

# AValiação DO CÁDMIO (Cd), CHUMBO (Pb), NÍQUEL (Ni) E ZINCO (Zn) EM SOLOS, PLANTAS E CABELOS HUMANOS<sup>1</sup>

ROGÉRIA P. SAEZ DUARTE<sup>2</sup> & ANTENOR PASQUAL<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Parte da dissertação de mestrado do 1º autor intitulada: Avaliação do Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) em solos, plantas e cabelos humanos.

<sup>2</sup> Aluna do Curso de PG Energia na Agricultura - FCA/UNESP - Botucatu/SP - Brasil.

<sup>3</sup> Orientador e docente do Departamento de Ciências Ambientais - FCA/UNESP - Botucatu/SP - Brasil.

**RESUMO** Objetivando detectar a presença de metais pesados - Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Níquel (Ni) e Zinco (Zn) em estruturas biológicas como solo, plantas e cabelos humanos, provenientes da poluição emitida pela queima de combustíveis de veículos automotores, ao longo de quatro rodovias do estado de São Paulo: Rodovia Castelo Branco (Pedágio de Botucatu), Rodovia Carlos Tononi (Marília-Assis), Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros (Base da Polícia Rodoviária de Marília) e Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros (Base da Polícia Rodoviária de Gália), para o presente estudo foram coletadas, no total, 130 amostras, a saber: 5 amostras de solos em profundidade (0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm, no perfil) e 5 em distância (10, 20, 30, 40 e 50 m) de cada rodovia; 5 amostras de plantas nos pontos de amostragem de solo à distância das rodovias (10, 20, 30, 40 e 50 m) e, em cada ponto de amostragem, 10 amostras aleatórias de plantas; amostras de cabelos, que 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 de solos, utilizou-se a extração por DTPA (ácido dietilenotriaminopentaacético + CaCl<sub>2</sub> + trietanolamina), as amostras de plantas foram submetidas à digestão ácida com solução nítrico-perclórica (HNO<sub>3</sub> + HClO<sub>4</sub>); para as amostras de cabelos, utilizou-se a digestão com ácido nítrico concentrado. Os extratos obtidos dos tratamentos químicos empregados nas amostras foram levados para a leitura em Espectrofotômetro de Absorção Atômica. A monitoração biológica da exposição não exclui a ambiental, pois os dois processos são válidos e fornecem dados independentes que podem, no todo, avaliar a exposição de agentes tóxicos e seus efeitos potenciais à saúde e ao meio ambiente. Os resultados obtidos na presente pesquisa nos permitiram comprovar a existência dos metais nas amostras analisadas, e os teores encontrados no solo, nas plantas e nos cabelos nos alertam para o problema: poluição ambiental por metais e o risco da exposição para o ser humano, quando adotamos tolerância zero uma vez que ainda não se estabeleceu um padrão de referência para esses metais no Brasil.

**Palavras-chave:** Metais pesados, contaminação ambiental, poluição.

## ASSESSMENT TO CADMIUM (Cd), LEAD (Pb), NICKEL (Ni) AND ZINC (Zn) IN SOILS, PLANTS AND HUMAN HAIR

**SUMMARY** *With the aim of detecting the presence of heavy metals originating from automobile fuel burning - Cadmium (Cd), Lead (Pb), Nickel (Ni) and Zinc (Zn) - in biological structures such as the soil, plants and human hair, 130 samples were collected from the surroundings of 4 São Paulo State highways: Castelo Branco Highway (at the Botucatu toll station); Carlos Tononi Highway (from Marília to Assis); Com. João Ribeiro de Barros Highway (at the Marília Highway Police Station); and Com. João Ribeiro de Barros Highway (at the Gália Highway Police Station). From each one, 5 samples of soil at varying depths (0-10, 10-20, 20-30, 30-40 and 40-50 cm, in profile) and 5 samples of soil at varying distances from the highway (10, 20, 30, 40 and 50m) were collected.*

