

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE METAIS PESADOS NO SISTEMA AQUÁTICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA CIDADE DE LONDRINA-PR

► Resumo

Neste trabalho foi determinada a concentração dos metais Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb e Zn em oito estações de amostragem em quatro riberões da bacia hidrográfica de Londrina, estado do Paraná, mensalmente, durante um ano hidrológico, Fevereiro/1997 a Fevereiro/1998, para avaliar a influência da urbanização e da industrialização nas modificações ambientais do recurso hídrico. As estações de amostragem localizadas próximas às áreas industriais sofreram influência da industrialização, por apresentarem concentrações mais elevadas de Cd, Zn, Ni e Pb. Os demais locais amostrados apresentaram modificações com relação a metais de provável origem no solo como Mn, Mg, Fe. Houve aumento gradativo nas concentrações dos metais, de forma geral, ao longo da rede hidrográfica, comparando locais mais a jusante com aqueles mais a montante, demonstrando influência da urbanização e da industrialização correspondente à ocupação.

Palavras-chave: metais pesados, bacia hidrográfica, urbanização

► Summary

In this work the concentrations of the metals Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb and Zn were determined in eight stations of four river from Londrina Hydrographic Basin, Paraná State, monthly, during one year, February/1997 to February/1998, to evaluate the influence of the urbanization and industrialization in the modifications of the aquatic environment. The stations placed next to the industrial areas had suffered influence from industrialization with higher concentrations of Cd, Zn, Ni and Pb. The another stations had showed modifications with regard to metals origin in the ground as Mn, Mg and Fe. It had gradual increase in the concentrations of metals, of general form, to the long one of the Hydrographic Basin, comparing station more the up-stream with the stations more the down-stream, demonstrating influence of the urbanization and of the industrialization corresponding to the occupation.

Keywords: metals, hydrographic basin, urbanization

■ Introdução

Os impactos da atividade humana sobre os sistemas aquáticos têm sido notificados há mais de 200 anos. No entanto, a industrialização aliada ao rápido crescimento populacional, bem como de algumas atividades agrícolas, aumentaram os riscos de poluição em ambientes naturais, como água, solo e atmosfera, nos últimos 150 anos (1,2). Os problemas de contaminação com metais pesados tiveram início na idade Média com as atividades mineradoras, mas foi acelerado no início do século XIX com o processamento de metais em plantas químicas e de fundição (3).

Os metais pesados são elementos tóxicos lançados por determinados tipos de efluentes industriais (4). Muitos metais

formam complexos estáveis com biomoléculas e sua presença, mesmo em quantidades pequenas, pode ser prejudicial a vegetais e animais. O íon metálico livre é a forma mais tóxica à vida aquática (5). A biodisponibilidade e a toxicidade, bem como a dependência das espécies nos fenômenos de transporte, estão relacionadas à forma química da substância. Portanto, a determinação da concentração total de um metal pesado em uma amostra de água oferece informação relativa sobre a sua toxicidade. Os metais contaminantes podem ser controlados através de sistemas de sorção (6). Uma discussão sobre o aporte metálico em bacias hidrográficas não pode ser

*Márcia Cristina Bisinoti¹
Maria Josefa Santos Yabe²
Sônia Maria Nobre Gimenez²*

¹Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

²Universidade Estadual de Londrina (UEL)

¹ Autora para correspondência:
UNICAMP
CP 6154
13084971. Campinas. SP
E-mail: mbisinoti@hotmail.com

²UEL
Depto. de Química
CP 6001
86057-970. Londrina. PR
Fone: (43) 3371-4366 – r.312

realizada sem considerar as rotas pelas quais os metais são removidos da solução, seja por precipitação como sal insolúvel e/ou por adsorção sobre a superfície de sólidos (7).

Os metais pesados quando presentes em um sistema aquático ameaçam a saúde humana devido a seus impactos na qualidade das águas, alimentos e ecossistemas (8). Metais como Cu, Pb e Zn são constituintes de despejos domésticos. Baseados em estudos de fluxo de massa, uma contribuição de 50-80 % destes metais podem ser provenientes dos esgotos urbanos (9).

