

CONCENTRAÇÃO DE METAIS EM SOLOS ADJACENTES À AVENIDA MARGINAL DO RIO TIETÊ, SÃO PAULO

Natália C. e Silva¹, Ana M. G. Figueiredo¹, Andreza P. Ribeiro¹, Georges M. N. Neto¹,
Sonia P. Camargo¹ e Regina B. Ticianelli¹

¹ Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Av. Lineu Prestes 2242 - Cidade Universitária
05508-000 São Paulo, SP.
anamaria@ipen.br

RESUMO

A poluição do meio ambiente tem-se tornado um importante foco de diferentes áreas de estudo. Os impactos gerados pela poluição vêm em grande parte de ações antrópicas, como a poluição do ar pela emissão de gases por veículos automotores e pela produção de resíduos sólidos por indústrias. Esses impactos negativos vêm gerando grandes desequilíbrios no meio ambiente, chegando a afetar a saúde humana. Uma maneira de se caracterizar a poluição ambiental é analisar as concentrações de metais pesados em solos e águas. O presente trabalho analisou diferentes fragmentos de 5 cm de profundidade de solos, com características distintas, coletados em 8 pontos ao longo da Avenida Marginal do Rio Tietê na Região Metropolitana da Cidade de São Paulo. A técnica utilizada para a análise das amostras foi a análise por ativação de nêutrons instrumental (INAA). Juntamente com as amostras, foram medidas as concentrações de metais em três materiais de referência BEN (IWG-GIT), GS-N (IWG-GIT) e Soil-7 (IAEA) para controle de qualidade dos resultados. Os metais analisados foram: arsênio (As), bário (Ba), cromo (Cr), cobalto (Co), antimônio (Sb) e zinco (Zn); as concentrações obtidas foram comparadas com valores de limites de intervenção estipulados pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB); esses valores indicam a qualidade do solo para diferentes destinações de uso.

1. INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica ocorre principalmente em áreas metropolitanas, onde o ambiente natural encontra-se altamente degradado. Essa degradação é gerada pela presença de diferentes tipos de poluentes atmosféricos, uma vez que nessas áreas existe um maior aglomerado demográfico e grandes concentrações de veículos e indústrias [1].

A poluição ambiental pode ser relacionada a vários fatores, como o crescimento desordenado dos grandes centros urbanos e metrópoles, pela implantação de indústrias, grande circulação de veículos automotores, desmatamento e ocupações irregulares que poluem as águas, o ar e os solos [2].

O solo é parte altamente afetada em áreas urbanizadas, podendo afetar a biota. Solo pode ser definido como um composto heterogêneo gerado a partir da reorganização de um material original, como rochas, sedimentos ou outros solos. Essa reorganização ocorre a partir de

ações da atmosfera, trocas de energia, ou até mesmo, ações biológicas, através de animais e vegetais. Cada solo possui uma composição diferente e é formado por diferentes quantidades de minérios, minerais, materiais orgânicos entre outras substâncias; essa grande diversidade dos solos muitas vezes está relacionada com a própria ação antropogênica ou até mesmo, pode estar ameaçada pela mesma, uma vez que as atividades humanas afetam diretamente o ambiente [3].

Desde o princípio da história humana, o solo tem sido utilizado como receptor de substâncias resultantes da atividade humana. Com o surgimento de grandes processos de transformação a partir da Revolução Industrial, a liberação descontrolada de poluentes para o ambiente e sua conseqüente acumulação no solo sofreu uma mudança drástica de forma e de intensidade, que pode ser explicada pela utilização intensiva dos recursos naturais e também pelos resíduos gerados no aumento das atividades urbanas, industriais e agrícolas [3].

Os solos vicinais à Marginal do Rio Tietê, assim como os solos de muitas outras áreas da cidade de São Paulo, provavelmente, já estão sob impacto do homem e possivelmente sofreu alterações desde o início de sua utilização, tanto para o tráfego como para outras ações no passado [3].