*Also collected were 5 samples of plants at each spot where the soil samples had been obtained, at varying distances from the highways (10, 20, 30, 40 and 50m), and at each such spot 10 randomly chosen samples of plants were collected. The human hair samples consisted in locks donated by 10 staff members at the Botucatu toll station, 10 police officers at the Marília Highway Police Station and 10 clients of Marília hairdressers. To obtain extracts from the soil samples, extraction by DTPA (diethylenetriaminopentaacetic acid +  $\text{CaCl}_2$  + trietanolamin) was used; the plant samples underwent acid digestion by nitric-perchloric solution ( $\text{HNO}_3$  +  $\text{HClO}_4$ ); for the hair samples, digestion by concentrated nitric acid was used. The extracts obtained from the chemical treatments applied to the samples were taken to an Atomic Absorption Spectrofotometer, for measurements. Biological monitorization of exposure does not exclude environment monitorization, for both processes are valid and produce independent data which, together, allow an assessment of the exposure to toxic agents and its potential effects on human health and on the environment. The results obtained in the present study allowed us to prove the existence of the metals in the analyzed samples, and the levels found in the soil, plants and hair alert us about the problem of environment pollution and risks of exposure for human beings, specially when "zero tolerance" is adopted, since a standard of reference to these metals has not yet been established in Brazil.*

**Keywords:** Heavy metals, environmental contamination, vehicle pollution, risk concept.

## 1 INTRODUÇÃO

A busca crescente de tecnologias para fazer face às necessidades humanas, culminando nos novos processos industriais e seus produtos, produz resíduos em larga escala, que foram e são ainda dispostos deliberadamente num dos três reservatórios geoquímicos da natureza: Atmosfera, Litosfera e Hidrosfera. Cada um desses sistemas com sua natural interdependência fornece energia para um sistema integrador: a Biosfera. Dada a dependência da espécie humana, desses reservatórios, justifica-se a preocupação com as conseqüências das atividades antropotécnicas que os poluem.

O homem tem pela frente problemas que dizem respeito diretamente à qualidade de vida e, possivelmente, à sua sobrevivência como espécie, nesse Planeta. Para se avaliar bem os efeitos adversos dos agentes químicos introduzidos no ambiente, é imperativo obter conhecimento básico dos seus efeitos sobre os seres vivos, também é necessário conhecer o número de pessoas expostas e o grau de exposição.

O termo "risco" refere-se geralmente a três diferentes contextos: identificação do perigo, avaliação de exposição e ocorrência de efeitos adversos à saúde, infelizmente, existem contextos na legislação nos quais é difícil identificar o verdadeiro significado do termo, causando interpretações equivocadas e aplicações errôneas da lei na identificação do perigo, e seus efeitos à saúde.

Os teores dos metais analisados neste trabalho poderão contribuir para a formação de uma base de dados, fundamentalmente, para a avaliação da utilidade de solos, plantas e cabelos (e eventualmente de outras estruturas vivas) como matrizes biológicas.

### 1.1 Conceito de metal pesado

A expressão "metais pesados", mesmo sendo comumente usada, não é muito bem definida, podendo-se utilizar como sinônimos, "metais traço", "elementos traço", "micronutrientes", "microelementos", entre outros. Designa-se metal pesado o grupo de elementos que, ocorrem em sistemas naturais em pequenas concentrações e apresentam densidade igual ou acima de  $5 \text{ g cm}^{-3}$  (Adriano, 1986; Povinelli, 1987, Egreja Filho, 1993).

As fontes mais comuns de metais pesados no ambiente são fertilizantes, pesticidas, combustão de carvão e óleo, emissões veiculares, mineração, fundição, refinamento e incineração de resíduos urbanos e

industriais, cerca de 95% de Hg; 90% de Cd; 33% de Pb e 27% de Zn são perdidos na forma de gases e particulados quando queimados (Tavares & Carvalho, 1992; Egreja Filho, 1993).

## 1.2 Metais traço: Cádmio (Cd), Chumbo (Pb), Níquel (Ni) e Zinco (Zn)

### 1.2.1 Cádmio - Cd

Na natureza, é um elemento traço cuja concentração na crosta terrestre varia de 0,15 a 0,20 ppm, seu principal mineral fonte é a greenockita CdS, a maior parte do Cd utilizado na indústria foi produzido nos últimos 20 anos (Alloway, 1990), daí sua atualidade; é um elemento que encontra vários usos como: em fungicidas, baterias, tratamento da borracha, produção de pigmentos, em indústrias de galvanoplastia dando brilho e resistência à corrosão a objetos (Moore & Ramamoorthy, 1984).