A qualidade das águas superficiais dependerá do tipo de despejo emitido pelos diversos processos industriais. Os curtumes geram uma carga potencialmente contaminadora, formada por Ca, sulfetos livres, pH elevado, matéria orgânica, Cr – metal com potencial tóxico elevado, e sólidos suspensos. Outra fonte de contaminação por metais vem das indústrias de acabamento de metais (10). Durante várias décadas a produção de Pb, Cu, Zn e Fe variou em torno de 200.000 toneladas ao ano, sendo estes classificados como despejos perigosos (11). Uma variedade de sistemas aquáticos tem sido contaminada com metais gerados pela oxidação do sulfito mineral, o qual é acelerado pela exposição dos sulfitos metálicos ao ar como um resultado da atividade mineradora (12, 13). A adsorção dos metais pesados na superfície do material particulado suspenso e de sedimento de rio tem sido mostrada como um processo geoquímico de remoção de metais em solução (14-20).

Frente a um quadro assustador de degradação dos reservatórios naturais que suprem a humanidade de água, ar e alimentos, a consciência mundial de todas as áreas de conhecimento trabalha no desenvolvimento de programas de pesquisa e monitoramento dos fenômenos envolvidos, com o intuito de obter soluções para os problemas.

A cidade de Londrina, localizada no norte do estado do Paraná, de médio porte, apresenta uma população de aproximadamente quatrocentos mil habitantes. A presença de diversas indústrias instaladas próximas aos ribeirões que cortam a cidade traz preocupação quanto ao aporte de metais contaminantes nestas águas, que servem a população de diversas formas. O crescimento desenfreado de pólos urbanos está alheio às dificuldades que vão surgindo em função da instalação de indústrias. Sua implantação em épocas mais remotas, não contando ainda com a aplicação de estudos e relatórios de impacto ambiental, exige hoje fiscalização sobre o cumprimento dos índices de contaminantes estabelecidos pela legislação, mesmo que estes não estejam arrazoados quanto à sua aplicabilidade e conseqüências sobre o ambiente e os organismos vivos.

Estudos recentes desenvolvidos na bacia do ribeirão Cambé, na cidade de Londrina (PR) (21) apresentaram problemas de contaminação por metais pesados na região urbana que a acompanha, além de caracterizar uma das estações estudadas como crítica quanto ao aporte de onze metais estudados: Pb, Zn, Cd, Mn, Ni, Cr, Cu, Fe, Al, Ca e Mg. Durante todo o

percurso do ribeirão, foi constatada a presença sistemática de Pb, Ni, Cd, Cr e Cu, introduzidos por fontes cuja origem está na urbanização e na industrialização.

Frente a estas constatações, este trabalho tem como principal objetivo avaliar o impacto da introdução e transporte de metais pesados sobre a rede hidrográfica da cidade de Londrina, avaliando à influência da ocupação humana, industrialização e atividades agrícolas.

Experimental

Área de estudo

Foram feitas amostragens mensais em oito pontos da rede hidrográfica de Londrina, durante um ano hidrológico, de Fevereiro/1997 a Fevereiro/1998, abrangendo quatro rios, pertencentes à área urbana da cidade de Londrina, Paraná - Brasil, denominados Quati, Lindóia, Cambé e Jacutinga (Figura 1). Os locais de coleta foram: Manancial do rio Jacutinga (MN), considerado área referência; Matão (MT) e Barragem (BR) no rio Cambé no centro da cidade; Lagoa (LG) no rio Lindóia, em bairro periférico; Bratac (BT) no rio Quati, Confluência dos rios Quati-Lindóia (QL), Confluência dos rios Jacutinga-Lindóia (JL) e Ponte Lindóia (PL) no rio Lindóia localizados próximos a setores industriais.

