

DETERMINAÇÃO DE METAIS TOTAIS E METAIS SOLÚVEIS EM "ÁGUA BRUTA" E EM ÁGUA TRATADA AMOSTRADAS EM REPRESAS DE CAPTAÇÃO E ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS (ETA) DE ARARAQUARA, SP. PARTE I - 1993

Julio Cesar ROCHA*
Rosana Nassif HIRCHE*

■ RESUMO: Este trabalho teve por objetivo determinar periodicamente, durante 1993, o teor de metais totais e metais solúveis (Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, Ni e Co) em amostras de águas coletadas na estação de tratamento de águas (ETA) e represas de captação superficial Cruzes e Anhumas, localizadas no município de Araraquara, SP, em 1993. O registro de um perfil quantitativo sazonal de metais solúveis e metais totais em represas de captação é importante para: detectar problemas imediatos; caracterizar possíveis variações nos períodos de safra e entressafra agrícola; utilizar como banco de dados para prever e ajudar a equacionar eventuais problemas de desequilíbrios. Pb, Cr e Co estavam abaixo do limite de detecção da técnica EAA. Cu, Zn, Cd e Ni nas formas solúvel e total estão abaixo dos limites aceitos pela Organização Mundial da Saúde para água potável. Na represa de captação Anhumas foi determinada maior concentração de Mn que na represa Cruzes. Provavelmente devido a desgastes na rede de distribuição, alguns metais (Fe, Mn, Cu, Zn e Ni) estavam em maiores concentrações em pontos de distribuição ao longo da rede que na saída da ETA.

■ PALAVRAS-CHAVE: Águas interiores; metais pesados; potabilidade.

Introdução

Aspectos gerais

A poluição do ambiente, principalmente dos mananciais hídricos, tornou-se assunto de interesse público e da comunidade científica em geral.^{1,2,5} Não apenas os países desenvolvidos vêm sendo afetados pelos problemas ambientais, também as nações em desenvolvimento sofrem os impactos da poluição. Isso decorre do crescimento econômico desordenado associado à exploração de recursos naturais até então intocáveis. Ao lado dos crescentes problemas provocados pela contaminação do

* Departamento de Química Analítica - Instituto de Química - UNESP - 14800-900 - Araraquara - SP - Brasil.

ambiente estão os processos de produção utilizados na extração/transformação de matéria para atender à demanda mundial.

Embora existam progressos das técnicas de controle da poluição causada pelos resíduos industriais,⁶ ainda não se chegou a métodos que atinjam um controle absoluto.

Em se tratando de água "bruta" (água sem tratamento) e de água tratada utilizadas para abastecimento público, além dos ensaios de potabilidade realizados pelas estações de tratamentos (ETA), é importante que se façam acompanhamentos periódicos de alguns parâmetros nas represas/mananciais de captação.

Assim, o registro de um perfil quantitativo sazonal de metais totais e metais solúveis em represas de captação de água "bruta" auxilia: a detectar problemas imediatos; a observar possíveis variações nos períodos de safra e entressafra agrícola; como banco de dados para prever e ajudar a equacionar eventuais problemas de desequilíbrios.

Aspectos regionais

A cidade de Araraquara, SP, tem uma população de 180.000 habitantes e cerca de 260 indústrias, sendo que as maiores produzem derivados de cana-de-açúcar e de laranja. Estas demandam aplicação de significativas taxas de fertilizantes e defensivos agrícolas, podendo comprometer dessa maneira a qualidade dos mananciais pelo aporte de elementos tóxicos e/ou nutrientes, via escoamento laminar.¹⁰

A captação, tratamento e abastecimento de água em Araraquara são de responsabilidade do Departamento Autônomo de Águas e Esgoto, DAAE, órgão da prefeitura. Existem três unidades de captação de água superficial e oito poços que captam o manancial subterrâneo. As represas de captação superficial denominadas "Cruzes" e "Anhumas" localizam-se a 1600 m e a 10 km da ETA, respectivamente. Partes destas represas são circundadas por plantações de cana-de-açúcar e partes por mata nativa.