### 1.2.2 Chumbo - Pb

O chumbo, é um elemento tóxico, e ocorre como contaminante ambiental devido seu largo emprego industrial, como: indústria extrativa, petrolífera, de acumuladores, tintas e corantes, de cerâmica e bélica, encontra-se intensamente no meio em que o homem vive, a população urbana defronta-se com este problema devido à constante emissão por veículos automotores, pelas indústrias, ou ainda pela ingestão de alimentos sólidos e líquidos contaminados (Larini, 1987; Nriagu, 1988).

### 1.2.3 Níquel - Ni

É o 24<sup>o</sup> metal em abundância na crosta terrestre, as mais importantes fontes de níquel são os minérios na forma de sulfeto de níquel, o processamento de minerais, assim como a produção e o uso do níquel tem causado contaminação ambiental por este metal (McGrath & Smith, 1990). O principal uso do níquel é na produção de ligas, na indústria de galvanoplastia, fabricação de baterias (baterias de Ni-Cd), produtos de petróleo, pigmentos e como catalizadores (Moore & Ramamoorthy, 1984).

### 1.2.4 Zinco - Zn

É considerado o 25<sup>o</sup> elemento mais abundante na crosta terrestre, ocorre em vários minerais e em diferentes formas (sulfetos ou carbonatos de Zn), seu maior uso é na galvanização de produtos de ferro (Fe), proporcionando uma cobertura resistente à corrosão. É utilizado em baterias, fertilizantes, aros e rodas de veículos, tintas, plásticos, borrachas, em alguns cosméticos como pós e bases faciais e produtos farmacêuticos como por exemplo, em complexos vitamínicos (Moore & Ramamoorthy, 1984; Lester, 1987).

## 1.3 Metais traço no ambiente

O solo possui uma grande capacidade de retenção de metais pesados, porém, se essa capacidade for ultrapassada, os metais em disponibilidade no meio penetram na cadeia alimentar dos organismos vivos ou são lixiviados, colocando em risco a qualidade do sistema de água subterrânea. A retenção desses metais no solo pode se dar de diferentes formas, já que os argilominerais possuem sítios negativos onde os metais são adsorvidos por forças eletrostáticas (Matos et al., 1996 e Carvalho, 1997).

A contaminação dos solos por Cd se dá principalmente por mineração, poluição atmosférica de indústrias metalúrgicas, queima de combustíveis fósseis entre outros (Matthews, 1984). Kabata-Pendias & Pendias (1992) reportam que o destino do Pb no solo, proveniente de atividades antropogênicas, tem sido causa de muitas pesquisas e investigações, devido à entrada desse metal na cadeia alimentar do

homem. A contaminação de solos com Pb é um processo cumulativo praticamente irreversível aumentando, assim, os teores desse metal na superfície do solo, indicando uma disponibilidade de absorção do mesmo pelas raízes das plantas. O uso de elementos aditivos antidetonante em gasolina como Pb, são grandes fontes de contaminação de solos e plantas, pois partículas desse metal são aerotransportadas a longas distâncias em torno de rodovias (Adriano, 1986).

Entre as fontes que contribuem para a elevação de níquel nos solos, estão os materiais agrícolas como os fertilizantes fosfatados que possuem uma pequena porção de níquel, a deposição atmosférica resultante da queima de combustíveis e óleos, combustão de carvão, fundição, mineração e aplicação de lodos de esgoto no solo (Nickel, 1989; McGrath & Smith, 1990; Malavolta, 1994). Para Kiekens (1990), as principais fontes poluidoras de zinco nos solos são as atividades de mineração, uso agrícola de lodos de esgoto e materiais compostados bem como o uso de agroquímicos, tais como fertilizantes e pesticidas que contêm zinco.

Em geral, as plantas absorvem prontamente esses elementos dissolvidos nas soluções do solo, seja na forma iônica ou quelado seja na forma de complexos, normalmente ocorre em pequenas concentrações na solução do solo (Kabata-Pendias & Pendias, 1992). Algumas plantas revelam grande afinidade para absorver Cd (espinafre e nabo), a translocação do Pb, pelas raízes, para a parte aérea da planta, representa apenas 3%, sendo que a fonte principal de contaminação é pela deposição nas folhas de compostos de Pb emitidos na forma de gases, que são absorvidos dessa forma (Biego et al., 1998).