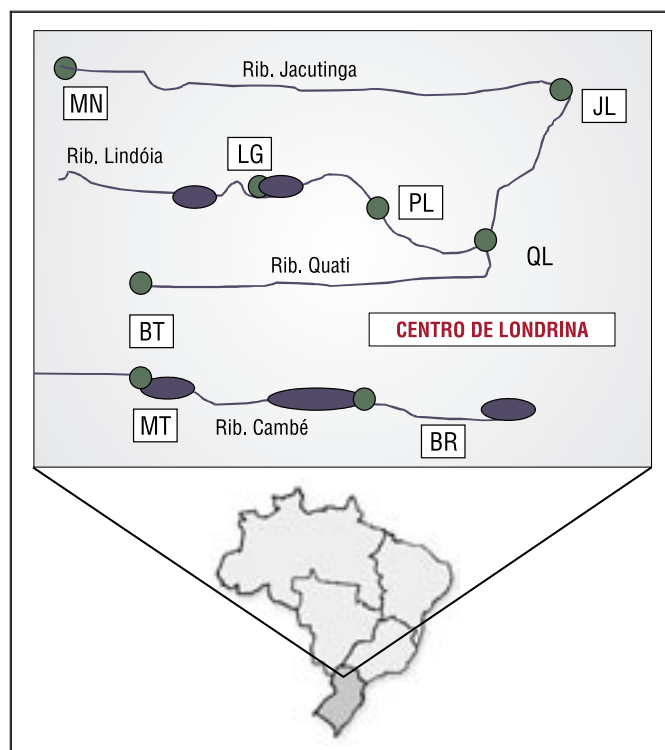


Figura 1. Representação gráfica dos locais de amostragem – rede hidrográfica de Londrina, onde MN (Manacial-referência), JL (Confluência Jacutinga-Lindóia), QL (Confluência Quati-Lindóia), BT (Bratac), PL (Ponte sobre o Ribeirão Lindóia), LG (Lagoa), BR (Barragem no Ribeirão Cambé) e MT (Matão)

Preparo das amostras

As amostras de água foram coletadas usando garrafas de polietilenotereftalato (22). A amostragem foi subsuperficial, a uma distância aproximada de 2m da margem. As amostras foram então aciduladas com ácido nítrico 1% e mantidas sob refrigeração a 4°C. Em seguida, estas foram filtradas em membrana de celulose 0,45µm e pré-concentradas 10 vezes, através de aquecimento convectivo, em chapa elétrica, à temperatura aproximada de 60°C, para assegurar uma concentração metálica suficiente para a determinação, em função do limite de detecção imposto pela técnica de Espectrometria de Absorção Atômica. As análises foram realizadas em triplicata.

Instrumentação

A determinação da concentração dos metais foi realizada usando um espectrômetro de absorção atômica – chama, EAA, Shimadzu, modelo 6601. As condições de operação variaram para cada metal estudado (Tabela 1). As condições ótimas para determinação multielementar foram estabelecidas conforme recomendações do fabricante.

Reagentes químicos e padrões

Todos os reagentes empregados no desenvolvimento deste trabalho foram de grau analítico e a água de elevada pureza (deionizada).

As soluções estoque foram preparadas com padrões de elevada pureza, Merck em HNO₃ 1%. Em seguida, as soluções foram reservadas em frascos de polietileno pré-lavados e descontaminados com HNO₃ 10%. Um branco foi preparado e estocado da mesma forma.

A escolha das concentrações da curva analítica e a determinação do limite de detecção dos metais têm sido motivo de preocupação em termos de erros analíticos na espectrometria de absorção atômica. Os limites de detecção foram calculados como duas vezes o desvio padrão da radiação de fundo, sendo que estes valores e os parâmetros da curva analítica para cada elemento encontram-se ilustrados na Tabela 2.

Tratamento estatístico dos dados

Os resultados foram avaliados através da técnica estatística de análise multivariada com aplicação do método de componentes principais (23-25), visando estabelecer relações entre a atividade antrópica, o aporte e o transporte de metais pesados na rede hidrográfica urbana.

