

Níveis de Alumínio e Zinco em água coletada em dois municípios que possuem diferentes Fontes de captação e tratamento no estado de São Paulo

Aluminum and Zinc levels in water from two towns having different water sources and treatment systems in São Paulo State

Niveles del Aluminio y del Zinc en agua colectada por dos ciudades que tienen distintas fuentes y sistemas de tratamiento del agua en el Estado De São Paulo

*Georgia Carla Ramos Devecchi**
*Pricilla Costa Ferreira**
*Karina Aparecida de Abreu***

*Tania Maria Beltramini Trevilato****
*Susana Inês Segura Muñoz*****

RESUMO: O tratamento de água subterrânea requer fluoretação e cloração, já as fontes superficiais exigem floculação, filtração, fluoretação e cloração; o floculante é o sulfato de alumínio, que aumenta a concentração deste metal na água. O Alumínio (Al) está relacionado com a Doença de Alzheimer (DA), e o Zinco (Zn) é um metal importante à saúde, especialmente as populações idosas. Este estudo comparou a concentração de Al e Zn em água de consumo, considerando diferentes fontes de captação e tratamento. Coletou-se água de dois municípios do Estado de São Paulo, um abastecido com águas subterrâneas (Ribeirão Preto) e o outro com fonte superficial (Atibaia). Analisou-se 50 amostras em triplicata de cada município, de torneiras de cozinhas de casas de repouso, asilo e residências de idosos. A dosagem do Al foi por Espectrofotometria de Absorção Atômica com Forno de Grafite, e a dosagem do Zn foi por EAA-Chama. Os valores encontrados para o Al mostram que 24% das amostras de Ribeirão Preto excederam os valores máximos permitidos, porém em Atibaia os valores se mantiveram dentro dos parâmetros normais. O Zn não teve amostra que excedesse seu valor permitido nos dois municípios, porém estatisticamente houve diferença significativa ($p < 0,0001$) entre os municípios, apresentando valores mais altos em Ribeirão Preto. A detecção de metais acima dos valores normalizados representa fatores de risco para a saúde da população e um dado importante no contexto da saúde pública, considerando a toxicidade dos metais ao homem; assim, tornam-se necessários estudos que monitorem as águas de abastecimento público.

DESCRIPTORIOS: Água Potável, Alumínio, Zinco, Tratamento de Água

ABSTRACT: Ground water treatment requires fluoridation and chlorination processes. In water from superficial sources, the treatment is based on flocculation, filtering, fluoridation and chlorination. Aluminum sulfate is used as a flocculant agent in this kind of treatment, which may increase this metal concentration in water. Aluminum (Al) has been related to Alzheimer Disease (AD). Zinc (Zn) is also a very important metal for human health, especially for senior populations. The objective of this study is to compare the concentrations of Al and Zn in potable water processes, considering different sources of water collecting and treatment. Water samples of two cities in Sao Paulo State were analyzed: Ribeirão Preto, supplied with ground water, and Atibaia, supplied with superficial water. Fifty samples of potable water were collected from faucets in homes of senior people and retirement houses. The values found for Al showed that 24% of samples from Ribeirão Preto exceeded the maximum allowed values by national regulations, whereas values found in Atibaia were within allowed values. Zinc levels were under the maximum established values, in both cities, but the statistical test pointed at a significant difference between them ($p < 0,0001$), showing increased concentrations in Ribeirão Preto. The detection of metals above normalized values represents a risk for the health of the population and is important as information in the Public Health context, considering the toxicity of metals for human health. Future studies to verify the quality of public water supplies are extremely necessary.

KEYWORDS: Potable water, Aluminum, Zinc, Water Treatment

RESUMEN: El tratamiento del agua subterránea requiere procesos de fluoración y de desinfección con cloro. En el caso del agua de fuentes superficiales, el tratamiento se basa en la floculación, la filtración, la fluoración y la desinfección con cloro. El sulfato de aluminio se utiliza como agente de floculación en esta clase de tratamiento, que puede aumentar la concentración de metales en el agua. El aluminio (Al) se ha relacionado con la enfermedad de Alzheimer (EA). El zinc (Zn) es también un metal muy importante para la salud humana, especialmente para poblaciones envejecidas. El objetivo de este estudio es comparar las concentraciones del Al y del Zn en el agua potable, considerando diversas fuentes de colecta y tratamiento del agua. Muestras de agua de dos ciudades del estado de São Paulo fueran analizadas: Ribeirão Preto, provisto del agua subterránea, y Atibaia, provisto del agua superficial. Cincuenta muestras de agua potable fueron recogidas tres veces de los grifos en las casas de retiro, asilos y hogares de la gente envejecida. Los valores encontrados han demostrado que el 24% de muestras de Ribeirão Preto excedieron los valores máximos permitidos por regulaciones nacionales, mientras que los valores encontrados en Atibaia estaban dentro de los niveles permitidos. Los niveles del zinc estaban bajo los valores máximos establecidos, en ambas ciudades, pero la prueba estadística señaló una diferencia significativa entre ellos ($p < 0,0001$), demostrando concentraciones crecientes en Ribeirão Preto. La detección de metales en valores superiores a los normalizados representa un riesgo para la salud de la población y es importante como información en el contexto de la salud pública, en vista de la toxicidad de los metales para la salud humana. Estudios futuros para verificar la calidad de los abastecimientos de agua públicos son extremadamente necesarios.