Este trabalho teve por objetivo determinar periodicamente o teor de metais totais e de metais solúveis (Ferro, Manganês, Cobre, Chumbo, Zinco, Cádmio, Crômio, Níquel e Cobalto) em amostras coletadas na estação de tratamento de águas e represas de captação superficial Cruzes e Anhumas, localizadas no município de Araraquara, durante o ano de 1993.

No Apêndice 1 encontram-se propriedades e limites máximos aceitáveis para alguns metais em águas interiores.

Material e método

Equipamentos

- Balança analítica Mettler, modelo H 10.
- Bloco digestor Tecnal, modelo TE 15 S.
- Espectrofotômetro de absorção atômica Intralab, modelo AA 1475.
- pHmetro digital Micronal, modelo B 222.

Resina de troca iônica

Utilizou-se resina catiônica Dowex 50W - X8 (H⁺). Como colunas, adaptaram-se buretas de 50 ml, contendo 5,0 ml de resina úmida. A velocidade de escoamento foi de 1,0 ml min⁻¹. Testes preliminares com vários ácidos minerais em diferentes concentrações indicaram como melhor opção para eluição dos metais, neste caso, HCl 6 mol l⁻¹. A eluição foi feita com 10,0 ml de HCl 6 mol l⁻¹ e velocidade de 0,3 ml min⁻¹.

Soluções-estoque

Utilizaram-se sais p.a. contendo os respectivos cátions de interesse. Todas as soluções foram preparadas em meio 0,1 mol l⁻¹ em HCl e estocadas em frascos de vidro. As soluções de dicromato de potássio foram estocadas em frascos de polietileno e as soluções-estoque foram padronizadas utilizando-se EDTA nas condições recomendadas pela literatura.^{2,4}

Soluções de referência mistas

Com base nas respectivas linhas de ressonância mais sensíveis para cada metal, prepararam-se soluções de referência mistas em diferentes concentrações a partir de diluição das soluções-estoque padronizadas e mantidas em HCl 0,1 mol l⁻¹. Também para cada metal, preparou-se uma prova em branco. Esta, continha todos os metais da mistura, exceto o elemento de interesse.

Amostras

a) Pontos de amostragem

As amostras foram coletadas a cada 30 dias aproximadamente e armazenadas em frascos de vidro. A Figura 1 mostra esquematicamente as represas de captação

superficial Anhumas e Cruzes com os respectivos pontos de amostragem (A₁ ... A₅ = Anhumas; C₁ ... C₅ = Cruzes). Os locais de coleta foram demarcados de modo a permitir observar possíveis variações entre pontos de uma mesma represa de captação e entre as duas represas. Também foram feitas coletas na entrada e saída da estação de tratamento ETA (E_E, E_S) e no centro da cidade de Araraquara (T_C).

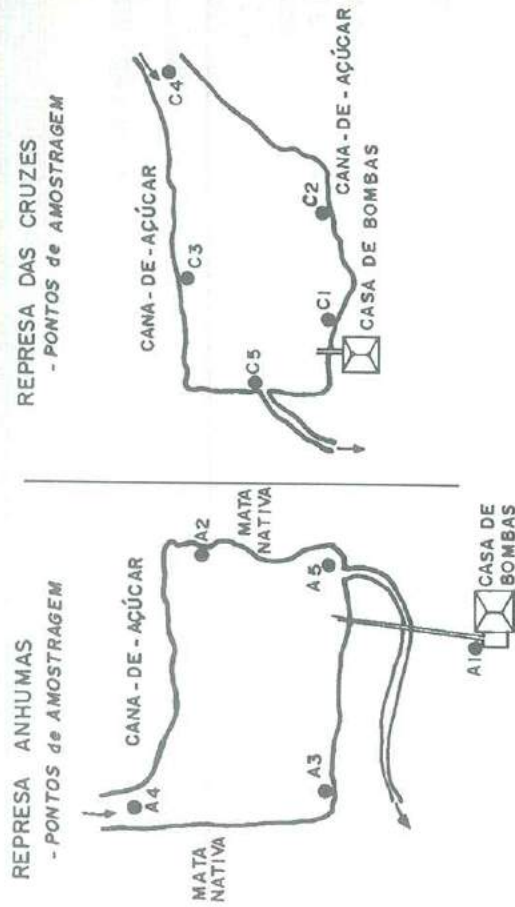


FIGURA 1 - Representação esquemática das represas de captação de água superficial e os respectivos pontos de amostragem.

