

## Avaliação de metais pesados: Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Zinco (Zn) e Níquel (Ni) em cabelos humanos

*Heavy metals evaluation in human hair: Cadmium (Cd), Lead (Pb), Nickel (Ni) and Zinc (Zn)*

**Rogéria Saez Duarte**

Doutora em Energia na Agricultura/UNESP

e professora na FAI

### Resumo

Foi avaliada a presença de metais pesados em cabelos humanos. As amostras consistiram em “mechas” doadas por 10 funcionários do Pedágio de Botucatu, 10 policiais da Base da Polícia Rodoviária de Marília e de 10 pessoas nos cabeleireiros de Marília. Para a obtenção dos extratos das amostras, utilizou-se a digestão com ácido nítrico concentrado, e leitura por Espectrofotômetro de Absorção Atômica. Os resultados obtidos na pesquisa, alertando-nos para o problema: poluição ambiental por metais e o risco da exposição para o ser humano.

**Palavras-chave:** Metais pesados - Elementos de rastro - Contaminação ambiental - Conceito de risco - Emissões de veículo - Poluição de veículo - Metais pesados em cabelo humano.

### Abstract

The actual study avaliated the presence of heavy metals in human hair. The samples consisted in locks of hair from 10 staff membres of the Botucatu tool station, 10 police officers from the Marília higway police station and from 10 clients of Marília hairdressers. To obtain extrats from the samples, digestion by concentrated nitric acid was used, taken to na Atomic Absorption spectrofotometer. The results obtained in the present study alert us about the problems of environment pollution and risks of exposure for human beings.

**Key words:** Heavy metals - Trace elements - Environmental contamination - Risc concept - Vehicle emissions - Vehicle pollution - Heavy metals in human hair.

### Introdução

Para se avaliar bem os efeitos adversos dos agentes químicos introduzidos no ambiente, antropotecnicamente, é imperativo obter conhecimento básico dos seus efeitos sobre os seres vivos, tendo em vista mitigar seus efeitos tóxicos sobre as populações humanas. O conhecimento dos efeitos



das substâncias químicas sobre a fisiologia humana não é, por si só, suficiente para determinar o risco para a população em geral, também é necessário conhecer o número de pessoas expostas e o grau de exposição, finalmente, para implementar estratégias efetivas e racionais de controle, precisa-se também conhecer as fontes dessa exposição. A triagem e a monitoração são ferramentas de prevenção. Definem as pessoas e o ambiente que estão sob risco, permitindo que a eles se apliquem medidas preventivas para a redução ou eliminação do risco. É de conhecimento público que severas intoxicações por metais pesados são de origem ocupacional ou de outras fontes. São relatados, no entanto, em seres humanos, níveis acima do normal (background), que embora não se definam como “intoxicações”, revelam que esses agentes em suas formas silentes vão se instalando progressivamente na rota bioquímica dos seres humanos.

### **Metais Traços no ser humano.**

O homem tem sido alvo de exposição a contaminantes que colocam em risco a sua qualidade de vida interferindo diretamente em sua saúde e sobrevivência, o conceito de “risco” se refere à identificação do perigo, à avaliação de exposição e à ocorrência de efeitos adversos à saúde, demonstrando assim que existe uma relação estreita entre os termos “exposição” e “risco”. (Carvalho et al., 1984)

O Cd é um dos venenos profissionais e ambientais mais perigosos. O conteúdo de Ca da dieta alimentar tem relação muito estreita com a absorção do metal pela via gastrointestinal e por conseqüência o acúmulo no organismo. As interações entre o Ca e o metal podem ocorrer em fases diferentes do metabolismo (absorção, distribuição e eliminação) (Brzozka et al., 1998).

Oga (1996) relata que o Cádmio é um elemento cumulativo, com uma meia-vida biológica de 19 a 40 anos. Após absorvido é transportado pelo sangue para todas as partes do organismo, sendo principalmente depositado no fígado e rins, que apresentam a maior quantidade.

Karmakar et al. (1998), Floranczyk (1996), relatam o efeito tóxico da contaminação por Cd no fígado de cobaias, devido à disfunção que o metal causa a várias enzimas hepáticas (atividade da S-Glutationtransferase), pois o íon  $Cd^{2+}$  tem grande interação com os grupos tióis -SH das metalotioneínas, conduzindo a aberrações cromossômicas (efeitos carcinogênicos ou co-carcinogênicos), bem como a tumores hepáticos ou insuficiência hepática.