PALABRAS-LLAVE: Agua potable, Alumínio, Zinco, Tratamiento de aguas

* Discente de graduação da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto-EERP/USP. Bolsista de Iniciação Científica junto ao Laboratório de Saúde Ambiental (FAPESP).

** Mestranda de Enfermagem em Saúde Pública do Departamento Materno Infantil e Saúde Pública da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto-EERP/USP.

*** Bióloga da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. Laboratório de Pediatria. Setor de Metais do Hospital das Clínicas – FMRP/USP.

**** Professora Doutora do Departamento Materno Infantil e Saúde Pública da Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto – EERP/USP, Universidade de São Paulo. Laboratório de Saúde Ambiental. E-mail: susis@eerp.usp.br

Introdução

A água está presente em múltiplas atividades do homem, sendo indispensável no abastecimento público e doméstico, uso agrícola, industrial e produção de energia elétrica. Os requerimentos de água têm acompanhado o aumento da população mundial, assim como, o desenvolvimento industrial e tecnológico, o que tem originado preocupações sobre a falta desse bem em diversas partes do planeta, exigindo um planejamento da gestão da água no mundo (Geocities, 2005).

O Brasil destaca-se mundialmente pela sua grande produção hídrica, 177.900 m³/s e mais 73.100 m³/s da região Amazônica Internacional, representando 53% da água doce da América do Sul e 12% do total mundial (Rebouças, 1999).

A água pode sofrer contaminação por patógenos e ser responsável pela transmissão de inúmeras doenças. Sofre ainda contaminação por produtos químicos, os quais são compostos tóxicos solúveis, inclusive metais pesados. Os resíduos industriais são os mais danosos, e os resíduos agrícolas têm sofrido modificações e preocupado os ambientalistas (Sewell, 1978).

Dentre os produtos químicos, os metais pesados exercem seus efeitos tóxicos ligando-se a grupos reativos essenciais para as funções fisiológicas normais; esses metais reagem no corpo combinando-se com ligantes que possuem oxigênio, enxofre e nitrogênio (Goodman et al, 1998).

Os metais em geral estão presentes no meio aquático em quantidades diminutas, mas podem ser despejados em quantidades significativas por atividades industriais, agrícolas e de mineração. Podem ser solubilizados pela água podendo gerar danos à saúde, dependendo da quantidade ingerida,

devido à sua toxicidade e potencial carcinogênico (Braga et al, 2002).

Água potável é definida como aquela que não causa danos à saúde, nem prejuízo aos sentidos dos seres vivos. Os indicadores físicos, químicos e biológicos da água potável devem estar de acordo com o dispositivo legal em vigor no Brasil, que é a Portaria n. 518, de 25 de Março de 2004, do Ministério da Saúde, que aprova normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Padrão de potabilidade é o conjunto de valores máximos permissíveis das características de qualidade da água destinada ao consumo humano (Braga et al, 2002).

O abastecimento de água potável é um serviço público essencial a qualquer comunidade (Miguel et al, 2004). A maior parte dos suprimentos urbanos (água para o consumo) vem de mananciais de água de superfície, que são os lagos e rios, ou de água subterrânea de lençóis freáticos ou profundos, constituindo as fontes de captação de água mais utilizadas (Sewell, 1978).

Água subterrânea é a que se localiza abaixo da superfície da Terra, como: água do solo, da camada não saturada do subsolo e a da zona saturada; ela decorre da água da chuva, que após atingir a superfície da Terra, se infiltra (Silva, 2003; Zimbres, 2005).

A água subterrânea é mais preferida, pois são as mais protegidas da poluição, quando comparadas às águas superficiais; sua captação e distribuição são mais baratas; geralmente não precisam de tratamento, sendo, entretanto melhor para a saúde; e permitem um planejamento modular, ou seja, abertura de mais poços quando a procura aumentar (Silva, 2003; Francisco, 2006; Viarti, 1999).

Na utilização da água subterrânea, primeiramente, deve haver a escolha do manancial, a qual deve

ser condicionada tanto à disponibilidade (quantidade) como à qualidade da água. Posteriormente, deve ocorrer à captação das águas subterrâneas, devem ser perfurados poços tubulares profundos, de até 200 metros. Qualquer perfuração para se obter água de um aquífero é chamada de poço (Sewell, 1978).

As águas subterrâneas refletem quimicamente os lugares por onde percolam, e por isso apresentam estreitas relações com o tipo de rocha e a atividade humana ali desenvolvida. Em grandes centros urbanos, por exemplo, há problemas relacionados aos depósitos de lixo domésticos, poluentes industriais e outros, o que determina a química das águas subterrâneas (Silva, 2004; Zimbres, 2005).

Devido à sua origem de poços profundos, o tratamento dessas águas consiste somente na adição de cloro (Departamento de Águas e Esgoto de Ribeirão Preto, 2005). A dosagem de cloro tem que ser ajustada ao aspecto da água, aos microrganismos, ao pH, e à temperatura (Sewell, 1978). A fluoretação (adição de flúor) também é feita nesta fase. O flúor na água de abastecimento reduz em cerca de 60% a incidência de cáries dentárias, sendo o meio mais eficiente e econômico para a sua prevenção. A água é, então, conduzida por tubulações aos reservatórios, de onde é distribuída para as redes de abastecimento do município até chegar às residências (Departamento de Águas e Esgoto de Ribeirão Preto, 2005).