A análise das componentes principais (PCA) segue a associação entre as variáveis do trabalho, reduzindo a dimensionalidade da tabela dos dados, sendo isto acompanhado pela diagonalização da matriz de correlação dos dados. Desta forma, transforma as variáveis originais em variáveis ortogonais (não correlacionadas) chamadas de componentes principais (PC).

Tabela 1. Condições de operação do espectrômetro de absorção atômica

Elemento	Comprimento de onda/nm	Fluxo do gás Lmin ⁻¹	Tipo de gás
Ca	422,7	2,0	Ar - C ₂ H ₂
Cd	228,8	1,8	Ar - C ₂ H ₂
Cr	357,9	2,8	Ar - C ₂ H ₂
Cu	324,7	1,8	Ar - C ₂ H ₂
Fe	248,3	2,2	Ar - C ₂ H ₂
Mg	285,2	1,8	Ar - C ₂ H ₂
Mn	279,5	2,0	Ar - C ₂ H ₂
Ni	232,0	2,2	Ar - C ₂ H ₂
Pb	217,0	2,0	Ar - C ₂ H ₂
Zn	213,9	2,0	Ar - C ₂ H ₂

Tabela 2. Limites de detecção e parâmetros da curva analítica para cada elemento

Metal	Limite de detecção (mg L ⁻¹)	A	B	r
Ca	0,029	0,023	0,022	0,99830
Cd	0,377	0,389	-0,015	0,99498
Cr	0,156	0,018	0,006	0,99922
Cu	0,044	0,037	0,050	0,99945
Fe	0,027	0,082	0,008	0,99591
Mg	0,269	0,096	0,003	0,99341
Mn	0,563	0,172	0,012	0,99797
Ni	0,422	0,030	0,003	0,99452
Pb	0,016	0,017	-0,010	0,99943
Zn	0,253	0,038	0,023	0,99983

Resultados e Discussão

Através de análise da PCA foi possível reduzir em pequenas e importantes dimensões o grande número de dados disponíveis e então observar a influência dos metais na rede hidrográfica de Londrina. O local de amostragem que constitui o manancial do ribeirão Jacutinga apresentava água límpida e transparente, e devido às suas características em área preservada com mata ciliar, foi utilizado como referência para as demais estações de amostragem.

Os metais que caracterizam ambientes aquáticos em áreas urbanas podem ser provenientes de fontes pontuais ou difusas, como Mn, Ca, Mg, Cu, Pb, Zn, Cd e Ni, transformando profundamente as características destes ambientes aquáticos. A Tabela 3 apresenta a faixa de concentração dos metais avaliados na rede hidrográfica de Londrina, bem como o desvio padrão das determinações. Os pontos de amostragem denominado QL, BT e PL, cuja atividade industrial é bastante intensa, apresentaram

concentrações mais elevadas dos metais Cd, Pb, Cu e Zn. Houve também um aumento na concentração dos demais metais estudados nestes locais. A presença de elementos como Cd pode ser um alerta sobre o uso de baterias para telefonia celular, cujo descarte não contava até 1999 com programas de coleta e reciclagem das unidades descartadas. Em Londrina existem hoje cerca de 180.000 unidades de celulares, no entanto, apesar da resolução sobre os procedimentos de disposição, o usuário não é obrigado a deixar sua bateria usada na aquisição de uma nova.

Na Figura 2, as componentes principais 1 e 2 explicam 45,1% da variância do conjunto de dados, referente à análise de metais. Os pequenos quadros nos eixos das componentes principais explicam a influência de determinados elementos sobre as amostras. Os elementos Ca, Fe, Mg, Mn, Pb e Zn, presentes no solo da cidade de Londrina, têm influência sobre todas as amostras. As amostras dos locais QL, BT, e PL, nos Ribeirões Quati e Lindóia foram discriminadas pela influência maior de Cd e Zn, com provável origem na urbanização e industrialização.