2. OBJETIVOS

Este estudo tem como objetivo a caracterização química dos solos superficiais adjacentes à Marginal do Rio Tietê, na Região Metropolitana de São Paulo, por meio da técnica de análise por ativação com nêutrons instrumental (INAA), para determinar elementos de interesse ambiental como As, Ba, Co, Cr, Sb e Zn em amostras de solos coletadas ao longo de seu curso.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área Estudada

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é formada por grandes centros urbanos e industriais, e devido ao grande fluxo de moradores e trabalhadores, apresenta diariamente tráfego intenso de veículos. A Rodovia SP-015 é um dos principais, se não, o maior, acesso à RMSP e, portanto, possui sempre congestionamentos e grande fluxo de veículos. Esta rodovia é constituída pelos complexos viários da Marginal do Rio Pinheiro e da Marginal do Rio Tietê [4] A Marginal do Rio Tietê é um importante eixo de tráfego automotivo na cidade de São Paulo, unindo as Zonas, Norte, Oeste e Leste [4].

3.2. Amostragem e Coleta

Foram coletados solos adjacentes a Marginal do Rio Tietê, que apresenta alta densidade de tráfego na cidade de São Paulo, além de apresentar canteiros que favorecem a coleta das amostras.

Dessa forma, foram coletadas 32 amostras de solo com auxílio de tubos de PVC; os testemunhos foram coletados em oito pontos ao longo da Avenida e apresentavam profundidade de 0-5cm. A posição de cada ponto foi precisamente determinada durante o

trabalho de campo, com ajuda de um GPS (Geographic Positioning System) com uma exatidão de 10m.

Na figura 1 pode ser observado o esquema para a coleta das amostras bem como a distribuição dos vértices A, B, C e D ao longo da Avenida Marginal do Rio Tietê, no qual se observa que os vértices A e C são posicionados mais próximos à via.

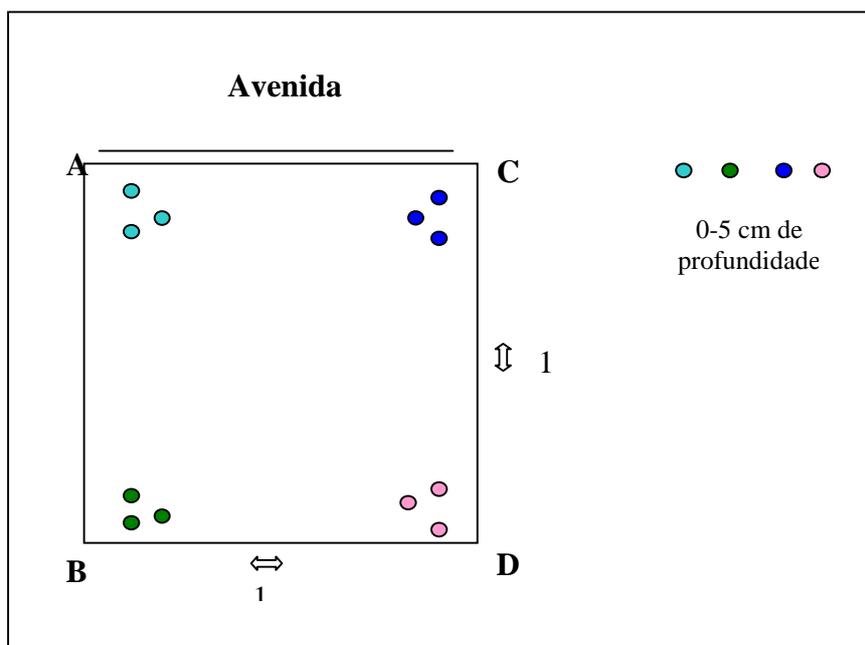


Figura 1. Esquema para a coleta das amostras na Marginal do Rio Tietê.