Vogiatzis & Loumbourdis (1998) também verificaram níveis significativos de acúmulo de Cd no fígado e rins de cobaias após tratá-las por cerca de 30 dias com  $CdCl_2$  dissolvidos em água.

Algumas investigações têm demonstrado que hábito de fumar pode aumentar consideravelmente a retenção e a assimilação pulmonar do cádmio. Um cigarro contém, em média, 1,4 mg de cádmio, sendo que desta quantidade, cerca de 0,1 mg pode ser inalado, representando para um fumante de 20 cigarros diários uma entrada de 2 a 3 mg /dia (Larini, 1987). Milnerowisz (1997) pesquisou os níveis de contaminação por Cd, Cu e Zn em líquidos amnióticos e no leite materno, em mães fumantes e não fumantes, que viviam em uma área de alta poluição ambiental. Em fumantes ativas houve um aumento de 3 vezes mais na concentração de Cd e Cu e a concentração mais baixa de Zn. O aumento do teor de metais pesados também foi determinado no líquido amniótico e no leite quando comparados às não fumantes.

O chumbo não representa um microelemento essencial para o desenvolvimento tanto de animais como



de vegetais, sendo considerado como tóxico. A inalação de partículas que contenham o metal é devido às atividades industriais que envolvam a utilização do mesmo, bem como e devido a combustíveis que contenham aditivos à base de Pb e que, quando queimados, são emitidos para o ambiente, contaminando o ar, a água, o solo e as plantas. Processos de industrialização como soldas de latas também representam uma via de contaminação alimentar. A via cutânea assume importância principalmente nas exposições ocupacionais, pois os compostos inorgânicos de chumbo (sais de Pb e solução de nitrato de Pb) são praticamente absorvidos pela pele intacta; bem como os compostos orgânicos de chumbo (Pb-tetraetila e o Pb-tetrametila) são absorvidos através da pele devido à sua alta lipossolubilidade (Nriagu, 1988; Oga, 1996).

O chumbo interfere em funções celulares, principalmente através da formação de complexos com ligantes do tipo S, P, N e O, de grupos -SH,  $-HPO_3$ ,  $-NH_2$  e -OH. O sistema nervoso, a medula óssea e os rins são considerados críticos para o chumbo, devido à desmielinização e à degeneração dos axônios, prejudicando as funções psicomotoras e neuromusculares, tendo como efeitos: irritabilidade, cefaléia, alucinações, perda de memória e da capacidade de concentração. O chumbo interfere em várias fases da biossíntese do heme, inibindo enzimas, podendo contribuir para o aparecimento de anemia sideroblástica que se desenvolve durante a intoxicação saturnica e para o acentuado aumento da síntese de protoporfirina (Silva & Moraes, 1987).

O chumbo interfere nos processos genéticos ou cromossômicos e induz alterações na estabilização de células de cromatina de camundongos, inibindo reparo de DNA e agindo como iniciador e/ou promotor na formação de câncer (Larini, 1987; Nriagu, 1988; Oga, 1996).

O níquel-tetracarbonilo  $[Ni(CO)_4]$  é um dos principais compostos de níquel de interesse toxicológico, formado pela passagem de monóxido de carbono sobre o níquel metálico finamente dividido. Muito utilizado na purificação de níquel e em refinarias de petróleo, ao ser inalado decompõem-se e se deposita no epitélio pulmonar. Por sua rápida absorção, o níquel metálico lesa os pulmões e o cérebro; esse elemento também pode ser absorvido pelo sistema gastrointestinal por causa de alimentos e água contaminados (Brito Filho, 1988).

Casarett & Doull's (1996) relatam que o níquel é um elemento carcinógeno às vias respiratórias e que tem sido demonstrado durante 40 anos que a exposição ocupacional ao Ni predispõe o homem ao câncer de pulmão, laringe e nasal. Em 1958, estudos epidemiológicos, feitos em trabalhadores de uma refinaria de Ni na Inglaterra, verificaram que eles apresentavam um risco 150 vezes maior de terem câncer nas vias respiratórias quando comparados com pessoas não expostas; 6 casos de câncer renal foram detectados em trabalhadores de refinação eletrolítica de Ni no Canadá e Noruega (Sunderman Junior, 1989).