A água proveniente dos mananciais superficiais em primeira instância deve sofrer o processo de Captação, utilizando-se bombas, que retiram a água bruta que vêm de rios, lagos ou córregos, e são levadas para a Estação de Tratamento de Água (ETA), que tem como objetivo transformar água bruta, im-

própria para o consumo humano, em potável, própria para esse fim. As fases de tratamento convencional numa ETA são: mistura rápida, floculação, decantação, filtração e desinfecção. Também é importante a fluoretação e a correção do pH (Vianna, 1996).

Tratamento Complementar de Pré-cloração é a adição de cloro à água bruta com a finalidade de ocorrer oxidação do ferro (Fe) e do manganês (Mn), assim, eles se tornam insolúveis e podem ser removidos nas outras fases do tratamento. Em seguida ocorre a fase da Mistura Rápida, onde é acrescentado o produto químico responsável pela desestabilização e posterior aglutinação das matérias que vão ser removidas da água. Na Floculação, o agente floculante deve ser adicionado em local de grande turbulência para se obter maior resultado, fazendo com que as partículas desestabilizadas na mistura rápida comecem a se aglutinar umas com as outras e com o floculante, por isso é importante a agitação intensa, para que as partículas se choquem (Vianna, 1996).

Na Decantação, a água é conduzida aos decantadores, e escoam nas pequenas perturbações, onde os flocos podem ser bem sedimentados, e previamente separados da água. Após esse processo a água sofre a Filtração, que é a melhor maneira de separar as impurezas da água. Na seqüência, a água passa pelo processo de Desinfecção, que tem por objetivo retirar microrganismos patogênicos, especialmente vírus e bactérias, que ainda possam estar presentes na água filtrada. No Brasil, o método mais comum é a aplicação de cloro na forma líquida ou gasosa, o qual é destinado para a eliminação de microrganismos, esse componente é altamente eficiente, pois uma vez dosado e depositado na água, ele continua existindo nela. Ainda nesta fase é adicionado

o flúor para prevenir cáries na população e auxiliar na formação de dentes mais resistentes. Além disso, é feita a correção do pH da água, adicionando-se hidróxido de cálcio, para que a água esteja ligeiramente alcalina, prevenindo-se a corrosão dos encanamentos. E finalmente a água é armazenada e distribuída para a população (Serviço Autônomo de Água da Estância de Atibaia, 2006; Vianna, 1996).

O sulfato de alumínio é capaz de produzir hidróxidos gelatinosos insolúveis, sendo útil para a remoção de impurezas em suspensão, em estado coloidal ou solução; conseguindo desestabilizar, agregar e aderir formando coágulos. No processo de tratamento convencional (água de fontes superficiais), o uso de sulfato de alumínio pode aumentar a concentração desse metal na água para consumo. O Alumínio (Al) é um componente que afeta a qualidade organoléptica da água, e que tem seu valor máximo permissível de 0,2 mg/L de acordo com o Padrão de Potabilidade do Ministério da Saúde (Braga et al, 2002).

O Al é o metal mais comum na crosta terrestre (8,13%), sua origem é natural, tendo seu estado físico sólido, com aspecto branco prateado característico, dúctil, maleável, inodoro, bom condutor de calor e eletricidade (Santos, 2003; Lautilus, 2005).

A exposição ao Al se dá pela sua abundância no ambiente e seu variado uso. A primeira via é a oral, sendo as principais fontes: água potável, resíduo nos alimentos, utensílios de cozinha, embalagens, fórmulas antiácidas e antiperspirantes. Outra fonte, não muito considerada, é o uso de utensílio feito desse metal, como panelas, que são vulneráveis à degradação. Estudos mostram que vários fatores influenciam a passagem de Al do utensílio para o alimento, como o baixo pH do alimento, presença

de sal ou açúcar, tempo de cocção do alimento, tempo do utensílio, entre outros (Quintaes, 2000).

Não se conhece nenhum efeito benéfico do Al, porém há evidências de que este metal provoque seborréia com queda de cabelo, esclerose cerebral (Alzheimer), irritabilidade, desloca o cálcio e magnésio dos ossos, levando a uma osteoporose, dentre outros.

O Al é um dos mais frequentes causadores de intoxicações por metais pesados, pode alterar as estruturas celulares, as enzimas e ainda substituir metais co-fatores de atividades enzimáticas, forma radicais livres e por efeito cumulativo leva a processos degenerativos; têm sido encontrado um índice elevado desse metal em pacientes portadores do Mal de Alzheimer (Pascalichio, 2002).

Na epidemiologia da DA estima-se que 10% dos idosos com mais de 65 anos, nos EUA, sofram da doença. A *Alzheimer's Disease International* (ADI) estima que em 2025, 34 milhões de pessoas terão a doença e que 71% delas estarão em países em desenvolvimento (Reichel, 1999). Uma recente pesquisa (2004-2005), realizou levantamento bibliográfico sobre o Al como fator de risco para a DA, e as conclusões mostram que o Al intervém em processos neurológicos responsáveis pela degeneração característica da DA. Esse estudo mostra ainda que 70,5% dos estudos analisados apresentam o Al como um dos fatores de risco para a DA (Ferreira et al, 2005).