Previamente à coleta das amostras, foi necessário protocolar na Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) do município, de São Paulo, junto ao Departamento de Gestão de Eventos, um formulário de autorização (fornecido pela CET). Foi necessário também um “Memorial Descritivo de Coleta”, onde foi detalhada a proposta deste projeto de pesquisa, bem como os procedimentos que foram utilizados na retirada do solo.

3.3. Preparo das Amostras

Em laboratório, após a retirada de gramíneas e outros tipos de vegetação presentes nas amostras, foi feita a secagem em estufa a 40°C, em béqueres, e após a secagem, foi realizada a peneiração, sendo separada para análise a fração < 2 mm. As amostras foram moídas em moinho de ágata a uma granulometria < 75µm. Após o preparo as amostras foram devidamente acondicionadas, para a posterior análise com INAA.

3.4. Análise por Ativação com Nêutrons Instrumental (INAA)

Nesta técnica, o material em estudo é irradiado com feixes de nêutrons em um reator nuclear, esses nêutrons são capturados pelos núcleos dos átomos presentes na amostra, deixando-os

instáveis e dando origem a isótopos radioativos dos elementos presentes (Figura 2). Estes radionuclídeos são identificados pela energia liberada (raios gama); denomina-se “pronto” aqueles que são liberados no momento da irradiação e “atrasado” ou simplesmente raios gama, aqueles que são liberados em decorrência do decaimento do radionuclídeo e são acompanhados de partículas beta. Cada elemento irradiado origina um radioisótopo com um tempo de decaimento próprio, podendo levar de segundos até anos. Graças a isso, podemos determinar os elementos presentes na amostra e a concentração do radioisótopo na amostra é proporcional à intensidade da radiação gama emitida. Nas determinações quantitativas, geralmente é usado o método comparativo. Amostra e padrão são irradiados, em conjunto, nas mesmas condições, em um determinado fluxo de nêutrons.

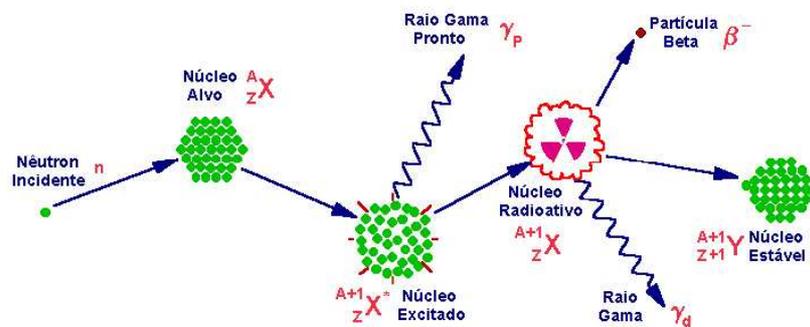


Figura 2: interação do nêutron com o núcleo alvo.

Quando a amostra é irradiada a atividade induzida, que pode ser medida em um detector, é expressa através da equação geral da análise por ativação [5]:

$$A = \frac{z \phi \sigma N_{av} m f \left(1 - e^{-0,693 t_i / t_{1/2}} \right)}{M} \quad (1)$$

A - atividade medida, em contagens por segundo (cps)

z - eficiência do detector

σ - secção de choque de ativação isotópica

ϕ - fluxo de nêutrons, em $n \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

m - massa do elemento alvo

f - abundância do nuclídeo alvo

M - massa atômica do elemento irradiado

t_i - tempo de irradiação

$t_{1/2}$ - meia-vida do radioisótopo formado

A concentração dos elementos em uma amostra pode ser calculada pela equação 1, desde que os parâmetros como: seção de choque, fluxo de nêutrons, tempo de irradiação e meia-vida dos radioisótopos formados, sejam precisamente conhecidos. A concentração da amostra é calculada comparando-se a atividade do elemento na amostra à atividade do elemento no padrão (de concentração conhecida). Para isso podemos relacionar a equação 1 obtida para o padrão de referencia e para amostra, resultando em:

$$\frac{A_a}{A_p} = \frac{m_a}{m_p} \quad \text{ou} \quad m_a = \frac{A_a m_p}{A_p} \quad (2)$$