Moore & Ramamoorthy (1984) citam que as concentrações tóxicas de Ni podem causar muitos efeitos, entre eles, o aumento da interação competitiva com cinco elementos essenciais (Ca, Co, Cu, Fe e Zn) o que pode provocar efeitos mutagênicos pela ligação do Ni aos ácidos nucleicos, indução de câncer nasal, pulmonar e na laringe, indução ao aparecimento de tumores malignos nos rins e, também, efeito teratogênico.

Kerckaert et al. (1997) determinaram o potencial carcinogênico por combinações de metais pesados (Ni, Co, V, Mo). Observaram que embriões de camundongos, contaminados com esses metais, apresentaram transformação morfológica significativa com perturbação direta no DNA.



O zinco é um elemento essencial, com uma média diária de 10 a 200 mg para os seres humanos. A maior parte do Zn que entra no organismo está relacionada à dieta, sendo a colaboração da água de abastecimento geralmente muito baixa. É absorvido no duodeno (20 a 30%), estando essa proporção em função da quantidade de proteína e cálcio na dieta e da idade do organismo. Tem uma função na síntese e metabolismo de proteínas e ácidos nucleicos e na divisão mitótica das células (Lester, 1987). Mais de 200 metaloenzimas requerem o Zn como cofator. Os efeitos da deficiência do elemento dependem da idade, estágio de desenvolvimento e deficiências relacionadas a outros metais. (Casarett & Doull's, 1996, Lepera, 1989).

A absorção excessiva do metal ao organismo porém, pode levar a um quadro de intoxicação, as contaminações podem ocorrer pela ingestão de alimentos através da utilização de bebidas contendo ácidos orgânicos e acondicionados em utensílios de Zn ou chapas galvanizadas, bem como pelo preparo de alimentos nessas chapas (processos hoje pouco utilizados), resultando em sintomas como vômitos, diarreias e cólicas. A inalação de vapores de Zn produzidos nos processos de solda, corte de metal e fabricação de ligas de Zn causam grande irritabilidade e lesões ao sistema respiratório (Brito Filho, 1988). O Zn acumula-se, principalmente, no fígado e nos rins. A principal via de excreção é a urina e 25% do total de Zn acumulado é eliminado num período de 5 dias (Egreja Filho, 1993). De acordo com Elinder et al., apud Casarett & Doull's (1996).

A utilização do cabelo como amostra para monitoração biológica de elementos inorgânicos ainda não está completamente estabelecida, entretanto, algumas qualidades como a bioconcentração de alguns elementos e a facilidade de obtenção e conservação das amostras são fatores significativos para sua escolha na biomonitoração das exposições ambientais aos metais (Ryan et al., 1978, Lepera, 1989). (Figura 1)

Alguns questionamentos são levantados quanto ao uso de cabelos como matriz biológica, pois o metal presente nos pêlos pode ser originário da absorção do organismo ou absorvido pela superfície do pêlo e incorporado à estrutura protéica, de forma que não existem ainda técnicas de laboratório capazes de distinguir entre, por exemplo o chumbo, de origem endógena e o de origem exógena (Pimenta et al., 1994).

Carvalho et al. (1984) citam que o chumbo e cádmio, como outros metais pesados, são incorporados às proteínas do pêlo a nível dos folículos, devido à abundante presença de grupamentos sulfidríla e por

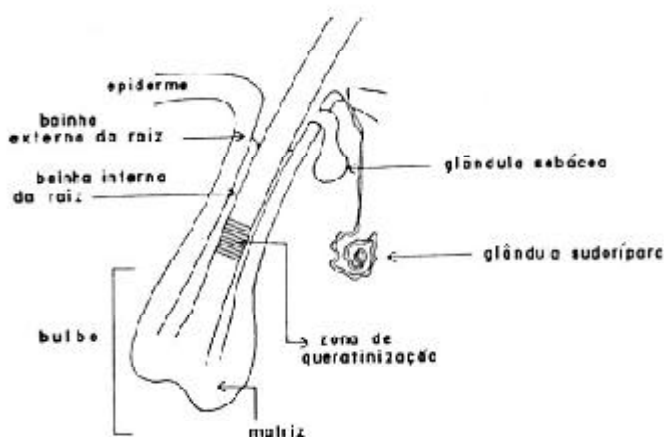


Figura 1 - Representação esquemática de corte longitudinal da raiz do cabelo.



causa da grande quantidade de cistina e cisteína, de tal forma que é impossível removê-los. A Figura 2 mostra a representação esquemática dos prováveis locais de penetração de metais no cabelo.