Em 2005 foi publicada uma revisão que sugere evidências do Al ter um papel importante no funcionamento cerebral, os mecanismos mais detalhados no estudo são o papel do Al no stress oxidativo e morte celular. O trabalho conclui que esse metal não pode ser descartado como fator de risco para a DA, porém não se pode dizer que

seja um fator presente em todos os casos, o autor da pesquisa enfatiza a necessidade de estudo neste aspecto, pois ainda não se pode dizer que o Al possa ser um fator único para DA (Gupta et al, 2005).

Um outro metal muito importante dado as suas proporções na saúde humana e da sua importância para as populações idosas é o Zinco (Zn) metal com uso muito explorado; uma possível via de exposição em locais próximos a sítios de descartes é pela água, ou seja, bebê-la contendo altas concentrações de Zn (Azevedo et al, 2003; Silva, 2003). Esse metal é um elemento essencial, porém, sabe-se que seus compostos, se presente em quantidades superiores às recomendadas, produzem irritação e corrosão intestinal, podendo levar à necrose renal ou nefrite, nos casos mais severos; em elevadas concentrações, influencia negativamente a biodisponibilidade do Cobre, que desempenha um papel fundamental no metabolismo do Ferro (López et al, 1999).

Um estudo realizado no município de Ribeirão Preto em um Hospital Escola documenta a alta prevalência de níveis séricos deficientes para o Zn em idosos hospitalizados. O estudo enfatiza a importância do Zn, pois sua deficiência determina disfunções comuns em idosos, como a hipoguesia, distúrbios do comportamento, imunodeficiências e alteração no processo de cicatrização (Vannucchi et al, 1994).

Para o presente trabalho foram selecionados os municípios de Ribeirão Preto e Atibaia no Estado de São Paulo, caracterizados por possuírem fontes de abastecimento de água subterrânea e superficial, respectivamente. Teve-se como finalidade comparar a concentração de Al e Zn em água potável, considerando as diferentes formas de tratamento da água para o abastecimento público.

Este estudo objetiva comparar a concentração de Al e Zn em água que é destinada ao consumo humano, considerando diferentes fontes de captação e tipos de tratamento.

Materiais e métodos

Trata-se de uma pesquisa experimental de tipo transversal. Esta investigação avalia os níveis de Al e Zn em amostras de água potável coletadas em residências, casas de repouso e asilos de dois municípios do interior do Estado de São Paulo que possuem fontes de captação e tratamento diferenciadas, no período de outubro de 2005 a janeiro de 2006.

Local de Estudo

O município de **Ribeirão Preto** se encontra entre os maiores do Estado de São Paulo, está localizado na região nordeste; e segundo o Censo Demográfico do ano 2000, a cidade conta com 504.923 habitantes e área de 651 km. Toda a água consumida e distribuída pelo DAERP – Departamento de Água e Esgotos de Ribeirão Preto, vem de um imenso reservatório de águas subterrâneas chamado: Aquífero Guarani, que é talvez o maior manancial transfronteiriço de água doce subterrânea no planeta (Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto, 2005).

O município de **Atibaia** está localizado a 65 km da Capital, tendo 491 km de área, sendo 40% urbana. Segundo dados do último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, de 1996, Atibaia possui uma população de mais de 121.000 habitantes, dos quais 30.000 são flutuantes, mas com residência própria no Município, casas de campo e veraneio. O SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto da Estância de Atibaia, utiliza como fonte de captação de água os mananciais de uma mina da

Serra do Itapetinga (1% do consumo da cidade) a qual é um afluente da nascente da Pedra Grande, e do Córrego do Onofre também chamado do Taboão (9% do consumo da cidade), um afluente do Rio Atibaia (Atibaia, 2006; Martins, 2005).

Preparação para a coleta de amostras:

Para a coleta de amostra de água, foram utilizados tubos de polietileno de 50 ml, providos de tampa. Em cada ponto, foram coletadas duas amostras para dosagem de metais e uma amostra para leitura de pH e Temperatura “in situ”. Os materiais utilizados para coleta e acondicionamento das amostras para a dosagem de metais foram previamente submersos em solução de ácido nítrico a 30% por 24 horas, para eliminação de metais interferentes (26) e posteriormente enxaguados com água Milli-Q no Setor de Metais do Laboratório de Pediatria (LP) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (HCFMRP)/USP.

Coleta de amostras

Foram coletadas, um total de 100 amostras em triplicata de água de torneiras de cozinhas residenciais e institucionais nos dois municípios, abrangendo diferentes bairros nos municípios de Atibaia e Ribeirão Preto.

Em ambos os municípios foram selecionados como pontos de coleta casas de repouso e asilos, no primeiro momento. Além desses locais, foram coletadas amostras em residências onde morassem pessoas com mais de 60 anos, com um tempo mínimo de residência no local de 10 anos. As amostras foram coletadas da torneira da cozinha das instituições ou residências, após deixar a água escorrer por 2 minutos.

