	1.569,731	46.543,980	696,543	1.724,161
**V.M.P. (CONAMA)	3,500	90,000	197,000	*sv	91,300	300,000
**V.M.P. (Holanda)	30,000	1.720,000	73,000	*sv	4.800,000	620,000

**V.M.P.: Valor máximo permissível (mg/kg).

*sv: sem valor estabelecido.

As diferenças encontradas nos padrões do CONAMA e da Holanda mostram a necessidade do Brasil criar uma legislação com padrões adequados para o próprio país. Os sedimentos de áreas diferentes apresentam características e constituição diferentes, portanto é questionável utilizar padrões estrangeiros para estabelecer valores máximos permissíveis.

Os sedimentos têm um papel significativo no ecossistema aquático, pois além de fornecer habitat para muitos organismos aquáticos, serve como fonte e depósito de materiais orgânicos e inorgânicos. De acordo com o tempo de resistência na água do rio, pode ocorrer uma maior ou menor sedimentação dos materiais orgânicos e inorgânicos que chegam via entradas pontuais ou difusas (Cotta, 2003).

Corroborando com o que foi encontrado nas análises, sabe-se que em rios, as concentrações de metais nos sedimentos em suspensão são em geral maiores que a concentração dissolvida na coluna d'água, embora as transferências de metais entre tais compartimentos estejam relacionadas às características do íon metálico, ao tamanho das partículas, ao conteúdo orgânico e à concentração destes no sedimento. Entretanto, em ambientes altamente contaminados por metais pesados, os níveis destacáveis na forma dissolvida podem ser relativamente elevados (Tomazelli, 2003).

4. CONCLUSÕES

Conforme mostrado anteriormente, as médias das concentrações de Zn e Pb em água superficial excederam os valores para a classe 1, mas não para a classe 3. A média das concentrações de Mn não apresentou valor superior aos valores máximos permissíveis pelo CONAMA para a classe 1 e 3, mas em alguns pontos de coleta as concentrações excederam os valores para a classe 1. Quando comparadas, as médias das concentrações de Mn, Cd e Pb mostraram-se maiores em 2003 e a média das concentrações de Zn maiores em 2007. Já para

o sedimento, o Cu e o Zn apresentaram as médias das concentrações superiores aos padrões estabelecidos pela Holanda e aos do CONAMA.

Embora alguns valores possam estar relacionados ao ambiente geológico ao redor do córrego, as altas concentrações de alguns metais indicam uma influência da ação antrópica no córrego Monte Alegre, já que se trata de uma área intensamente modificada de acordo com Alvarenga et al. (1986). Evidenciou-se também a importância da quantificação dos níveis de metais em sedimentos, apresentando uma avaliação crônica das concentrações de metais pesados no córrego e uma maior reflexão sobre seus padrões na legislação brasileira.

Os resultados apresentados fornecem bases para o monitoramento, conservação e proteção do córrego. Pretende-se, também, que esses resultados possam ser utilizados como controle para estudos de contaminação em regiões geograficamente similares. O monitoramento da qualidade da água do córrego Monte Alegre constitui, assim, um instrumento de gestão ambiental, recomendando-se sua continuidade, para obter uma série consistente de dados sistematizados e para subsidiar de forma concreta as ações de planejamento e controle do uso da água do córrego Monte Alegre e do solo em seu entorno.

5. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo suporte financeiro para a realização da pesquisa (Processos: 2002/11831-6 e 2006/55788-8).

6. REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, E. C; SOUZA, A.; GRECO, P. A. P.; ZUQUETE, L. V. **Estudo de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental do aterro sanitário e incinerador (EIA-RIMA)**. Ribeirão Preto: DURSARP, 1986.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington, DC: APHA, 1998. 1085 p.
- BAIRD, C. **Química ambiental**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2002. 622 p.
- BARCELOUX, D. G. Zinc. *Journal Toxicology - Clinical Toxicology*, London, v. 37, n. 2, p. 279-292, 1999.
- BARRETO, A. dos S. **Estudo da distribuição de metais em ambiente lótico, com ênfase na assimilação pelas comunidades biológicas e na sua quantificação nos sedimentos e água**. 1999. 276f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999.
- BELÓ, A.; PÉRCIO QUINÁIA, S.; LOWE PLETSCHE, A. Caracterização de sedimento superficial do Rio Jordão na Região Centro-Sul do Estado do Paraná, Brasil. *Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, Taubaté, v. 5, n. 1, p. 134-144, 2010.
- BRASIL. Resolução CONAMA 344, de 25 de março de 2004. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 87, 07 de maio de 2004. Seção 1, p. 56-57.

ALVES, R. I. S.; TONANI, K. A. A.; NIKAIDO, M.; CARDOSO, O. O.; TREVILATO, T. M. B.; SEGURA-MUÑOZ, S. I. Avaliação das concentrações de metais pesados em águas superficiais e sedimentos do Córrego Monte Alegre e afluentes, Ribeirão Preto, SP, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 5, n. 3, p. 122-132, 2010. ([doi:10.4136/ambi-agua.157](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.157))

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação de 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. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 53, 18 de março de 2005. Seção 1, p. 58-63.