Este mesmo autor cita que a variação dos teores de chumbo no cabelo, em função do comprimento, é insignificante em indivíduos saudáveis, entretanto, nas exposições ocupacionais, quando os teores depositados são mais elevados, as diferenças observadas são significativas, mesmo em segmentos de um centímetro. Quando ocorre grandes variações nos teores de chumbo em segmentos contíguos do cabelo de crianças, é possível suspeitar de exposição excessiva no período correspondente ao segmento analisado. Todavia, se os teores são constantes, há indicação de que a exposição seja uniforme, demonstrando que esse tipo de análise é um meio simples de triagem, embora não seja adequada para se estabelecer diagnóstico (Lepera, 1989).

Cholopicka et al. (1995), ao realizarem um estudo para identificar a exposição para metais tóxicos e possíveis efeitos adversos em crianças de várias áreas rurais e industriais, com idades entre 7-12 anos, e determinando as concentrações de Pb e Cd através de Espectrometria de Absorção Atômica (EAA), encontraram conteúdos de Pb e Cd nos cabelos na ordem (ppm) de 4,85 a 5,91  $\mu\text{g.g}^{-1}$  e 0,430 a 0,569  $\mu\text{g.g}^{-1}$ , respectivamente. Observou-se que os cabelos de meninos que moravam nas áreas de maior contaminação industrial exibiram estatisticamente níveis significativamente mais altos de Pb e Cd, do que os cabelos de meninas da mesma área; quanto ao peso, altura ou idade não foram observadas nenhuma relação.

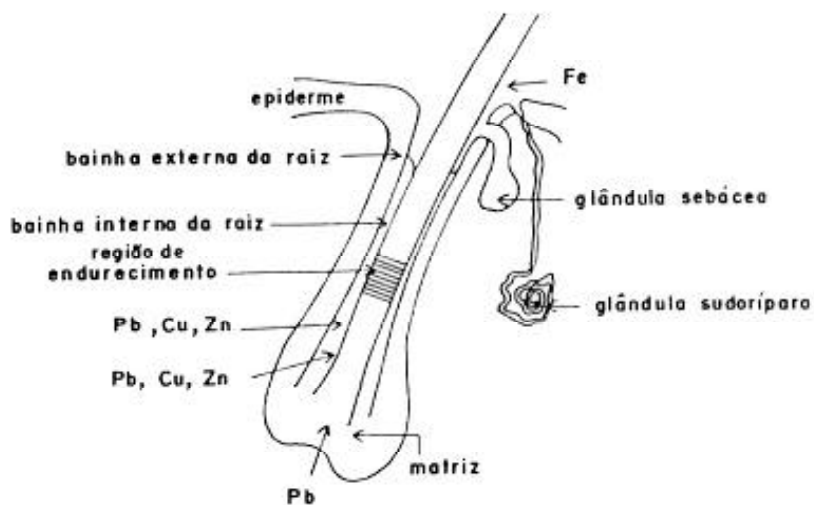


Figura 2 - Representação esquemática dos prováveis locais de penetração de metais no cabelo.

Zakrgynska et al. (1998) pesquisaram amostras de cabelo de 135 homens e 346 mulheres com idades variadas, para determinar 16 elementos traço, entre eles Cd, Pb, Ni e Zn; observaram níveis relativamente altos dos elementos Ag, Ca, Cu, Mg e Zn nos cabelos masculinos e níveis significativos de Fe e Pb em cabelos femininos. O acúmulo de metais pesados Hg, Pb e Fe, bem como de Zn estavam relacionados com a idade. Os autores reportam que análises de cabelos têm se constituído uma ferramenta útil para revelar a presença ou não de contaminantes.

A análise de cabelos é uma ferramenta promissora para a determinação e diagnose de exposição a metais pesados bem como para a determinação de doenças e estados nutricionais. As anomalias



provocadas por intoxicações sistêmicas por altos valores de metais tóxicos como Pb, Cd, Cr e Hg em cabelos foram estudadas no passado por Kopito et al., Friberg et al., Hindmarsh et al., Buchet et al., Hansen et al., Olguin et al., Malm et al., Katz and Katz, Bencko, Porto da Silveira et al., apud Miekeley (1998). Porém existem divergências em alguns resultados, nos quais as anomalias determinadas por análises de cabelo não tinham relação com outros indicadores biológicos como, por exemplo, sangue total, soro e urina. Isso fez com que vários autores questionassem o uso de cabelo como indicador de doenças e intoxicações (Hambidg, Rivlin, Barret apud Miekeley, 1998).