Em termos de concentração, tem-se:

$$C_a^i = \frac{(A_a^i \cdot m_p \cdot C_p^i) e^{\lambda(t_a - t_p)}}{A_p^i \cdot m_a} \quad (3)$$

onde:

C_a^i : Concentração do elemento i na amostra

C_p^i : Concentração do elemento i no padrão

A_p^i : Atividade do elemento i na amostra

A_a^i : Atividade do elemento i no padrão

m_a e m_p : massas da amostra e padrão

λ : constante de decaimento do radioisótopo

t_a : tempo de resfriamento da amostra

t_p : tempo de resfriamento do padrão

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos 6 elementos estudados (As, Ba, Co, Cr, Sb e Zn) nas 32 amostras analisadas por INAA podem ser observados na tabela 01, que indica as faixas e médias para cada elemento aos longo dos oito pontos de coleta na Avenida Marginal do Rio Tietê.

Tabela 01: Médias e faixas para cada elemento nos 8 pontos analisados.

	P1		P2		P3		P4	
	Média	Faixa	Média	Faixa	Média	Faixa	Média	Faixa
As	45,1	28 57	6,825	3 14,4	20,2875	4,8 7,3	7,6	2 18
Ba	377,5	499 312	642,25	355 801	591,125	668 906	578,75	477 664
Co	7,975	7,1 9,5	8,4	4 10,8	8,4339286	7 10,9	6,6875	5,9 7,55
Cr	112	100 124	133,675	56,7 167	134,63393	109,5 200	104,475	84,9 141
Sb	2,6925	1,37 3,9	3,6925	2,87 4,2	3,8446429	4,2 8,4	4,36	3,8 4,75
Zn	310,75	236 438	363,75	578 72	492,75	1225 633	565,75	489 698

	P5		P6		P7		P8	
	Média	Faixa	Média	Faixa	Média	Faixa	Média	Faixa
As	10,8	7 14,4	7,5	3,2 12,4	4,425	2 6,6	2,9	2 3,6
Ba	427,5	328 503	503,25	344 700	379	253 576	531,75	354 698
Co	5,3	4,4 6,8	6,225	4,2 10,2	5,5	3,8 6,4	5,7	5,2 6
Cr	97,525	72 138	53,65	10,6 72	64,975	48,5 101	61,2875	43,15 80
Sb	3,4	5,1 2,6	4	2,7 6	2,4825	1,93 2,6	2,75	1,6 4,5
Zn	546,75	412 711	375,25	242 500	343,5	242 526	303,25	208 470

A CETESB definiu valores orientadores para os metais pesados em solos no estado de São Paulo; estes valores são apresentados na forma de relatórios que devem ser revisados a cada 4 (quatro) anos. Desta maneira os valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo são definidos da seguinte forma:

Valor de Intervenção – é a concentração de determinada substância na qual podem ocorrer risco potenciais, diretos e indiretos a saúde humana. Para isso foram considerados cenários genéricos de exposição:

AGR – valor utilizado para avaliação de risco a saúde humana para áreas agrícolas.

RES - valor utilizado para avaliação de risco a saúde humana para áreas residenciais.

IND - valor utilizado para avaliação de risco a saúde humana para áreas industriais.

PREV – concentração de determinada substância na qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo. Este valor indica a qualidade do solo capaz de sustentar suas funções primárias [3].

Os valores obtidos foram comparados com os valores de intervenção fornecidos pela CETESB e podem ser observados nas figuras de 3 a 8.