CANDURRA, S. M.; BUTERA, R.; GANDINI, C.; LOCATELLI, C.; TAGLIANI, M.; FASOLA, D.; MANZO, L. Occupational poisoning with psychiatric manifestations. **Giornale Italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia**, Pavia, v. 22, n. 1, p. 52-61, 2000.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Água**. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. 2006. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/relatorios/rios/rel_aguas_int_2005/rel_aguas_int_2005.zip>. Acesso: 14 de mar. 2007.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Água**: - rios e reservatórios. 2001. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/informacoes.asp>>. Acesso: 14 mar. 2007.

CHASIN, A. A. M.; PEDROZO, M. F. M. O estudo da Toxicologia. In: AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. (Eds.). **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Carlos: RiMa; São Paulo: InterTox, 2003. p. 1 - 25.

CIIAGRO ONLINE. **Balanco hídrico**: Ribeirão Preto. 2010. Disponível em: <www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/>. Acesso: 10 dez. 2010.

CLEICK, P. H. Safeguarding our water: making every drop count. **Scientific American**, New York, v. 284, n. 2, p. 28-33, 2001.

COTTA, J. A. de O. **Diagnóstico ambiental do solo e sedimento do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR)**. 2003. 120 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

CROMMENTUIJN, T.; SIJM, D.; BRUIJN, J.; VAN DEN HOOP, M.; VAN LEEUWEN, K.; VAN DE PLASSCHE, E. Maximum permissible and negligible concentrations for metal and metalloids in the Netherlands, taking into account background concentrations. **Journal of Environmental Management**, Amsterdam, v. 60, p. 121-143, 2000.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE. **Água limpa**. 2004. Disponível em: <<http://www.daee.sp.gov.br/cgi-bin/Carrega.exe?arq=/agualimpa/index.htm>>. Acesso: 10 jun. 2007.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. **Levantamento de metais pesados no Estado do Rio de Janeiro**. Relatório Preliminar. Rio de Janeiro: FEEMA, 1980. 94p. 1

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Busca nacional por município**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso: 10 dez. 2010.

LAGUNA, V. G. **Estrutura e diversidade do remanescente de floresta estacional semidecidual do Parque Bento Municipal Morro de São, Ribeirão Preto – SP**. 2000. 100f. Dissertação (Mestrado em Biologia Comparada) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ALVES, R. I. S.; TONANI, K. A. A.; NIKAIDO, M.; CARDOSO, O. O.; TREVILATO, T. M. B.; SEGURA-MUÑOZ, S. I. Avaliação das concentrações de metais pesados em águas superficiais e sedimentos do Córrego Monte Alegre e afluentes, Ribeirão Preto, SP, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 5, n. 3, p. 122-132, 2010. ([doi:10.4136/ambi-agua.157](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.157))

NIKAIDO, M.; OLIVEIRA, A. S.; TREVILATO, T. M. B.; SEGURA-MUNOZ, S. I. Análise da qualidade de água do córrego Monte Alegre e afluentes, Ribeirão Preto: enfoque para coliformes fecais e metais pesados. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 414 - 420, 2004.

PELÁEZ-RODRÍGUEZ, M. **Avaliação da qualidade da água da bacia do Alto Jacaré-Guaçu/SP (Ribeirão do Feijão e Rio do Monjolinho) através de variáveis físicas, químicas e biológicas**. 2001. 138f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

RIOS-ARANA, J. V.; WALSH, E. J.; GARDEA-TORREDEY, J. L. Assessment of arsenic and heavy metal concentrations in water and sediments of the Rio Grande at El Paso-Juarez metroplex region. **Environment International**, New York, v. 29, p. 957-971, 2004.

SEGURA-MUÑOZ, S. I. **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto: uma avaliação dos níveis de metais pesados**. 2002. 150f. Tese (Doutorado em Enfermagem em Saúde Pública) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2002.

SEGURA-MUÑOZ, S. I.; TREVILATO, T. M. M.; TAKAYANAGUI, A. M. M.; HERING, S. E.; CUPO, P. Metales pesados en agua de bebedores de presión. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 53, n. 1, p. 59-64, 2003.

SILVA, T. G. O. **Determinação de teor de metais presentes em amostras de água e sedimentos do córrego Monjolinho, São Carlos-SP**. 2006. 75f. Monografia – (Graduação em Biologia) - Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.

SREENIVASA RAO, A. Distribution of pesticides PAHs and heavy metals in prawn ponds near Kolleru lake wetland, India. **Environment International**, New York, v. 32, p. 294-302, 2006.

STEINBORN, M.; BREEN, J. Heavy metal in soil and vegetation at shalee mine, silvermines, CO. Tipperary. **Biology and Environment: proceedings of the Royal Irish Academy**, Dublin, v. 99B, n 1, p. 37 - 42, 1999.

TOMAZELLI, A. C. **Estudo comparativo das concentrações de cádmio, chumbo e mercúrio em seis bacias hidrográficas do estado de São Paulo**. 2003. 124f. Tese (Doutorado em Biologia Comparada) - Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2003.

ZIOLLI, R. L.; BARRETO, A. S.; JARDIM, W. F. Estudo preliminar da composição da água de chuva na região de Campinas – SP. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 18.; ENCONTRO BRASILEIRO DE FOTOQUÍMICA E FOTOBIOLOGIA, 7., 1995, Caxambu. **Anais...** Caxambu: SBQ, 1995.