b) Tratamento da amostra

Após coleta, fizeram-se imediatamente medidas de pH e, em seguida, as amostras foram acidificadas a pH < 2 para preservação segundo normas da Cetesb.^{9,3}

1) Para determinação de metal total

Foram transferidos 250 ml de cada amostra para tubos de digestão acondicionados no bloco digestor, em capela de exaustão de gases. Adicionaram-se 15 ml de HNO₃ concentrado e, por aquecimento (100°C-150°C), evaporou-se até um volume final de cerca de 50 ml. Após adição de 1 ml de H₂O₂ 30% (m/m) as amostras foram deixadas sob refluxo (utilizando-se funil de haste curva⁸) até o final da digestão. Após

neutralização parcial (pH 3-4), os digeridos foram passados através de coluna contendo resina de troca iônica. Os resultados encontram-se nas Tabelas 1-2a.

2) Para determinação de metal solúvel

Após coleta/preservação, 500 ml das amostras foram filtrados a vácuo, em papel de filtro Whatman 42, antes de se fazerem as pré-concentrações em coluna contendo resina de troca iônica.

3) Pré-concentração

Os digeridos (metal total) e os filtrados (metal solúvel) foram passados por colunas contendo resina de troca iônica.

Determinações⁷

Após eluição (10,0 ml de HCl 6 mol l⁻¹), os metais foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (EAA) utilizando-se as respectivas linhas de ressonância de maior sensibilidade¹¹ e demais condições recomendadas pelo fabricante do equipamento EAA Intralab AA 1475. Os resultados encontram-se nas Tabelas 1-2a.

Tabela 1 - Resultados de determinação de ferro total em amostras coletadas nas represas de captação superficial Anhumas (A₁ ... A₅) e Cruzes (C₁ ... C₅); estação de tratamento ETA (E_E-E_S) e centro da cidade (T_C). Concentrações em µg l⁻¹

Data	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	E _E	E _S	T _C
7.7.93	410	662	456	400	410	578	410	366	788	410	410	42	117
29.7.93	215	500	562	265	159	536	455	591	617	455	496	186	223
13.8.93	387	572	1100	196	151	586	692	1275	851	630	480	129	480
25.8.93*	639	3659	1805	533	745	1010	1116	851	1540	1010	851	480	480
15.9.93	50	250	74	30	19	114	132	110	774	187	332	-	51
5.10.93*	329	489	570	256	343	380	321	373	679	124	146	-	-
27.10.93*	431	256	3	121	88	475	424	694	548	460	219	37	58

(*) Chuva: (-) < 2 µg l⁻¹

Tabela 1a - Resultados de determinação de ferro solúvel em amostras coletadas nas represas de captação superficial Anhumas (A₁ ... A₅) e Cruzes (C₁ ... C₅); estação de tratamento ETA (E_F-E_S) e centro da cidade (T_C). Concentrações em ug l⁻¹.

Data	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	E _E	E _S	T _C
6.5.93	152	510	467	450	297	467	127	176	150	127	516	-	-
25.5.93*	140	229	162	96	118	206	162	282	196	218	295	-	251
8.6.93*	434	488	596	136	325	542	732	542	910	542	650	-	434
21.6.93	-	-	2	-	-	-	74	2	819	314	218	-	-
7.7.93	100	394	494	-	399	219	282	230	476	228	193	-	-
29.7.93	-	-	375	-	-	273	326	455	488	392	375	-	-
13.8.93	-	-	-	-	-	372	168	270	174	230	185	-	153
25.8.93*	274	232	215	227	296	347	245	371	628	185	562	-	-
15.9.93	4	50	5	15	16	8	10	14	19	14	17	20	4
5.10.93*	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27.10.93*	-	5	-	2	2	-	-	2	-	-	-	-	-

(*) Chuva; (-) < 2 ug l⁻¹

Resultado e discussão

Dentre os metais investigados, chumbo, cromo e cobalto estiveram abaixo do limite de detecção da técnica empregada.