Pode-se observar à esquerda, no círculo verde da Figura 2, agrupadas as amostras do local definido como referência – nascente do ribeirão Jacutinga, com influência dos metais de origem provável do solo, como Mg, Mn, além do Pb. As amostras dos locais QL, PL e BT, agrupadas no círculo verde-

lho tiveram influência maior dos metais Pb, Zn, Fe e Cu, com provável proveniência na atividade antrópica.

As amostras de Fevereiro/1997, Figura 3, na qual as componentes principais 1 e 3 explicaram 34,4% da variância do conjunto de dados, apresentaram-se agrupadas, principalmente sob influência de Fe, Mg, Mn e Zn. Devido a Fevereiro ter sido um mês chuvoso (Figura 4), os metais constituintes do solo podem ter atingido os ribeirões. Os oito locais de amostragem apresentaram influência dos metais provenientes do solo durante o ano todo. O ano de 1997 foi marcado por chuvas intensas, mas houve um agrupamento das amostras dos meses com índices pluviométricos menores, como Maio, Julho, Agosto e Setembro dos demais meses do ano, devido à maior influência de Ca, Fe, Mg, e Mn, enquanto o Pb foi responsável pelo agrupamento da maior parte das amostras dos meses de maior índice pluviométrico- Março, Abril, Outubro e Novembro (Figuras 3 e 4). Este elemento pode ser característico tanto de áreas industriais como urbanizadas. As chuvas intensas provocaram uma ação conjunta – indústria e urbanização – de elementos introduzidos no meio aquático, demonstrando forte efeito da sazonalidade em áreas urbanas.

A comparação entre a área referencial e os demais locais de amostragem estabeleceu diferenças positivas, dentro de

Tabela 3. Faixa das médias da concentração dos metais e desvio padrão (σd), na linha inferior de cada elemento para os locais estudados

Metal (mg L ⁻¹)	MN	BT	LG	QL	JL	PL	BR	MT
Ca	< 0,03-2,66	4,41-7,84	1,24-4,65	2,02-9,18	1,03-9,49	2,37-7,62	2,48-6,15	1,32-5,74
σd	0,06-0,54	0,04-0,42	0,10-0,82	0,09-5,62	0,08-0,78	0,03-2,41	0,09-0,75	0,03-1,76
Cd $\times 10^{-3}$	0,11-4,00	0,11-9,48	0,11-9,62	0,11-29,4	0,07-9,35	0,11-9,54	0,11-9,55	0,11-9,35
$\sigma d \times 10^{-3}$	1,18-1,73	1,40-3,47	0,45-1,68	2,08-3,91	0,89-4,30	0,36-3,15	1,25-1,78	0,40-6,90
Cu $\times 10^{-2}$	0,54-2,61	1,23-3,06	0,56-0,90	0,60-4,13	1,39-3,34	0,58-3,21	0,79-3,75	0,93-2,90
$\sigma d \times 10^{-2}$	0,24-3,13	0,33-0,69	0,36-3,29	0,21-2,92	0,31-1,21	0,04-1,16	0,28-3,94	0,01-0,26
Fe $\times 10^{-2}$	<0,03-15,1	0,33-34,0	2,61-34,7	15,1-106	9,47-74,5	4,38-125	<0,03-11,8	1,64-54,2
$\sigma d \times 10^{-2}$	0,00-0,03	0,02-0,08	0,00-3,08	0,43-6,80	0,00-8,50	0,09-19,6	0,00-0,10	0,01-1,15
Mg $\times 10^{-2}$	<0,30-7,90	1,30-9,60	2,80-8,30	3,50-10,4	1,90-8,75	4,6-9,65	0,56-7,63	1,20-8,19
$\sigma d \times 10^{-3}$	0,01 - 0,03	0,01-0,02	0,01-0,04	0,01-0,03	0,01-0,02	0,01-0,03	0,01-0,04	0,01-0,04
Mn	<0,56-3,84	1,98-6,95	1,30-7,35	3,56-7,68	<0,56-6,68	2,30-8,65	1,65-6,73	1,25-6,95
$\sigma d \times 10^{-1}$	0,01-0,02	0,01-0,05	0,01-0,03	0,01-0,05	0,02-0,06	0,01-0,06	0,03-0,05	0,02-0,06
Ni $\times 10^{-2}$	<0,42	<0,42-1,26	<0,42	<0,42-6,64	<0,42	<0,42-1,75	<0,42	<0,42
$\sigma d \times 10^{-2}$	-	0,03	-	0,01	-	0,05	-	-
Pb $\times 10^{-2}$	<20	<20-1,29	<20	<20-1,10	<20	<20	<20	<20
$\sigma d \times 10^{-3}$	-	0,02	-	0,03	-	-	-	-
Zn $\times 10^{-2}$	<25	<25-50	<25-32	<25-55	<25-28	<25-39	<25-30	<25-28
$\sigma d \times 10^{-2}$	-	0,20	0,10	0,30	0,15	0,18	0,19	0,20