No município de Atibaia foram coletadas 50 amostras em triplicata na cidade de Atibaia, no período de

Tabela 1. Métodos e limites de detecção de metais do Setor de Metais do Laboratório de Pediatria e Puericultura, FMRP/USP.

Metal Analisado	Limite de Detecção	Método
Alumínio	0,001 mg/L	EAA-FG*
Zinco	0,001 mg/L	EAA-Chama**

*EAA-FG: Espectrofotometria de Absorção Atômica com Forno Grafite

**EAA-Chama: Espectrofotometria de Absorção Atômica com Chama

Tabela 2. Padrão de aceitação para consumo humano em relação ao Al e Zn.

Parâmetro	Unidade	VMP ⁽¹⁾
Alumínio	mg/L	EAA-FG*
Zinco	mg/L	EAA-Chama**

*VMP: Valor Máximo Permitido

Fonte: Ministério da Saúde, 2006.

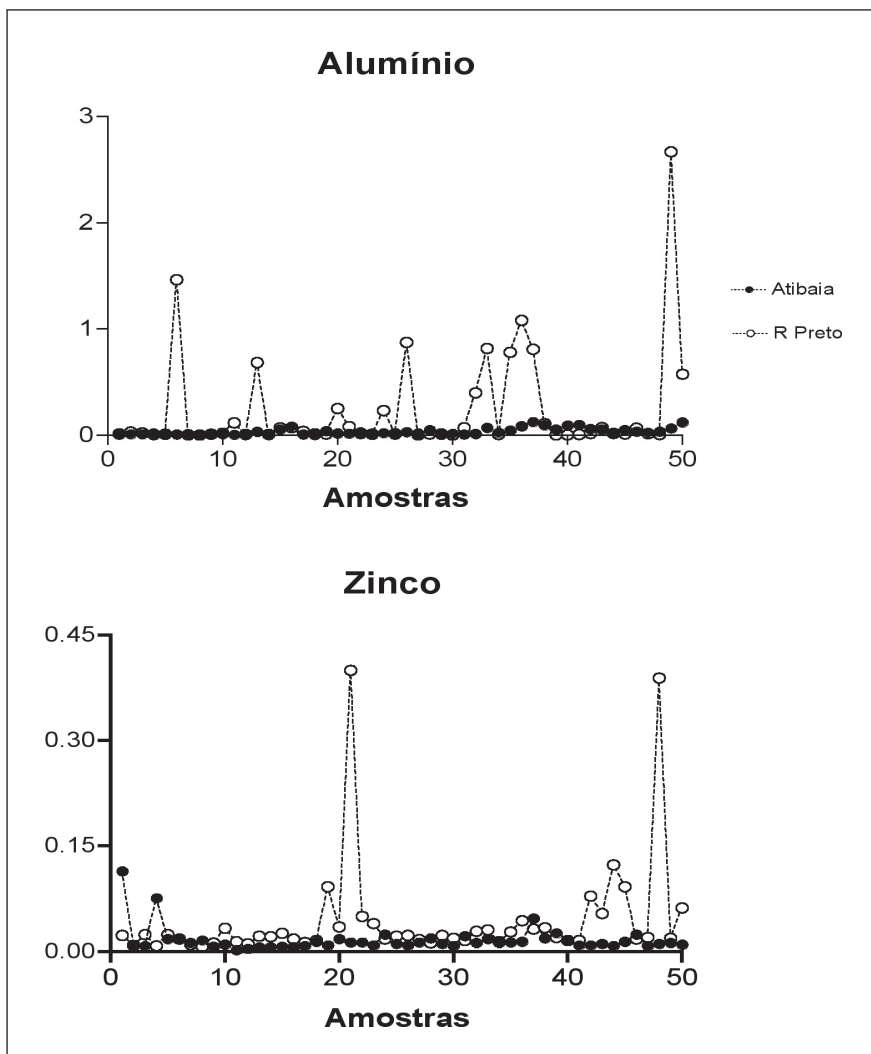


Figura 1. Gráficos das concentrações do Al e Zn das amostras do município de Atibaia e Ribeirão Preto.

outubro a novembro de 2005, procurando-se abranger toda a área da cidade. Foi incluída uma instituição sob responsabilidade da Prefeitura Municipal, esse asilo abriga idosos com idades entre 60 a 90 anos. No município de Ribeirão Preto foram coletadas 50 amostras em triplicata, no período de dezembro de 2005 a janeiro de 2006.

Dosagem de pH e Temperatura:

A leitura do pH da água foi realizada "in situ", pelo método potenciométrico, utilizando pHmetro portátil, Lutron- PH-206, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0.

Dosagem de Alumínio e Zinco: Preparação das Amostras:

As amostras foram fixadas adicionando 1 ml de ácido nítrico (HNO₃) de alta pureza e mantidas a -18°C até o momento das análises. As amostras de água foram centrifugadas e sobrenadante separado para posterior leitura dos metais pesados (American Public Health Association, 1998).