Garcia & Millan (1994), coletando amostras de solos, localizadas a margem da rodovia de Guipúzcoa (Es), longe da área industrial, determinaram a presença dos metais Cd, Ni, Pb e Zn entre outros, através da extração por água régia, (DTPA) e análises por EAA, a origem dos metais é bem conhecida: Pb e Ni proveniente da combustão da gasolina que contém estes elementos como aditivos; Zn e Cd usados em lubrificantes, pneus e partes galvanizadas dos veículos.

Münch (1993), comparando solos de floresta natural com solos coletados a margem de rodovias no oeste da Alemanha com densidade de tráfego de 3.200 carros/dia, observou durante um período de 30 anos (1961 a 1991), que as concentrações de Cd, Pb, Ni e Zn diminuam com o aumento da distância da estrada, e a concentração de Cd e Pb no solo próximo à rodovia era cinco vezes maior que o solo natural.

#### 1.4 Metais traços no ser humano

White (1995), Mutti (1996) relatam que o homem tem sido alvo de exposição a contaminantes que colocam em risco sua qualidade de vida interferindo em sua saúde e sobrevivência; 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 consequência o acúmulo no organismo (Brzozka & Moniuszko, 1998). O mais conhecido caso de envenenamento por via alimentar de seres humanos por Cd se deu em Toyama no Japão por volta de 1947, moradores dessa região do Japão, utilizando as águas do rio Jintsu que recebia os despejos e resíduos de uma fundição de Zn-Pb, morriam apresentando os mesmos sintomas, fortes dores nas pernas e costas e com a evolução do quadro clínico múltiplas fraturas no esqueleto, caracterizando assim a osteomalácia - mineralização inadequada da matriz óssea, e a osteoporose - definida como sendo uma excessiva, porém proporcional, redução do mineral (Ca) e matriz óssea (Larini, 1987; Oga, 1996; Casarett & Doull's, 1996).

O Pb, interfere em funções celulares, principalmente através da formação de complexos com ligantes do tipo S, P, N e O, o sistema nervoso, a medula óssea e os rins são considerados críticos para o Pb, devido à desmielinização e à degeneração dos axônios, prejudicando funções psicomotoras e neuromusculares, tendo como efeitos: irritabilidade, cefaléia, alucinações, interfere em várias fases da biossíntese do heme, contribuindo para o aparecimento de anemia sideroblástica (Silva & Moraes, 1987), altera os processos genéticos ou cromossômicos, inibindo reparo de DNA e agindo como iniciador e promotor na formação de câncer (Larini, 1987; Nriagu, 1988; Oga, 1996).

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 que pessoas não expostas (Sunderman, 1989).

O zinco é um elemento essencial, com uma média diária de 10-200 mg para os seres humanos, à maior parte do Zn que entra no organismo está relacionada à dieta, mais de 200 metaloenzimas requerem o Zn como cofator. A absorção excessiva do metal ao organismo porém, pode levar a um quadro de intoxicação, resultando em sintomas como vômitos, diarreias e cólicas. A inalação de vapores de Zn produzidos nos processos de solda e fabricação de ligas de Zn causam grande irritabilidade e lesões ao sistema respiratório (Brito Filho, 1988).

A utilização do cabelo como amostra biológica na determinação 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 e Lepera, 1989).

Cholopicka et al. (1995), Zakrgynska et al. (1998) e Nowak (1998), utilizaram amostras de cabelos humanos como matrizes biológicas para identificação de exposição a metais tóxicos em adultos crianças de várias áreas rurais e industriais, com idades variadas, observando 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, e a provável fonte de entrada desses poluentes se deu por emissões de fábricas das cidades, de gases provenientes da queima de combustíveis de automóveis das áreas industrializadas.

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; Miekeley et al., 1998), 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.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solos e plantas foram coletadas em quatro rodovias do estado de São Paulo, na seguinte ordem:

Amostra n.º 1: Rodovia Castelo Branco, SP 280, Km 208 (pedágio de Botucatu) com tráfego de 10.000 veículos por dia;

Amostra n.º 2: Rodovia Carlos Tononi, Marília - Assis SP 332, Km 338, com tráfego de 6.000 veículos por dia;

Amostra n.º 3: Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros, Marília - Bauru SP 294, Km 443 (Polícia Rodoviária de Marília), com tráfego de 8.000 veículos por dia;

Amostra n.º 4: Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros, Marília - Bauru SP 294, Km 389 (Polícia Rodoviária de Gália), com tráfego de 5.000 veículos por dia.