uma faixa, nas concentrações metálicas, principalmente para as estações localizadas em área industrializada. Deve ser dada maior atenção ao local denominado Quati-Lindóia, como área crítica de contaminação, devido às proporções extraordinárias nas diferenças com relação não só à referência, como à rede hidrográfica de forma geral, e aos valores dos parâmetros estudados acima dos permitidos pela legislação (26), para águas de classe 2. Desta forma, cuidados devem ser tomados com relação ao planejamento, bem como, quanto às necessidades de controle na emissão de metais pesados e monitoramento.

Nas Figuras 2 e 3 pode ser observado que o Manancial (referência), formou um grupo à parte, com influência apenas de metais constituintes do solo. As estações de amostragem localizadas próximas à área industrial como QL, BT e PL estiveram sob influência de metais do solo e de metais como Cd, Zn e Cu, de provável origem na urbanização e na industrialização. Foi observada a intensificação na concentração de todos os metais analisados, da montante a jusante na rede hidrográfica, considerando os quatro ribeirões.

Conclusões

As concentrações dos metais avaliados, de forma geral, aumentaram ao longo da rede hidrográfica, quando comparadas não somente com o local de amostragem referência, mas comparando sempre determinado local amostral com aqueles mais a jusante.

Durante todo o percurso amostrado da rede hidrográfica, houve a presença sistemática dos metais Cu, Zn e Cd, com origem provável na urbanização e na industrialização, fontes estas discriminadas através da análise de similaridade. Houve também a presença sistemática de Mn, Mg, Fe e Pb, provenientes provavelmente do solo.

Meses de maior pluviosidade apresentaram aumento nas concentrações de metais característicos do solo, devido ao carreamento intenso de partículas para o sistema aquático. Este impacto pode estar relacionado à ocupação irregular ao longo das margens das microbacias. Muito solo tem sido removido e mantido exposto, sem cobertura vegetal.

Conclui-se desta maneira que a rede hidrográfica da cidade de Londrina tem sofrido interferência da urbanização e industrialização e, programas de conscientização podem ser estabelecidos, principalmente no parque industrial, onde estão os locais de confluência Quati-Lindóia (QL), Bratac (BT) e Ponte-Lindóia (PL). Deve haver também preocupação quanto à preservação da área dos Lagos (Barragem e Matão), formados pelo ribeirão Cambé, região mais central da cidade, que serve a comunidade através de seus usos múltiplos.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida a aluna Márcia Cristina Bisnotti.