Ferro e manganês

Comparando resultados de amostras de água tratada coletadas no centro da cidade (T_C) das Tabelas 1 e 2 com dados da Tabela 3, observa-se que esses elementos estão em concentrações compatíveis com as aceitas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para água potável. Pôde-se observar parte de ferro e manganês associada a material particulado (metal total menos metal solúvel).¹ Alguns dos maiores valores de concentração coincidem com as coletas efetuadas nos dias chuvosos. Isso pode ter sido devido a lixiviação. Após tratamento, as concentrações destes metais diminuem, especialmente quando se trata de metais solúveis. As mais altas concentrações de manganês foram detectadas na represa Anhumas, conforme se verifica na Tabela 2. Na Tabela 2a, comparando-se os pontos de coletas da saída da ETA (E_S) e

do centro da cidade (T_C) com os demais, observa-se que as concentrações de manganês solúvel ficaram abaixo do limite de detecção.

Tabela 2 - Resultados de determinação de manganês total em amostras coletadas nas represas de captação superficial Anhumas (A₁ ... A₅) e Cruzes (C₁ ... C₅); estação de tratamento ETA (E_F-E_S) e centro da cidade (T_C). Concentrações em ug l⁻¹

Data	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	E _E	E _S	T _C
7.7.93	405	83	133	120	452	18	17	35	17	15	17	5	21
29.7.93	807	450	527	281	422	281	386	960	281	366	281	19	51
13.8.93	61	267	340	-	47	-	-	302	-	14	-	25	-
25.8.93*	379	3072	2072	417	456	304	533	417	96	30	41	-	217
15.9.93	28	178	102	80	33	-	-	-	-	-	11	-	-
5.10.93*	176	106	282	19	106	5	25	17	18	-	18	-	10
17.10.93*	50	327	17	15	29	15	-	41	21	19	54	10	-

(*) Chuva; (-) < 2 ug l⁻¹

Tabela 2a - Resultados de determinação de manganês solúvel em amostras coletadas nas represas de captação superficial Anhumas (A₁ ... A₅) e Cruzes (C₁ ... C₅); estação de tratamento ETA (E_F-E_S) e centro da cidade (T_C). Concentrações em ug l⁻¹

Data	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	E _E	E _S	T _C
6.5.93	118	350	550	300	100	66	100	66	117	-	100	66	48
25.5.93*	196	135	74	-	242	13	13	-	13	-	-	-	-
8.6.93*	231	206	403	35	255	59	108	-	59	-	35	-	-
21.6.93	170	190	190	-	210	13	13	-	32	13	-	-	-
7.7.93	50	-	-	-	95	-	-	-	-	-	-	-	-
29.7.93	123	-	186	48	171	90	73	350	30	53	80	-	-
13.8.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.8.93*	98	190	-	-	109	-	-	-	-	-	-	-	-
15.9.93	7	52	12	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
5.10.93*	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27.10.93*	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(*) Chuva; (-) < 2 ug l⁻¹

Estes, nas formas solúvel ou total, estiveram abaixo dos limites aceitos tanto pela Comunidade Européia (para águas superficiais) como pela OMS (para água potável destinada ao consumo humano - Tabela 3).

Tabela 3 - Concentrações de metais aceitas pela Organização Mundial da Saúde para água potável (A) e pela Comunidade Européia para águas superficiais a serem tratadas (B), ambas para consumo humano

Metal	A ($\mu\text{g l}^{-1}$)	B ($\mu\text{g l}^{-1}$)
Fe	300	-
Mn	100	-
Cu	1000	-
Pb	50	50
Zn	5000	5000
Cd	5	5
Cr	50	50
Ni	50	-
Co	-	-

Tabela construída com dados da referência n. 3, páginas 334 e 338.