Leitura de Metais Pesados:

As dosagens de Al foram realizadas por Espectrofotometria de

Absorção Atômica com Forno de Grafite (EAA-FG/VARIAN-ZEE-MAN modelo 640-Z). As dosagens de Zn foram realizadas por Espectrofotometria de Absorção Atômica de Chama (EAA-Chama/VARIAN, modelo AA-200); no Setor de Metais do Laboratório de Pediatria do Hospital das Clínicas da FMRP/USP, a Sala Limpa conta com certificação anual de número de partículas (até 10.000 partículas/ambiente) e Sistema VECO para insuflação e exaustão do ar. A Tabela 1 mostra os métodos e limites de detecção dos metais analisados por este estudo.

Validação dos Métodos:

Foram utilizadas amostras certificadas de água potável (PW-337, PW-341) do Instituto *Quality Control Technologies Pty Ltd.*, Queensland, Austrália.

Análise dos dados:

Os dados foram analisados considerando-se os valores da Portaria 518/2004 e a Portaria 1469/2000 do Ministério da Saúde, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade (Brasil,

2001). Segundo o Art. 14 da Portaria 518/2004 a água potável deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representam risco para a saúde, e o Art. 16 reza que a água potável deve estar em conformidade com o padrão de aceitação de consumo expresso na Tabela 2, a seguir.

Teste Estatístico:

Para a realização dos testes estatísticos foi utilizado o Programa Estatístico Graph Pad Prism (Version 3,02 for Windows, Graph Pad Software, San Diego, CA, USA), através do teste estatístico não paramétrico Mann-Whitney. O nível de significância utilizado foi $\alpha = 0,05$ (Zar, 1999).

Resultados e discussão

O presente estudo analisou os níveis de Al e Zn em amostras de água provenientes de dois municípios do estado de São Paulo, com diferentes fontes de abastecimento e tratamento de suas águas. Foram quantificados os níveis de Al, visto que este metal tem importante destaque no tratamento dado às águas superficiais. Foi realizado a análise do Zn, considerando a re-

Tabela 2. Concentração do Al e Zn nas amostras de água coletadas nos municípios de Atibaia e Ribeirão Preto, SP.

Metais		Atibaia	Ribeirão Preto	P
Al	-Média	0.036	0,222	NS
	-Desvio Padrão	0.032	0,482	
	-Máximo	0.125	2,672	
	-Mínimo	0,005	0,004	
	-Mediana	0.021	0,019	
Zn	-Média	0.016	0.044	< 0.0001
	-Desvio Padrão	0.018	0.076	
	-Máximo	0.114	0.400	
	-Mínimo	0.002	0.007	
	-Mediana	0.012	0.022	

* Os resultados são comparados com a Norma, Portaria 518/2004 do MS.

* NS = não significativo

levância que esse elemento tem no organismo, principalmente na população idosa.

Comparação de Níveis de Al e Zn em Atibaia e Ribeirão Preto:

As concentrações do Al e Zn nas amostras água nos dois municípios são apresentadas graficamente na Figura 1, a partir dos dados obtidos das análises laboratoriais.

O Al e o Zn foram comparados segundo seu valor médio, desvio padrão, valor máximo, valor mínimo, mediana e Valor *p* (resultado do teste estatístico aplicado), esses valores são apresentados na Tabela 2.

Ao analisar os dados obtidos, na Figura 1 e na Tabela 2; pode ser observado que os valores de Al nas amostras procedentes de Ribeirão Preto apresentaram níveis que ultrapassaram os valores máximos permitidos (VMP), segundo a Portaria 518/2004, definido em 0,2 mg/L. Em 12 amostras as concentrações variaram de 0,234 a 2,672 mg/L, sendo que 3 amostras apresentaram níveis superiores a 1,0 mg/L. Em primeira instância, foi considerada a possibilidade de esses aumentos estarem relacionados com algum componente local em algum bairro, como: localização do poço de abastecimento, características geológicas dos poços, tempo de criação do bairro e tipo de encanamento. Porém, ao verificar a distribuição das amostras coletadas, verificou-se que correspondiam a 12 pontos de coleta distribuídos em bairros diferentes.

Ao comparar os níveis de Al detectados nas amostras de água de Atibaia e Ribeirão Preto, verificou-se que a diferença não foi significativa ($p > 0,05$). Cabe destacar, que excetuando os valores que excederam o VMP, os restantes dos valores apresentaram-se semelhantes para os dois municípios. Sabe-se que águas subterrâneas possuem um teor maior que as superficiais,

pois estão em maior contato com os materiais solúveis presentes no solo e rochas ^{(1),(8)}. Porém, mesmo sendo águas de diferentes fontes de captação, essa diferença não foi evidenciada, o que pode estar relacionado à adição de sais de Al na água durante seu tratamento, no município de Atibaia, que por sua vez aumentam o pH e diminuem a disponibilidade dos metais na água.

Cabe destacar, que mesmo sendo utilizado Sulfato de Al, como floculante durante o tratamento da água para o consumo humano em Atibaia, nenhuma das amostras excedeu os VMP na Portaria 518/2004.

O Al afeta a qualidade da água pela sua utilização para saneamento e armazenamento da água (Pascalichio, 2002), porém no presente estudo, verifica-se que no município de Atibaia, segundo a análise das amostras coletadas, o Al não altera o padrão de aceitação para o consumo humano. E, pelo contrário, os níveis detectados nas amostras procedentes de Ribeirão Preto, foram os mais preocupantes, considerando que 24% das amostras apresentaram concentrações superiores ao VMP.