Um dos fatores responsáveis pela divergência de opiniões quanto à validade de análises de cabelos para a diagnose de doença e taxa de estado nutricional é a dificuldade para estabelecer uma referência normal para elementos traço ou elementos secundários em cabelo humano e devido à discrepância da composição natural do cabelo em consequência de alguns fatores como: sexo, idade, cor de cabelo, origem étnica e geográfica, hábitos alimentares, entre outros. Outro agravante é o fato das concentrações determinadas para esses elementos serem da ordem de ppm ou ppb, limitando às vezes sua determinação por ICP-AES - inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (método bastante utilizado até o final de 1995, pela maioria dos laboratórios clínicos comerciais, responsáveis pela vasta quantidade de resultados das composições de cabelo). Esses resultados formam um banco de dados para o cálculo de referências, os quais são distribuídos e extensamente usados por médicos, especialmente, do campo da medicina ortomolecular. Devido à sensibilidade moderada do ICP-AES, Miekeley et al. (1998) observaram uma maior superioridade na determinação de elementos traço quando utilizando ICP-MS - inductively coupled plasma mass spectrometry, inductively coupled plasma atomic emission spectrometry para análises de cabelo em 1.091 pessoas no Rio de Janeiro, quando comparado com outras técnicas.

Embora o cabelo não seja, quantitativamente, uma via importante de excreção de substâncias químicas, muitos elementos nele se concentram em níveis bem mais altos do que em qualquer outro fluido ou tecido acessível (Lepera, 1989; Carvalho et al., 1984). O cabelo é um indicador do acúmulo celular de elementos químicos, ao passo que o sangue fornece informações a respeito da situação vigente no momento da coleta e a urina apresenta as substâncias extra-celulares excretadas. O cabelo pode tanto adsorver como eliminar metais em condições experimentais, porém atribuir as variações das suas concentrações apenas ao uso de cosméticos seria ignorar o grande número de evidências científicas.

Nowak (1998) estudou a concentração de 11 elementos traço, dentre eles, cádmio, chumbo, níquel e zinco em amostras de cabelos de moradores de quatro cidades localizadas ao Sul da Polônia, divisa com a Slovakia, totalizando um número de 266 amostras, divididas por idade, sexo e cor de cabelo. As cidades amostradas situam-se numa região agricultada e todos os doadores são empregados na agricultura. O autor sugere que a provável fonte de entrada desses poluentes se deu por emissões de fábricas das cidades de Trynca e Cadcy (Slovakia), de gases provenientes da queima de combustíveis de automóveis destas cidades ( $\cong$  135,1 veículos por hora), bem como do tráfego de veículos das próprias cidades amostradas, em Szczyrk - 172,7 veículos por hora, em Wisla - 305,6 veículos por hora, em Istebna - 82 veículos por hora e em Górkki Wielkie - 33,3 veículos por hora.

Wilhelm et al. (1994) estudaram as concentrações de cádmio, cobre, chumbo e zinco em amostras de cabelos e unhas de crianças com idades entre 3 a 7 anos, residentes em áreas industrializadas e rurais na Alemanha durante dois períodos (1985 - 1986 e 1987 - 1988). No primeiro estudo, encontraram para as crianças da área industrializada altos teores de Cd, Cu e Pb, e baixos teores de Zn, quando comparados com os das crianças das áreas rurais. Dois anos mais tarde, realizaram novamente o



estudo, com as mesmas crianças, verificando que os teores dos metais não apresentaram diferenças significativas entre os dois grupos. Concluíram que crianças com idades menores que 5 anos são especialmente propensas a conter altas concentrações para Cd e Pb e baixas concentrações de Zn, quando comparadas com crianças mais velhas.

Ward & Savage (1994), estudando os microelementos (cádmio, níquel, zinco, chumbo, cobre e bromo), no sangue, lã e pêlos de animais (ovelhas, cavalos e gado) que pastavam em locais expostos a emissões de gases de automóveis em rodovias de Londres (com densidade de tráfego de 90.000 veículos por dia) em comparação com animais não expostos, observaram altos níveis de chumbo e cádmio no sangue das ovelhas; valores significativamente altos de bromo, cádmio, níquel, zinco e chumbo nas amostras de lã; e altos teores de metais pesados no sangue e no pêlo de cavalos.