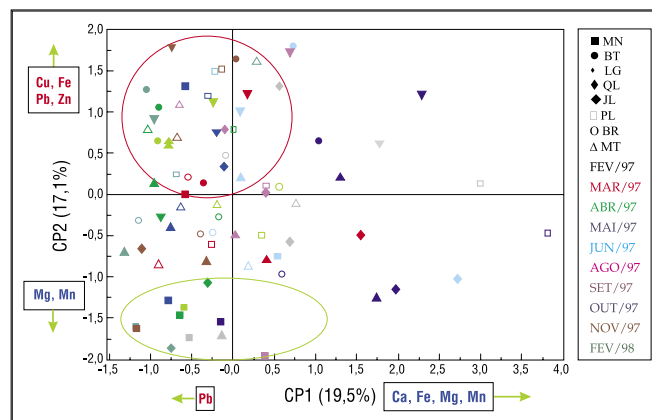


Figura 2. Componentes principais 1 e 2 do conjunto de dados, onde os símbolos se referem aos diferentes locais de amostragem e a cor aos diferentes meses de coleta durante os anos de 1997 e 1998

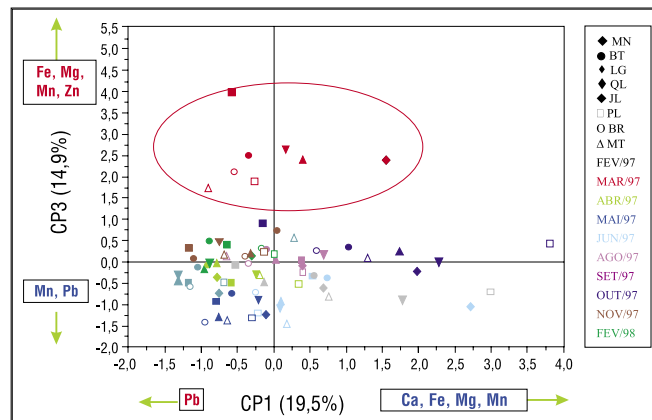


Figura 3. Componentes principais 1 e 3 do conjunto de dados, onde os símbolos se referem aos diferentes locais de amostragem e a cor aos diferentes meses de coleta durante os anos de 1997 e 1998