Em cada local de amostragem, foram feitas amostras de solo ( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  e  $S_4$ ) a profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm a 10 m da rodovia; e em distância horizontal da rodovia (10, 20, 30, 40 e 50 m), a uma profundidade de 0-20 cm. As amostras de plantas ( $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  e  $P_4$ ) foram coletadas nos pontos de amostragem de solo à distância da rodovia, ou seja a 10, 20, 30, 40 e 50 metros e, ao longo da rodovia, em cada ponto de amostragem, foram coletadas 10 amostras aleatórias de plantas. A Figura 1 mostra o croqui da amostragem de solos e plantas. 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

empregadas no presente trabalho foram constituídas por: 20 amostras de solos no perfil, 20 amostras de solos na horizontal, 60 amostras de plantas, 30 de cabelos, totalizando 130 amostras.

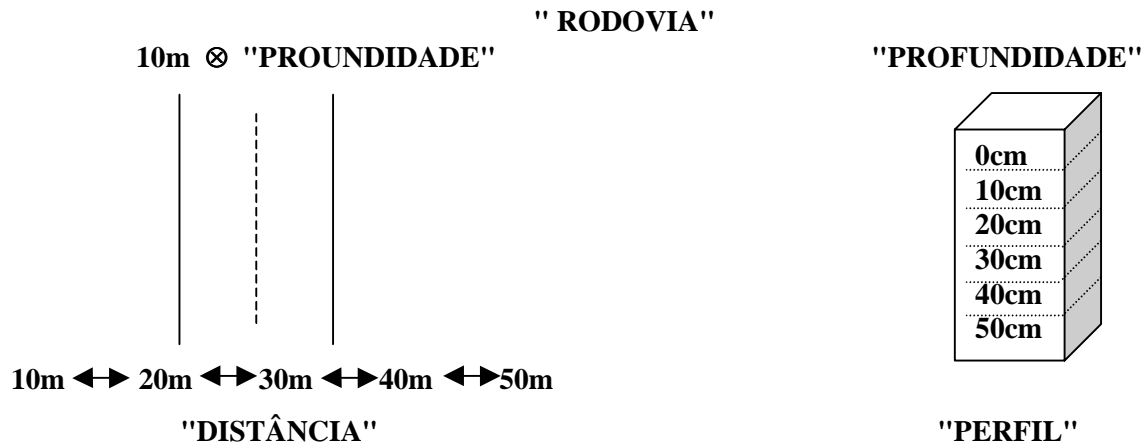


Figura 1 - Croqui da amostragem de solos e plantas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da determinação dos teores de metais pesados Cd, Pb, Ni e Zn no solo (em profundidade e em distância), em plantas e cabelos encontram-se nas Tabelas 1, 2, 3, 4 e 5. É importante salientar que as diferenças na densidade de tráfego de veículos pode influenciar no grau de contaminação e dispersão de metais pesados ao longo das rodovias, essa correlação não pode ser observada nos dados encontrados nos pontos de amostragem, fato este devido a agentes externos como, por exemplo, no pedágio de Botucatu, onde a densidade de tráfego de veículos é maior, os resultados apresentados se devem possivelmente à predominância de fortes ventos e a situação topográfica (topo da cuesta) que podem ter arrastado os contaminantes a distâncias maiores que as amostradas. Quanto à utilização de gramíneas, os resultados obtidos não nos permitiram concluir que as mesmas fossem ou não bons bioindicadores para determinação dos metais.

Os resultados encontrados para Cd no solo e nos cabelos, 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 (Oga, 1996).

### 4 CONCLUSÕES

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, a monitoração biológica da exposição não exclui a ambiental, pois os dois processos fornecem dados independentes que podem avaliar a exposição e seus efeitos potenciais à saúde e ao meio ambiente. O teores dos metais encontrados no solo, nas plantas e nos cabelos representam um alerta 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.

Tabela 1 - Teores de metais (mg.Kg<sup>-1</sup>) nas amostras de solos em profundidade.