De modo geral os metais Fe, Mn, Cu, Zn e Ni, tanto na forma total como solúvel, algumas vezes tiveram concentrações mais baixas na saída da estação de tratamento (E_s) do que no centro da cidade (T_c). Isso muito provavelmente pode ser atribuído a metais oriundos de desgastes nos tubos que constituem a rede de abastecimento.

A estação de tratamento de Araraquara, SP, é do tipo convencional, com mistura rápida, decantação acelerada, filtros rápidos por gravidade, e tem capacidade de 600 l/s. Os resultados obtidos durante 1993 mostram que a água tratada pelo Departamento Autônomo de Águas e Esgoto de Araraquara (DAAE), em relação aos metais estudados, está compatível com as condições de potabilidade recomendadas pela Comunidade Européia e pela Organização Mundial da Saúde.

Este trabalho terá continuidade em 1994.

Agradecimento

Os autores agradecem ao CNPq, à Fapesp e ao DAAE de Araraquara, SP, pelo suporte financeiro.

APÊNDICE 1

Propriedades de alguns metais presentes em águas interiores⁶

a) Elementos principais

Águas interiores apresentam como principais íons metálicos Na^+ , K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} em concentrações da ordem de 10 mg l^{-1} .

Sódio. Assim como em água do mar, também em água doce o sódio é o elemento mais abundante. É essencial para o homem e a demanda é da ordem de 1,1 até 3,3 g por dia. Excesso pode provocar doenças cardíacas e cálculos renais.

Potássio. Em águas de subsolo, está em menores concentrações que o sódio. É importante macronutriente de vegetais. O aumento da concentração em águas de superfície ocorre principalmente por lixiviação de fertilizantes. A necessidade humana de potássio é de cerca de 2 g diários.

Magnésio. Sais de magnésio aumentam a dureza total da água. É essencial para os vegetais como átomo central da clorofila, como componente de enzimas e auxilia no endurecimento de ossos e esmalte dentário. Um adulto necessita cerca de 400 mg/dia. Excesso provoca aumento de gordura e cálculo hepático. A comunidade européia (CE) aceita como limite máximo 50 mg l^{-1} em água potável.

Cálcio. Sais de cálcio são os principais influenciadores na dureza total da água. Surge, assim como o magnésio, devido à solubilização de carbonatos. É o principal componente dos ossos e dentes. Compõe também membranas celulares e o plasma sanguíneo - e um adulto necessita 1 g de cálcio diariamente. O limite máximo permitido pela CE em água potável é 100 mg l^{-1} .

b) Elementos secundários

São elementos presentes em águas interiores em concentrações de cerca de $0,1 \text{ mg l}^{-1}$.

Ferro. Quase todas as rochas e solos contêm pelo menos traços de ferro. Em águas, pode ocorrer devido a dissoluções de rochas e/ou por lixiviação, e também pode surgir por oxidação de tubulações. Concentrações acima de 0,3 mg l⁻¹ dão forte sabor metálico (ferrugem) à água. Empresas como fábricas de papel, cervejarias, lavanderias, estampanias (tecidos), laticínio etc. são prejudicadas por águas com elevado teor de ferro. Não se conhece ação tóxica nos humanos. São empregadas diariamente 5-10 mg de Fe na síntese de hemoglobina e de glóbulos vermelhos.

Manganês. Quimicamente, é um elemento muito ativo. Ocorre na natureza em muitos óxidos e o mais importante é a pirrolusita MnO₂, um mineral escuro. Águas de subsolo e de superfície contêm manganês da ordem de 0,3 mg l⁻¹. Devido ao gosto amargo que águas com altos teores de manganês apresentam, o limite máximo de 0,05 mg l⁻¹ para água potável foi fixado pela Organização Mundial da Saúde. Excesso é prejudicial na formação de ossos e cartilagens.

c) Elementos-traços

São considerados traços aqueles elementos que se encontram em concentrações menores que 0,1 mg l⁻¹. Vários elementos-traços apresentam-se como complexos em águas interiores.