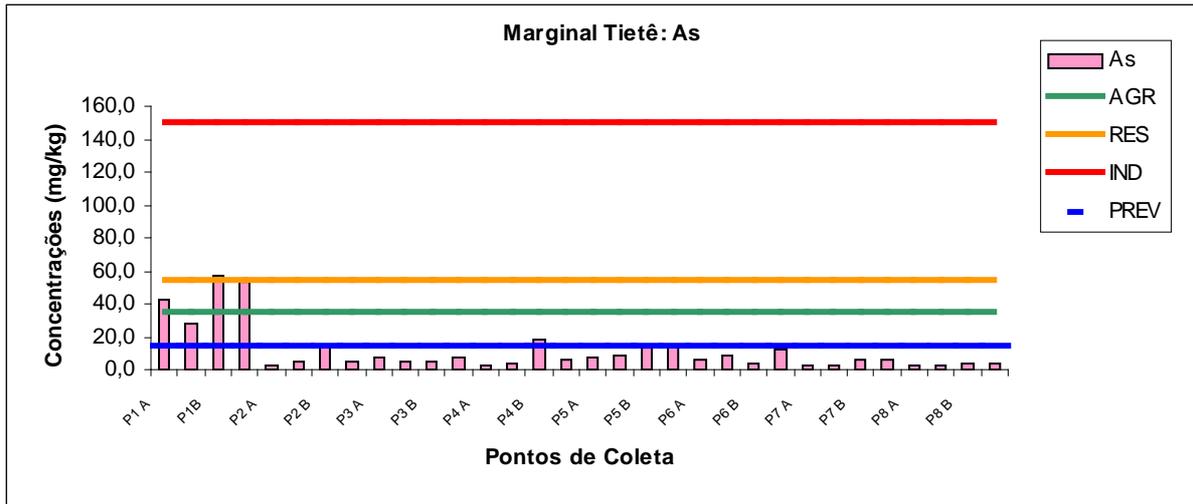


Figura 3. Concentrações de As em solos vicinais à marginal do Rio Tietê

As concentrações de As ao longo da Avenida não apresentaram valores significativos, suas concentrações se mantiveram em grande parte abaixo dos valores de intervenção agrícola, e em sua maioria as concentrações não chegam nem ao menos a afetar as características naturais do solo [3]. Nos pontos 1 e 2 deve haver contaminação por pesticidas ou indústrias do ramo da vidraria ou cimento, que utilizam o As e desta forma teriam contaminado o solo.