Amostra	Profundidade cm	Concentração em mg.Kg <sup>-1</sup>			
		CÁDMIO	CHUMBO	NÍQUEL	ZINCO
S <sub>1</sub> (solo) (Botucatu)	0 - 10	0,084	8,90	1,22	5,00
	10 - 20	0,060	4,90	1,10	3,00
	20 - 30	0,060	4,30	1,00	1,10
	30 - 40	0,048	2,20	1,00	1,10
	40 - 50	0,042	2,10	1,2	1,00
S <sub>2</sub> (solo) (Assis)	0 - 10	0,066	2,30	1,20	1,00
	10 - 20	0,060	2,50	1,60	0,60
	20 - 30	0,060	2,80	1,40	0,70
	30 - 40	0,070	2,80	1,40	0,50
	40 - 50	0,066	2,60	1,60	0,50
S <sub>3</sub> (solo) (Marília)	0 - 10	0,140	7,50	2,10	4,20
	10 - 20	0,148	7,2	2,20	2,80
	20 - 30	0,130	4,9	2,30	3,50
	30 - 40	0,140	3,9	2,20	2,40
	40 - 50	0,140	2,8	2,50	2,10
S <sub>4</sub> (solo) (Gália)	0 - 10	0,148	2,40	2,00	3,40
	10 - 20	0,144	2,90	2,20	1,60
	20 - 30	0,140	2,60	2,20	1,10
	30 - 40	0,140	2,70	2,20	0,80
	40 - 50	0,166	2,70	2,30	0,70



Tabela 2 - Teores de metais ( $\text{mg.Kg}^{-1}$ ) nas amostras de solos em profundidade (0-20 cm) e em distância .

Amostra 0 - 20 cm de profundidade	Distância m	Concentração $\text{mg.Kg}^{-1}$ .			
		CÁDMIO	CHUMBO	NÍQUEL	ZINCO
S <sub>1</sub> (solo) (Botucatu)	10	0,084	6,40	1,60	2,40
	20	0,048	4,90	1,30	1,00
	30	0,060	2,30	1,00	3,40
	40	0,060	1,80	1,10	2,40
	50	0,052	1,40	1,20	2,00
S <sub>2</sub> (solo) (Assis)	10	0,084	2,60	1,60	0,60
	20	0,080	3,00	1,60	0,80
	30	0,088	2,80	1,80	0,80
	40	0,091	3,10	1,70	0,70
	50	0,102	3,40	1,90	0,60
S <sub>3</sub> (solo) (Marília)	10	0,148	8,20	2,60	3,10
	20	0,124	3,10	2,90	2,60
	30	0,120	2,90	2,50	2,00
	40	0,124	3,10	2,50	1,80
	50	0,140	2,50	2,10	3,20
S <sub>4</sub> (solo) (Gália)	10	0,156	2,70	2,40	1,50
	20	0,152	2,44	2,60	1,50
	30	0,162	1,90	2,50	1,20
	40	0,166	1,80	2,60	1,20
	50	0,176	1,30	2,50	1,10

Tabela 3 - Teores de metais (mg.Kg<sup>-1</sup>) nas amostras de plantas em distância.

Amostra	Distância m	Metal e Unidade de Concentração			
		CÁDMIO mg/Kg	CHUMBO mg/Kg	NÍQUEL mg/Kg	ZINCO mg/Kg
P <sub>1</sub> (Planta) (Botucatu)	10	-	-	64	68
	20	-	-	254	56
	30	-	-	-	75
	40	-	-	-	63
	50	-	-	25	95
P <sub>2</sub> (Planta) (Assis)	10	-	-	-	32
	20	-	-	-	32
	30	-	100	-	31
	40	-	162	-	28
	50	-	193	-	50
P <sub>3</sub> (Planta) (Marília)	10	-	185	33	59
	20	-	70	-	53
	30	-	-	-	47
	40	-	-	13	38
	50	-	-	-	39
P <sub>4</sub> (Planta) (Gália)	10	-	-	18	61
	20	-	-	13	54
	30	-	-	18	42
	40	-	-	50	49
	50	-	-	184	38

(-) Fora do limite de detecção.

Tabela 4 - Teores de metais (mg.Kg<sup>-1</sup>) nas amostras de plantas coletadas aleatoriamente.