Cobre. Às vezes ocorre livre e puro na natureza, e não é de ocorrência natural em águas. Chega pela lixiviação de fertilizantes/agrotóxicos, por esgotos industriais ou por corrosão de encanamentos. Sabe-se que excesso de cobre provoca doenças hepáticas, principalmente em crianças. O íon Cu⁺⁺ em pequenas quantidades é essencial no processo de respiração celular, na formação de algumas enzimas e indispensável nos glóbulos vermelhos. A dieta diária ingerida através de alimentos é entre 2-3 mg. Já 2 mg l⁻¹ de cobre dá gosto metálico à água, e o limite máximo aceito pela OMS é 1 mg l⁻¹. Concentrações da ordem de 0,1 mg l⁻¹ de Cu⁺⁺ são suficientes para envenenar alguns tipos de peixes.

Chumbo. Ocorre na natureza em pequenas quantidades em uma grande variedade de minerais. O minério mais importante é a galena, sulfeto de chumbo, PbS. Atualmente acredita-se não ser elemento-traço essencial aos humanos. Sua presença na água dificilmente é de origem geológica, mas sim devido à corrosão em velhas tubulações. Chega, assim como cádmio ou arsênio, como componente de esgoto industrial de galvanoplastias. Ingerir água contendo 0,8 mg l⁻¹ de chumbo por mais de uma semana leva a envenenamento. É prejudicial às enzimas sanguíneas, para o sistema nervoso, e é elemento de efeito cumulativo no organismo. Em água potável deve estar abaixo de 0,04 mg l⁻¹. Em águas com baixa dureza, é forte envenenador de peixes.

Zinco. Ocorre na natureza principalmente sob a forma de sulfeto, ZnS. Não se encontra sob a forma de elemento livre devido a seu elevado potencial de oxidação. Encanamentos de zinco ou de suas ligas não devem ser utilizados. O íon Zn⁺⁺ tem

importante significado para mais de 80 enzimas. Quase todos os processos celulares sofrem alguma influência de zinco. A necessidade diária de zinco varia de 2 a 15 mg e, em mulheres no período de amamentação, até 25 mg. Insuficiência de zinco ocasiona perturbações no crescimento, no comportamento sexual, queda de cabelos, ferimentos na pele, perda de apetite etc. O limite máximo em água potável é 2 mg l⁻¹, segundo a OMS.

Cádmio. Ocorre na natureza principalmente sob a forma de sulfeto, CdS. Acredita-se não ser elemento-traço essencial e acumula-se no fígado e nos rins. É cancerígeno, prejudica a troca de albumina, de carboidratos e é fortemente tóxico para o esperma masculino e para peixes. Segundo a OMS, um adulto não deve ingerir mais de 0,4-0,5 mg de cádmio semanalmente. Alguns alimentos como batata (± 0,047 mg kg⁻¹), rins de porco (± 0,7 mg kg⁻¹) ou cogumelos, são potenciais fontes de Cd. O limite máximo para água potável é de 0,005 mg l⁻¹. Águas de subsolo podem conter altos valores devido à contaminação via aterros sanitários.

Crômio. O principal minério de crômio é a cromita FeO.Cr₂O₃. Outros minérios contêm o crômio em estado de oxidação +6 – um exemplo é o cromato de chumbo(II), o PbCrO₄. Crômio(VI) é cem vezes mais tóxico que crômio(III) e é cumulativo no fígado e nos rins. Aumenta a compatibilidade para glicose, sendo, assim, terapêutico para alguns tipos de diabetes. Água potável deve ter menos que 0,05 mg l⁻¹. Esgotos industriais (galvanoplastias, curtumes) são responsáveis pelas maiores contaminações dos efluentes.

Níquel. O níquel é encontrado, por exemplo, em minerais sulfetos e arsenetos, como a nicolita, NiS, e a milerita, NiAs. Níquel metálico é um excelente catalisador, especialmente em reações de que participa o gás hidrogênio. Altos teores de níquel em águas superficiais indicam contaminação por esgotos industriais (galvanoplastias, siderúrgicas, fundições). Raramente é de ocorrência natural. O limite máximo é 0,05 mg l⁻¹ em água potável e é cumulativo no organismo. Em baixas quantidades, é essencial, assim como cobalto, molibdênio e vanádio. Falta de níquel leva à anemia, mudanças na pele etc.