Wolkers et al. (1994) citam que altas concentrações de metais pesados têm sido mostradas em órgãos de animais silvestres, a maioria em áreas não industrializadas. A concentração desses metais em órgãos de animais herbívoros pode ser indicativo de níveis de contaminação ambiental. A contaminação de ecossistemas com metais pesados como Cd e Pb é um sério problema, pois ambos ameaçam o habitat e a saúde de animais silvestres e do ser humano. Embora esses metais sejam componentes naturais na crosta da Terra e em sistemas biológicos, suas concentrações têm aumentado no ecossistema durante as últimas décadas devido às atividades industriais e outras atividades humanas, pois pequenas partículas de Cd e Pb contidas em compostos ou poeiras contaminadas são conduzidas para a atmosfera e podem ser transportadas por longas distâncias, resultando na contaminação do solo e vegetação de áreas industrializadas bem como das áreas não industrializadas.

Stansley et al. (1991) realizaram uma investigação em uma área de caça à veados, no estado de Nova Jersey (USA.), coletando 86 amostras de fígado desses animais e observaram teores de cádmio significativamente altos nas amostras. Os autores tomaram como base o limite tolerável (ppb) de 70 mg de Cd para um indivíduo de 70 Kg, valores estabelecidos pela W.H.O.(1984), e compararam com seus resultados: bastaria que um indivíduo consumisse apenas 20 mg a mais para estar exposto ao risco de contaminação e intoxicação.

A contaminação dos animais pode ocorrer por inalação dessas partículas ou pela ingestão de alimentos contaminados; isto foi comprovado pelo estudo realizado por Wolkers et al. (1994), que comparou teores de Pb e Cd presentes nos rins e fígado de veados e javalis de uma floresta com outros animais da mesma espécie (controles), verificando que esses animais tinham altos níveis desses metais nestes órgãos e alertando para o perigo do consumo dos mesmos para os seres humanos.

## **Material e Métodos**

As amostras de cabelos foram coletadas junto ao pessoal que trabalha no pedágio (Castelo Branco), com os policiais da base da Polícia Rodoviária de Marília, no período de agosto de 1998 e em cabeleireiros dessa cidade, no período de novembro de 1997.

As amostras de cabelos ( $C_1$ ,  $C_2$  e  $C_3$ ) consistiram em “mechas”, coletadas pelos próprios colaboradores (10 pessoas no pedágio de Botucatu, 10 soldados da base da Polícia Rodoviária de Marília e 10 pessoas nos cabeleireiros de Marília). As amostras de cabelos foram lavadas nesta seqüência: 3 vezes com água destilada, 3 vezes com  $HNO_3$  1% e 3 vezes com água tridestilada para garantir maior



limpeza das amostras e evitar possíveis contaminações. Os cabelos foram secos ao ar por 12 horas, as mechas de cabelos foram pesadas variando de 0,2 a 0,3 g e acondicionadas em béqueres; adicionou-se 10 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado a cada amostra.

A seguir, foram colocadas em mantas aquecedoras com temperatura branda de 45-50°C, por aproximadamente 30 minutos. Adicionou-se à solução reduzida 2 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 30 volumes. Na seqüência, o volume do líquido foi reduzido novamente por aquecimento para aumentar a concentração do extrato. Esse volume reduzido foi colocado em balão volumétrico de 10 mL e completado até o volume. Os extratos obtidos pelo tratamento químico das amostras de cabelos foram armazenados em frascos de vidro e levados para a leitura em E.A.A. Pimenta et al. (1994).

## Resultados

Os resultados da determinação dos teores de metais pesados Cd, Pb, Ni e Zn nos cabelos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Teores de metais nas amostras de cabelos (C<sub>1</sub> = funcionários do Pedágio de Botucatu, C<sub>2</sub> = policiais rodoviários da Base de Marília e C<sub>3</sub> = doadores dos cabeleireiros de Marília).