Amostra	Metal mg/Kg	Amostra de Planta de 0 - 10 m									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P <sub>1</sub> (Botucatu)	Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ni	33	40	13	13	-	13	35	65	33	31
	Zn	96	78	75	27	31	67	44	67	61	65
P <sub>2</sub> (Assis)	Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ni	15	18	13	23	40	28	18	14	16	-
	Zn	32	40	32	31	28	50	43	35	45	34
P <sub>3</sub> (Marília)	Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ni	18	16	-	16	-	16	18	16	13	-
	Zn	46	41	63	82	41	101	61	45	38	39
P <sub>4</sub> (Gália)	Cd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ni	-	13	40	16	23	16	28	13	18	13
	Zn	85	40	33	32	18	67	35	21	61	54

(-) Fora do limite de detecção.

Tabela 5 - 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.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIANO, D.C. **Trace elements in the terrestrial environment**. New York: Springer-Verlag, 1986. 533p.
- ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils**. New York: John Wiley, 1990. 339p.
- BIEGO, G. H., JOYEUX, M., HARTEMANN, P., DEBRY, G. Daily intake of essential minerals and metallic micropollutants from foods in france. **Sci. Total Environ.**, v.217, p.27-6, 1998.
- 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, O.A. Complexos de metais pesados com substâncias húmicas e matéria orgânica: estabilidade das ligações. In: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS, 2, 1997, São Carlos. **Anais.** São Carlos: EMBRAPA-CNPDIA, 1997. p.72-3.
- CASSARET, A., DOULL'S, D. **Toxicology: the basic science of poisons.** 5.ed. USA: McMillan Publishing, 1986. 1111p.
- CHLOPICKA, 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.
- GARCIA, R., MILLAN, E. Heavy metal contents from road soils in Guipúzcoa (Spain). **Sci. Total Environ.**, v.146-47, p.157-61, 1994.
- KABATA-PENDIAS, A., PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants.** 2.ed. New York: CRC PRESS, 1992. 365p.
- KIEKENS, L. Zinc. In: ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils.** New York: John Wiley, 1990. p.261-79.
- 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.
- MALAVOLTA, E. **Adubação e seu impacto ambiental.** São Paulo: Prodoquímica Industria e Comércio Ltda., 1994. 153p.
- MATOS, A.T., FONTES, M.P.F., JORDÃO, C.P., COSTA, L.M. Mobilidade e formas de retenção de metais pesados em latossolo vermelho-amarelo. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, v.20, p.379-86, 1996.
- MATTHEWS, P.J. Control of metal application rates from sewage sludge utilization in agriculture. **CRC Crit. Rev. Environ. Control**, v.14, p.199-250, 1984.
- McGRATH, S.P., SMITH, S. Nickel. In: ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils.** New York: John Wiley, 1990. p.125-50.
- 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.
- MOORE, J.W., RAMAMOORTHY, S. **Heavy metals in natural waters.** New York: Springer-Verlag, 1984. 328p.
- MÜNCH, D. Concentration profiles of arsenic, cadmium, chromium, copper, lead, mercury, nickel, zinc, vanadium and polynuclear aromatic hydrocarbons (PAH) in forest soil beside an urban road. **Sci. Total Environ.**, v.138, p.47-5, 1993.
- MUTTI, A. La valutazione del rischio: un confine ambiguo tra tecnica e cultura della prevenzione. **Med. Lav.** v.87, p.173-5, 1996.
- NICKEL. **Rev. Environ. Contamination Toxicol.**, v.107, p.103-15, 1989.
- 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.
- POVINELLI, J. **Ação dos metais pesados nos processos biológicos de tratamento de águas residuárias**. São Carlos, 1987. Tese (Livre Docência em Engenharia/Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- 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.
- SUNDERMAN JUNIOR, F.W. Mechanisms of nickel carcinogenesis. **Scand. J. Work Environ. & Health**, v.15, p.1-12, 1989.
- TAVARES, T.M., CARVALHO, F.M. Avaliação da exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplos do Recôncavo Baiano. **Química Nova**, v.15, n.2, p.147-53, 1992.
- WARD, N.I. Multielement contamination of British motorway environments. **Sci. Total Environ.**, v.93, p.393-1, 1990.
- WHITE, T. Stabilising heavy metal waste underground. **Search**, v.26, n.5, p.148-51, 1995.
- 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.