Cobalto, molibdênio e vanádio. O cobalto ocorre quase sempre em combinação com o arsênio e o enxofre. Como o molibdênio e o vanádio, o cobalto é elemento-traço essencial e pode ser encontrado em água. Cobalto é componente de vitamina B12, molibdênio é significativo para enzimas flavíneas e falta de vanádio provoca inchaço, alterações nas reações de "queima" e troca de gorduras.

ROCHA, J. C., HIRCHE, R. N. Determination of total and soluble metals in both raw water and treated water collected from reservoirs and a local Water Treatment Station in Araraquara, São Paulo State, Brazil. Part I - 1993. *Ecl. Quím.*, São Paulo, v. 19, p. 105-117, 1994.

■ **ABSTRACT:** The work described in this paper was intended to determine the content of total and soluble metals (Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, Ni and Co) in water samples periodically collected from a local Water Treatment Station and two reservoirs - referred to as Anhumas and Cruzes - located in Araraquara, São Paulo State, Brazil, during 1993. Records of a seasonal quantitative outline of total and soluble metals in reservoirs have shown to be of great importance for the detection of present problems, for the description of alterations likely to database for preventing and consequently helping to solve occasional problems of imbalance. It was observed that Pb, Cr and Co were below the detection limits of the AAS technique and soluble and total forms of Cd and Ni were below the limits recommended for drinking water by the World Health Organization. At Anhumas reservoir a higher concentration of Mn was registered in comparison to the levels observed at Cruzes. Probably due to corrosion throughout the water distribution system, the concentration of some metals such as Fe, Mn, Cu, Zn and Ni observed in some points along the distribution system was higher than the concentration registered in outlet terminals of the Water Treatment Station.

■ **KEYWORDS:** Fresh water; heavy metals; potability.

Referências bibliográficas

1. BALLS, P. W. Trend monitoring of dissolved trace metals in coastal sea water - A waste of effort? *Mar. Pollut. Bull.*, v. 20, p. 546-8, 1989.
2. BASSETT, J., DENNEY, R. C., JEFFERY, G. H., MENDHAM, J. (Ed.) *VOGEL - Análise inorgânica quantitativa*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1981.
3. CETESB. *Normalização técnica L5.012. Tratamento preliminar de amostras de água para determinação de metais por espectrofotometria de absorção atômica/emissão de chama*. São Paulo, 1978.
4. FLASCHKA, H. A. *EDTA Titrations*. 2. ed. Oxford: Pergamon Press, 1964.
5. JARDIM, W. F. A contaminação dos recursos hídricos por esgoto doméstico e industrial. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 15, p. 144-6, 1992.
6. KNOCH, W. *Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Abfallentsorgung*. Weinheim: VCH, 991.
7. RAND, M. C., GREENBERG, A. G., TARAS, M. J. (Ed.) *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 17. ed. Washington: American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, 1989. p. 3-13.
8. ROCHA, J. C., BARBIÉRI, R. S., CARDOSO, A. A. Refluxo em funil - um dispositivo para agilização do processo de rotina analítica para a determinação da DOO (Demanda Química de Oxigênio). Parte I - 1989. *Ecl. Quím.*, São Paulo, v. 13, p. 200-1, 1990.
9. SOUZA, H. B., DERISIO, J. C. *Guia técnico de coleta de amostras de água*. São Paulo: Cetesb, 1977.

10. TAUK, S. M. Vinhaça: resíduo ou subproduto? *Ciênc. Hoje*, v. 9, p. 68-72, 1989.

11. VARMA, A. *CRC - Handbook of atomic absorption analysis*. 2. ed., Boca Raton, v. I-II, 1985.

12. WEBER, R. Sistemas costeiros e oceânicos. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 15, p. 137-43, 1992.

Recebido em 20.1.1994.

Aceito em 11.3.1994.