Amostra de Cabelo	N.º	Teores dos metais nas amostras de Cabelos (mg.Kg <sup>-1</sup> )			
		CÁDMIO	CHUMBO	NÍQUEL	ZINCO
C <sub>1</sub>	1	-	-	-	185
	2	1,90	218	-	257
	3	-	-	-	215
	4	-	150	-	160
	5	-	154	-	134
	6	-	166	-	149
	7	7,2	235	-	252
	8	-	221	-	254
	9	-	168	-	168
	10	-	154	-	175
C <sub>2</sub>	1	-	356	-	181
	2	-	349	-	181
	3	8,40	153	-	160
	4	-	228	-	244
	5	-	143	-	149
	6	-	190	-	125
	7	-	136	-	190
	8	-	148	-	222
	9	8,30	214	-	173
	10	-	157	-	174
C <sub>3</sub>	1	-	202	-	181
	2	-	126	-	240
	3	7,90	205	-	251
	4	7,20	280	-	288
	5	-	234	-	191
	6	-	143	-	267
	7	-	121	-	227
	8	7,00	198	-	256
	9	-	141	-	230
	10	11,6	276	-	234

(-) Fora do limite de detecção.





O homem tem sido alvo de exposição a contaminantes que colocam em risco a sua qualidade de vida, interferindo diretamente em sua saúde e sobrevivência. Os resultados encontrados para Cd no cabelo, alertam-nos para a presença do metal no organismo humano, uma vez que é um elemento cumulativo com meia vida de 19 a 40 anos e que, após absorvido, é transportado para todas as partes do corpo principalmente, para o fígado e os rins. Embora, no presente estudo, não tenha sido feita a distinção de doadores fumantes e não fumantes, esse é um critério que poderia ser levado em consideração, pois recentes pesquisas revelam que fumantes adicionam maiores teores de Cd que os não fumantes. Para o caso do posto de Pedágio de Botucatu, os valores, tanto para o Cd e como para o Pb, supostamente deveriam ser maiores, mas, tendo em vista os resultados, parece ficar comprovado que a velocidade do vento e as condições topográficas do local agiram como fator de interferência (agentes dispersantes).

O fato de não encontrarmos a presença de níquel nas amostras de cabelo estudadas não quer dizer que ele não estivesse presente. Pode ser que a concentração estivesse fora do limite de detecção do aparelho.

### Conclusões

Analisando os resultados obtidos, pode-se concluir que para os metais Cd, Pb, Ni, e Zn; foram encontrados teores dos metais Cd, Pb e Zn nas amostras de cabelos coletadas dos funcionários no Pedágio de Botucatu, dos policiais da Base da Polícia Rodoviária de Marília e dos doadores dos salões de beleza de Marília. A não detecção do Ni nas amostras de cabelos pode ser explicada em função de que os teores desse metal pudessem estar fora do limite de detecção pela técnica do E.A.A., ou mesmo que este metal não estivesse presente nessas amostras. O teores dos metais encontrados nos cabelos nos alertam para o problema: poluição ambiental e o risco da exposição para o ser humano. Considerando que muitos países já estabeleceram um “background” para metais pesados, o presente estudo procura chamar a atenção para a tolerância zero para os teores destes metais até que se estabeleça um padrão médio dos mesmos para o Brasil.

### Referências

BRITO FILHO, D. **Toxicologia humana e geral**. 2.ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1988. 678p.

BRZOZKA, M.M., MONIUSZKO, J.J. The influence of calcium content in diet on cumulation and toxicity of cadmium in the organism. **Arch. Toxicol.**, v.72, n.2, p.63-73, 1998.

CARVALHO, F. et al. Absorção e intoxicação por chumbo e cádmio em pescadores da região do rio Subaé. **Ciênc. Cult.**, v.35, p.360-6, 1984.

CASSARET, A., DOULL'S, D. **Toxicology: the basic science of poisons**. 5.ed. USA: McMillan Publishing, 1996. 1111p.

CHÓLOPICKA, J. ZAGRODZKI, P., ZACHWIEJA, Z., KROSNIAK, M., FOLTA, M. Use of



pattern recognition methods in the interpretation of heavy metal (lead and cadmium) in children's scalp hair. **Analyst**, v.120, p.943-5, 1995.

EGREJA FILHO, F.B. **Avaliação da ocorrência e distribuição dos metais pesados na compostagem de lixo domiciliar urbano**. Viçosa, 1993. 176p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Agroquímica) - Universidade Federal de Viçosa.

FLORIANCZYK, B. Function of metallothionein in the body. **Postepy Hig. Med. Dosw.**, v.50, p.375-82, 1996.

KARMAKAR, R., BANIK, S., BANDYOPADHYAY, S., CHATTERJEE, M. Cadmium - induced alterations of hepatic lipid peroxidation, glutathione s-transferase activity and reduced glutathione level and their possible correlation with chromosomal aberration in mice: a time course study. **Mutat. Res.**, v.397, p.183-90, 1998.