Foi realizado um levantamento dos dados disponíveis pelo Departamento de Informação e Informática do SUS – DATASUS, órgão da Secretaria Executiva do Ministério da Saúde, o qual tem a responsabilidade de coletar, processar e disseminar informações sobre saúde, esta unidade representa um papel importante para os sistemas de informática e informação da Saúde.

O município de Atibaia não apresenta registros no DATASUS de casos de Alzheimer, quanto a internações e a óbitos, o que pode ocorrer por ser esta doença de difícil diagnóstico e também pela limitação da obtenção de dados quanto a internações. Geralmente, os pa-

cientes são atendidos em serviços ambulatoriais e no pronto atendimento, e no caso de ocorrerem às internações, estas muitas vezes são registradas por causas secundárias. Por outro lado, o município de Ribeirão Preto, no período de 2000 a 2005 apresentou 31 internações, por Doença de Alzheimer, na faixa etária acima dos 60 anos.

Analisando os dados referentes ao Zn (Fig. 1 e Tab. 2) observa-se que as concentrações de Zn são mais elevadas nas amostras coletadas em Ribeirão Preto (0,007-0,400 mg/L) do que em Atibaia (0,002-0,114 mg/L). Ao aplicar o teste estatístico, verificou-se que essa diferença é significativa ($p < 0,0001$). Porém, ao contrário do Al, nenhuma das amostras analisadas, tanto em Atibaia quanto em Ribeirão Preto, apresentaram níveis acima dos VMP para Zn na Portaria do MS 518/2004, estabelecido em 5,0 mg/L.

O Zn em concentrações superiores ao seu VMP da Norma, pode apresentar um aspecto benéfico para a saúde, principalmente para a população idosa ou população que apresente níveis de ingestão de Zn deficitário. O maior problema relacionado ao Zn em água para consumo humano, é o fato de que esse metal se associa a outros metais pesados mais tóxicos, como o Cádmio e o Chumbo. E, ainda influencia negativamente a biodisponibilidade do metal Cobre, o qual tem um papel importante no metabolismo do Ferro, componente essencial para a formação de um dos componentes do sangue, a hemoglobina (Segura-Muñoz et al, 2003).

Valores de pH

O valor médio do pH encontrado nas amostras do município de Atibaia foi de: $7,3 \pm 0,42$. O valor médio da temperatura encontrada foi de: $26,9 \pm 1,0$. O valor médio

do pH encontrado nas amostras do município de Ribeirão Preto foi de: $6,5 \pm 0,52$ e o valor médio da temperatura encontrado foram de: $27,8 \pm 1,9$.

O uso de sais no tratamento da água tem o poder de elevar o pH da água, como já é conhecido. O pH mais elevado diminui a solubilidade do Al à água, o que diminui sua quantidade disponível na água ingerida pela população⁽¹²⁾ (Vianna, 1996). Sabe-se também que o pH ácido promove a livre circulação dos metais, sendo assim melhor absorvido. Estudos revelam que a solubilidade do Al na água está relacionado ao pH, quanto menor os valores, maior a solubilidade⁽¹⁶⁾. Nas águas doces, é possível o Al estar dissolvido, sendo altamente dependente do pH (Santos, 2003).

O valor do pH encontrado nas amostras do município de Atibaia (média de 7,3) pode ser um fator que esteja diminuindo a solubilidade do Al na água para o consumo humano. Os valores do pH encontrados nas amostras coletadas em Ribeirão Preto mostraram um pH mais baixo (média de 6,5), em relação ao município de Atibaia, tendo uma das amostras com o valor de 5,98;

e sabemos que um pH abaixo de 5,5 causa um aumento nas concentrações e disponibilidade do Al (Vianna, 1996; Santos, 2003).

Conclusão

Considerando a importância da água, como um fator essencial à vida, torna-se relevantes estudos que façam a monitorização das águas destinadas para o consumo humano, visto que esta pode conter elementos prejudiciais à saúde da população. Sendo assim, faz-se necessário verificar variações de pH, temperatura e presença de compostos tóxicos que possam causar variações na qualidade dessas águas potáveis.

Esse estudo nos mostra que a água consumida pela população, tanto em Atibaia quanto em Ribeirão Preto, tem apresentado quantidades significativas de Al, porém esses níveis não estão diretamente relacionados com o tipo de tratamento destinado à água. Diferentemente, o outro metal estudado, o Zn, apresenta níveis muito abaixo do permitido pelas normas, porém a diferença entre as duas cidades é significativa, sugerindo que o tratamento ou a ge-

ologia das cidades esteja influenciando na qualidade da água potável.

Visto que o Al é um metal que pode representar um fator de risco e um fator determinante para várias doenças, e o Zn é um metal de grande importância especialmente às populações mais idosas, além de influenciar na absorção de outros metais; este estudo teve como objetivo realçar a importância do monitoramento de metais em águas destinadas ao consumo humano, pois além do Al e Zn, existem outros elementos que podem estar causando prejuízos à saúde da população. Assim, este trabalho entende a necessidade de investigações mais profundas quanto aos níveis de metais presentes na água, que possam interferir com sua qualidade.

Agradecimento

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, pelo apoio dado ao presente trabalho (Processo FAPESP N°05/54375-9) e a todos os outros desenvolvidos no Laboratório de Saúde Ambiental, sob a orientação da Profa. Dr^a Susana Inés Segura-Muñoz.