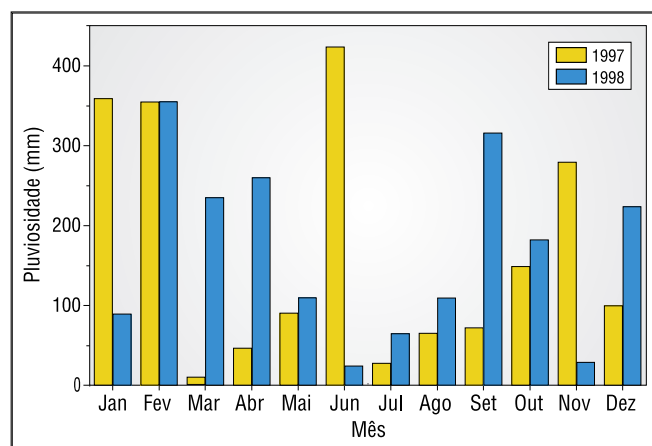


Figura 4. Pluviosidade na região de estudo

Referências

- Santoyo E, Santoyo-Gutiérrez S. e Verma SP. *Trace analysis of heavy metals in groundwater samples by ion chromatography with post-column reaction and ultraviolet-visible detection* **J. of Chrom. A.** 2000 (884): 229-241.
- Förstner U. e Wittmann GTW. *Metal Pollution in the Aquatic Environment.* Spring-Verlag, Berlin, 1981, 486p.
- Vink R, Behrendt H. e Salomons W. *Development of the heavy metal pollution trends in several European Rivers: an analysis of point and diffuse sources.* **Wat. Sci.Tech.** 1999, 39 (12): 215-223.
- Tarley CRT. e Arruda MAZ. *Adsorventes naturais: potencialidades e aplicações da esponja natural (Luffa cylindrica) na remoção de chumbo em efluentes de laboratório.* **Revista Analytica** 2003, 4: 25-31.
- Florence TM. e Batley GE. *Chemical Speciation in Natural Waters,* CRC in **Anal. Chem.** 1980, 9 (3): 219-296.
- Evans LJ. *Chemistry of Metal Retention by Soils.* **Environ. Sci. Technol.** 1989, 23 (9): 1047-1056.
- Stumm W. *Chemistry of the Solid-Water Interface.* **John-Wiley & Sons, Inc.,** NY, 1992, 428p.
- Ernst WHO. *Bioavailability of heavy metals and decontamination of soils by plants* **Appl.Geochem.** 1996, 11: 163-167.
- Boller M. *Tracking heavy metals reveals sustainability deficits of urban drainage systems.* **Wat. Sci Tech.** 1997, 35 (9): 77-87.
- Sell NJ. **Industrial Pollution Control – Issues and Techniques,** Van Nostrand Reinhold, New York, 1992, 2ª edição.
- Hajdú A e Licskó I. *Environmental pollution caused by a non-ferrous metal smelter.* **Wat. Sci. Tech.** 1999, 39 (10-11): 165-168.
- Paulson AJ. *The transport and fate of Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, Pb and SO4 in a groundwater plume and in downstream surface waters in the Coeur d'Alene Mining District, Idaho, U.S.A* **Applied Geochemistry** 1997, 12: 447-464.
- Stumm W. e Morgan JJ. **Aquatic Chemistry,** Wiley-Interscience, NY, 1981, 583p.
- Foster P, Hunt DTE. e Morris AW. *Metals in na acid mine stream and estuary* **Sci. Tot.Env.** 1978, 9: 75-86.
- Jonhson CA. *The regulation of trace element concentrations in river and estuarine waters contaminated with acid mine drainage. The adsorption of Cu and Zn on amorphous hydrous oxides-oxyhydroxides.* **Geochim. Cosmochim. Acta** 1986, 50: 2433-2438.
- Paulson AJ. *The transport and fate of Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, Pb and SO4 in a groundwater plume and in downstream surface waters in the Coeur d'Alene Mining District, Idaho, U.S.A* **Applied Geochemistry** 1997, 12: 447-464.
- Smith KS, Ficklin WH, Plumlee GS. e Meie AL. *Metal and arsenic partitioning between water and suspended sediment at mine-drainage sites in diverse geologic settings* **In Water-Rock Interactions** (eds Y. K. Kharaka and A S. Maest), Rotterdam 1992, 443-447p..
- Robinson GD. *Adsorption of Cu, Zn and Pb near sulfide deposits by hydrous manganese-iron oxide coatings on stream alluvium* **Chem. Geol.** 1981, 33: 65-79.
- Jones KC. *The distribution and partitioning of silver and other heavy metals in sediments associated with acid mine drainage stream* **Env. Pol. (B)** 1986, 12: 249-263.
- Licskó I, Lois L. e Szebényi G. *Tailings as a source of environmental pollution* **Wat. Sci. Tech.** 1999, 39 (10-11) 333-336.
- Yabe MJS. *Determinação de Metais Pesados em Águas Superficiais por ICP-AES Objetivando Caracterização e Recuperação de Bacias Hidrográficas.* Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo – SP, 1995.
- Instituto Adolfo Lutz, Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz, Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos, Ed. Rebocho, D. D. E., 3ed., Secretaria do Estado da Saúde, São Paulo, 1985.
- Scarmínio I. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1989.
- Beebe KR. e Kowalski BR, **Anal. Chem.** 1987, 59(17) : 1007A-1017A.
- Legendre L. e Legendre P. **Numerical Ecology,** Elsevier, Amsterdam, 1983.
- CONAMA Resolução n.20, de 18/06/1986; Ministério de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, D.O.U. Executivo, 11356, 30/07/1986.

Soluções para Controle de Qualidade
Controle de Processo
Pesquisa e Desenvolvimento

Pharmaceuticals



Polymers



Espectrometros Infravermelhos por transformada de Fourier
FT-Near / Mid-IR



R. Turicassú, 390 - Cj. 43 - 05005-000 - São Paulo - SP
Tel: (11) 3875-5787 - Fax: (11) 3875-0903
www.charistech.com.br

Representamos com Exclusividade