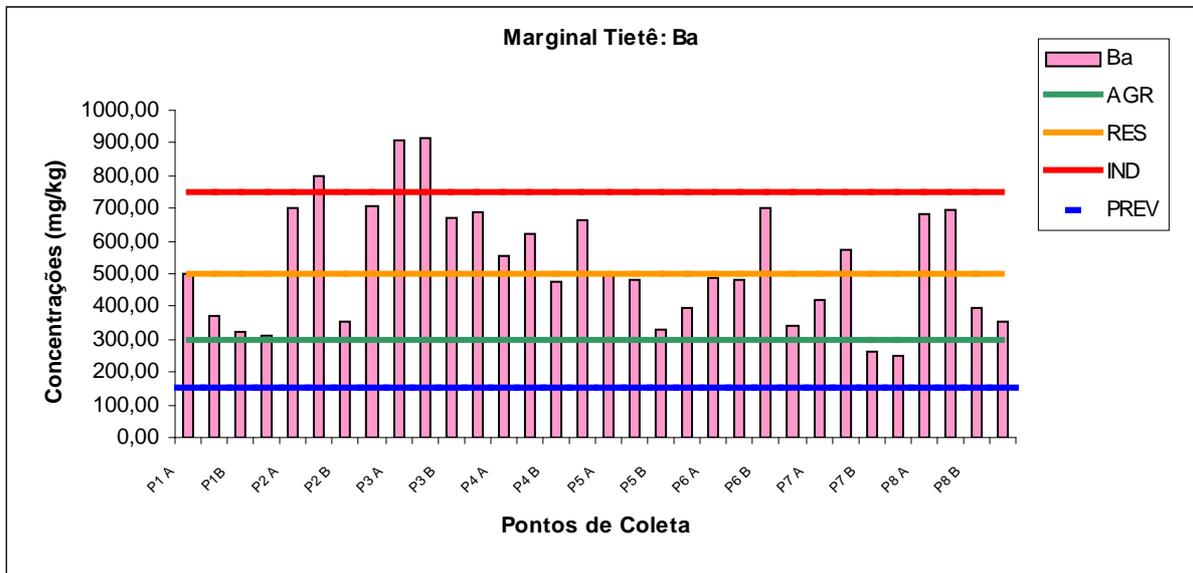


Figura 4. Concentrações de Ba em solos vicinais à marginal do Rio Tietê

O Ba apresentou concentrações muito elevadas ao longo de toda a marginal do Rio Tietê, o que indica um grande impacto gerado pelo homem. Seus valores ultrapassaram os limites industriais estipulados pela CETESB, 2005. Estas grandes concentrações podem estar

relacionadas com pesticidas, grande emprego na indústria de tijolos e vidros e até mesmo ao tráfego de automóveis, pois o Ba é empregado em componentes automotivos como lubrificantes .

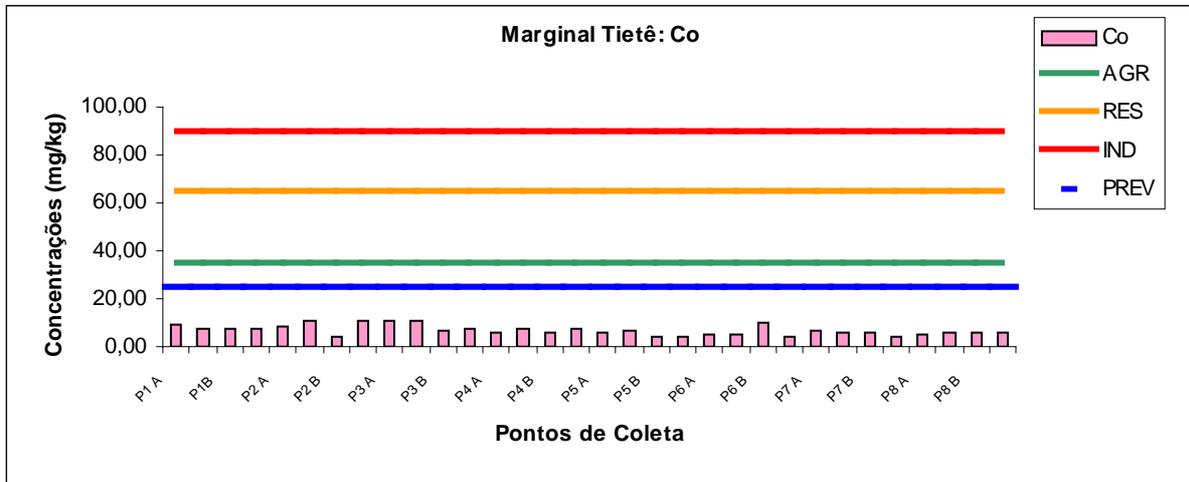


Figura 5. Concentrações de Co em solos vicinais à marginal do Rio Tietê

Os valores de Co estiveram dentro dos limites estipulados pela CETESB, não apresentando alterações em nenhum ponto de coleta.