REFERÊNCIAS

- American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20^o ed. Washington DC:APHA; 1998. p.1015, 1085.
- Atibaia. [citado 20 Mai 2006].Disponível em: URL:<http://www.atibaia.com.br/cidade/topico.asp?topico=12>
- Azevedo FA, Chasin AAM. Metais: gerenciamento da toxicidade. [S.l.]: Atheneu; 2003. Cap.1, 7.
- Braga B, Hespanhol I, Conejo JGL, Barros MTL, Spencer M, Porto M, Nucci N, Eiger S. O meio aquático. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo 2002. p.72-87.
- Brasil. Ministério da Saúde. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Portaria n. 518/2004. [Publicado no Diário Oficial da União; 2004; Mar 13] Disponível em: URL: www.sesp.pa.gov/Sus/Portaria/PT2004/potaria0518.htm.
- Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto. [citado 12 Dez 2005]. Disponível em: URL:<http://www.daerp.ribeiraopreto.sp.gov.br/index.html>.
- Ferreira PC, Devecchi GCR, Piai KA, Takayanagui AMM, Segura-Muñoz SI. Alumínio como fator de risco para a doença de Alzheimer. Arquivos de Neuro - Psiquiatria 2005; 63.

- Francisco RHP, De água de rio a água potável. Rev Eletrônica Ciências 2002;(12). [citado 12 Out 2002].Disponível em: www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/art_12/aguapotavel.html.
- Geocities. Água e a Sobrevivência humana. [citado 20 Mai 2005]. Disponível em: URL:<http://www.geocities.com/Athens/Forum/5265/conhecem.htm>.
- Goodman, Gilman A, Hardman JG, Limbird LE, Molinoff PB, Ruddon RW. As bases farmacológicas da terapêutica. 9ª ed. [S.l]:[s.n.];1996. p.1223-1240..
- Gupta S, Veer B, Anitha ML, Hegde L, Zecca RM, Garruto R, et al. Rewiew: aluminium in Alzheimer's disease: are we still at a crossroad? Cellular and Molecular Life Sciences 2005;62: 143-158.
- López P, Castaneda M, López G, Munoz E, Rosado J. Contenido de hierro, zinc y cobre los alimentos de mayor consumo en México. Arch Latinoam Nutr 1999; 49(3):287-94.
- Miguel AR, Bevilacqua N, Guerra PADV, Baptiselli SC. Tratamento de águas residuárias domesticas. In: Roméro MA, Philippi Jr A, Bruna GC, Pftistelli SC. Panorama ambiental da metrópole de São Paulo. São Paulo: Signus, 2004. p.79-80. [Coleção Estudos e Pesquisas Ambientais].
- Nautilus. Alumínio. [citado 09 Mai 2005]. Disponível em: URL: <http://nautilus.fis.uc.pt/st2.5/scenes-p/elem/e01300.html>.
- Pascalichio AE, Contaminação por metais pesados. São Paulo:Associação de Profissionais em Ciência Ambiental; 2002. p.31, 40-41.
- Quintaes KD. Utensílio para alimentos e implicações nutricionais. Rev Nutr 2000; 13:151-156.
- Rebouças AC. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação / organização e coordenação científica. São Paulo: Escritura, 1999. p.6-8, 117,135.
- Reichel W. Assistência ao idoso, aspectos clínicos do envelhecimento: a doença de Alzheimer. 5ª. ed. [S.l.]:[s.n.]; 1999. p.176-183.
- Serviço Autônomo de Água da Estância de Atibaia. [citado 25 Mar 2006]. Disponível em: URL:www.saaeatibaia.com.br.
- Santos CR. In: Azevedo FA, Chasin AAM. Metais: gerenciamento da toxicidade. Alumínio. Atheneu: Inter Tox 2003.
- Segura-Munoz SI, Trevilato TBM, Takayanagui AMM, Hering SE, Cupo P, et al. Metales pesados en agua de bebederos de presión. Arch latinoam nutr 2003; 53(1):48-53.
- Sewell GH. Administração e controle da qualidade ambiental. São Paulo:Universidade de São Paulo;1978.
- Silva ES, Zinco. In: Azevedo FA, Chasin AAM. Metais: gtrenciamento de Toxicidade. São Paulo: Atheneu; 2003. p.187-199.
- Vannucchi H, Cunha DF, Bernardes MM, Unamuno MRDL. Avaliação dos níveis séricos das vitaminas A, E, C e B2, de carotenóides e zinco em idosos hospitalizados. Rev Saúde Publica 1994;28 (2):121-126.
- Vianna MR. Introdução ao tratamento da água. Belo Horizonte: IEA; 1996.117-122, 129, 185, 312-315, 325.
- Viarti P. Água escassa. Revida 1999; 11:13-16.
- Zar JH. Bioestatistical analysis. 4ª ed. New Jersey: Preutice Hall; 1999.580p.
- Zimbres E.[citado 09 Dez 2005]. Disponível em: URL:<http://www.meioambiente.pro.br/agua/guia/aguasubterranea.htm>.
-

Recebido em 8 de maio de 2006
Aprovado em 20 de junho de 2006