KERCKAERT, G.A., LeBOEUF, R.A., ISFORT, R.J. Use of the Syrian hamster embryo cell transformation assay for determining the carcinogenic potential of heavy metal compounds. **Fundam. App. Toxicol.**, v.34, p.67-2, 1997.

LARINI, L. **Toxicologia**. São Paulo: Manole, 1987. 315p.

LEPERA, J.S. **Determinação de Chumbo, Cobre, Zinco e Ferro no cabelo por espectrofotometria de absorção atômica**. Araraquara, 1989. 105p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas/Análises Toxicológicas) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista.

LESTER, J.N. **Heavy metals in wastewater and sludge treatment processes**. Flórida: CRC Press, 1987. 195p.

MIEKELEY, N., DIAS CARNEIRO, M.T.W., PORTO DA SILVEIRA, C.L. How reliable are human hair reference intervals for trace elements? **Sci. Total Environ.**, v.218, p.9-7, 1998.

MILNEROWISZ, H. Concentration of metals, ceruloplasmin, metallothionein and activity of N-actyl-beta-D-glucosaminidase and gamma-glutamyltransferase in pregnant women who smoke and in those environmentally exposed to tobacco and in their infants. II- Influence of environmental exposure in the Copper Basin. **Int. J. Occup. Med. Environ. Health**, v.10, p.273-82, 1997.

MOORE, J.W., RAMAMOORTHY, S. **Heavy metals in natural waters**. New York: Springer-Verlag, 1984. 328p.

NOWAK, B. Contents and relationship of elements in human hair for a non-industrialised population in Poland. **Sci. Total Environ.**, v.209, p.59-68, 1998.

NRIAGU, J.O. A silent epidemic of environmental metal poisoning? **Environ. Pollution**, v.50, p.139-61, 1988.



OGA, S. **Fundamentos de toxicologia**. São Paulo: Atheneu , 1996. 515p.

PIMENTA, A.S., VITAL, B.R., NUNES, G.S., JORDÃO, C.P. Contaminação de pintores profissionais por metais pesados provenientes de tintas e vernizes. **Quím. Nova**, v.17, p.277-80, 1994.

RYAN, D.E., HOLZBECHER, J., STUART, D.C. Trace elements in scalp-hair of persons with multiple sclerosis and of normal individuals. **Clin. Chem**, v.24, p.1996-2000, 1978.

SILVA, N.R., MORAES, E.C.F. Papel dos indicadores biológicos na avaliação da exposição ocupacional ao Chumbo. **Rev. Bras. Saúde Ocupac.**, v.15, n.58, p.7-5, 1987.

STANSLEY, W., ROSCOE, D.E., HAZEN, R.E. Cadmium contamination of deer livers in New Jersey; human health risk assessment. **Sci. Total Environ**, v.107, p.71-2, 1991.

SUNDERMAN JUNIOR, F.W. Mechanisms of nickel carcinogenesis. **Scand. J. Work Environ. & Health**, v.15, p.1-12, 1989.

VOGIATZIS, A.K., LOUMBOURDIS, N.S. Cadmium accumulation in liver and Kidneys and hepatic metallothionein and glutathione levels in *Rana ridibunda*, after exposure to CdCl<sub>2</sub>. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.**, v.34, p.64-8, 1998.

WARD, N.I., SAVAGE, J.M. Elemental status of grazing animals located adjacent to the London Orbital (M25) motorway. **Sci. Total Environ.**, v.146, p.185-9, 1994.

WILHELM, M., LOMBECK, I., OHNESORGE, F.K. Cadmium, Copper, Lead and Zinc concentrations in hair and to enails of young children and family members: a follow-up study. **Sci. Total Environ.**, v.141, p.275-80, 1994.

WORLD HELTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality: helth criteria and other supporting information**. Genebra: World Helth Organization, 1984. v.2, p.123.

WOLKERS, H., WENSING, T., GEERT, W.T.A., BRUINDERINK, G. Heavy metal contamination in organs of red deer (*Cervus elaphus*) and wild boar (*Sus scrofa*) and the effect on some trace elements. **Sci. Total Environ.**, v.144, p.191-9, 1994.

ZAKRGYNSKA, F.V., DORE, J.C., OJASOO, T., POIRIER, D.F., VIEL, C. Study of age and sex dependence of trace elements in hair by correspondence analyses. **Biol. Trace Elem. Res.**, v.61, p.151-68, 1998.