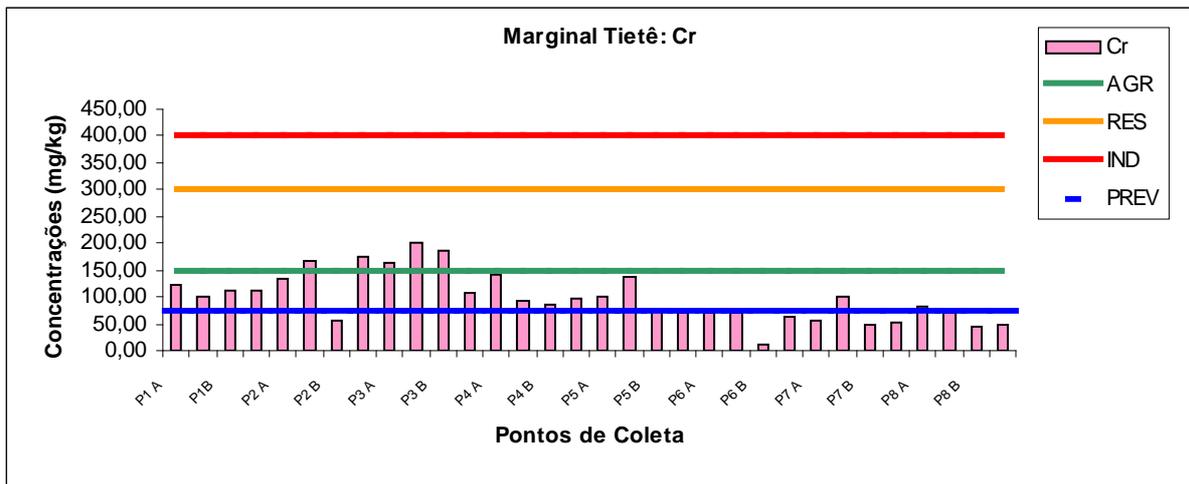


Figura 6. Concentrações de Cr em solos vicinais à marginal do Rio Tietê

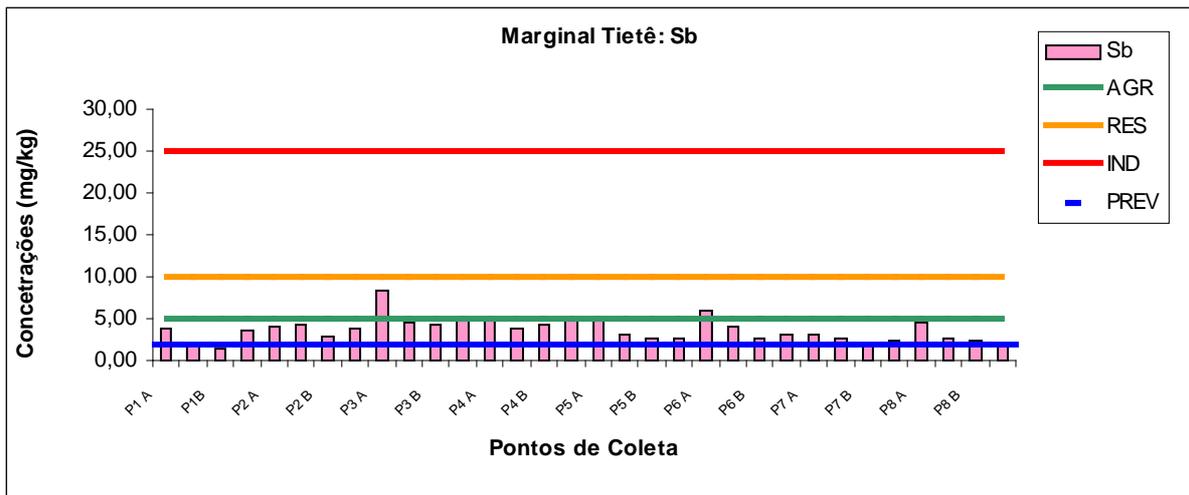


Figura 7. Concentrações de Co em solos vicinais à marginal do Rio Tietê.

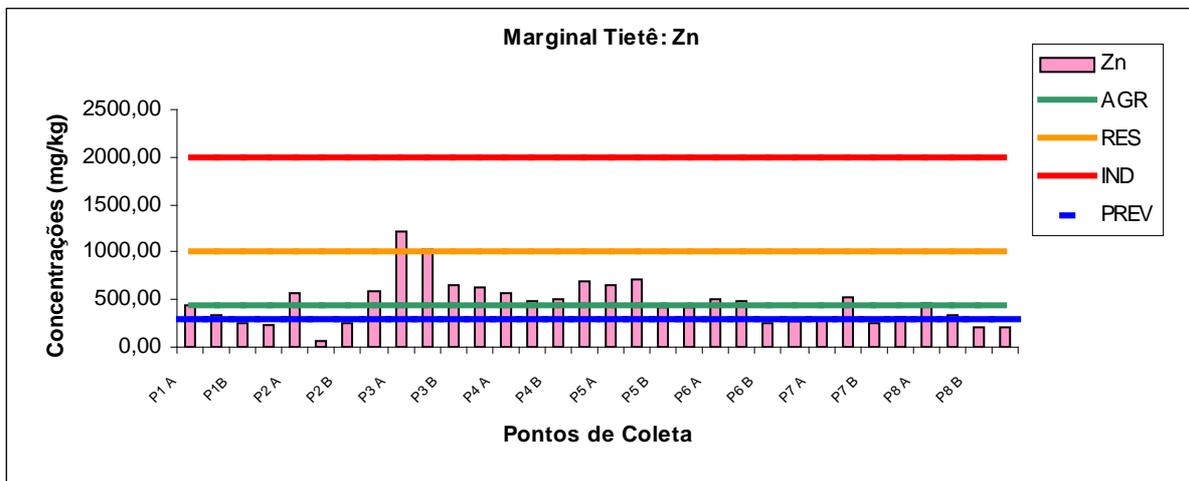


Figura 8. Concentrações de Zn em solos vicinais à marginal do Rio Tietê

O Cr, o Zn e o Sb apresentaram alterações em suas concentrações ao longo de toda a Avenida. Suas concentrações estiveram acima dos limites de intervenção agrícola, e até mesmo de intervenção residencial para o Zn no ponto 3; no entanto, essas concentrações não chegam a ser tão altas quanto as do Ba. Esses elementos são considerados associados ao tráfego, sendo liberados nos gases de exaustão dos veículos. O Zn é também empregado na indústria de fertilizantes e pesticidas, podendo ser daí este valor elevado no ponto 3. Além disso, o Zn é usado em óleos lubrificantes e está associado ao desgaste de materiais constituintes dos automóveis, o que sugere origem veicular.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicam uma grande contaminação dos solos da marginal do Rio Tietê por diferentes metais, sugerindo ações antropogênicas.

Essas altas concentrações dos metais analisados podem afetar a saúde humana, uma vez que estes elementos químicos estão disponíveis em uma área de grande tráfego de automóveis, e de fácil acesso. Com uma baixa umidade relativa do ar e o grande fluxo de automóveis estes elementos podem se desprender do solo, e na forma de poeira afetar a saúde humana, gerando complicações respiratórias e podendo até mesmo levar ao câncer.

Quanto às concentrações de Ba, que possivelmente estão relacionadas ao tráfego, é simples traçar uma relação entre o congestionamento na área e os elevados valores obtidos; no entanto, a presença de Ba pode estar associada também a raticidas, apesar de sua utilização ter sido proibida pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) através da resolução 326, de 9 de Novembro de 2005.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à FAPESP pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Teixeira, E. C.; Feltes, S. & Santana E. R. R. “Estudo das emissões de fontes móveis na região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul”. *Química Nova*, **Vol.31** (2008).

[2] “Atlas Ambiental do Município de São Paulo” (2009)

<http://atlasambiental.prefeitura.sp.gov.br/pagina.php?id=20>.

[3] CETESB: “Valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo” (2005) http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/relatorios/tabela_valores_2005.pdf

[4] DER/SP-“ Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo - Diretoria de Planejamento.” (2009)

http://www.der.sp.gov.br/malha/denominacoes.aspx?ler=rel_desc#rel_desc.

[5] De Soete, D.; Gigbels, R.; Hoste, J.. Nêutron Activation Analysis. *London: Wiley-Interscience*, 1972.