

## DETERMINAÇÃO DE METAIS EM SOLOS PRÓXIMOS À RODOVIA DOS BANDEIRANTES, SÃO PAULO, POR ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA

Ana Maria G. Figueiredo<sup>1</sup>, Claudia P. R. Morcelli<sup>1</sup>, Joel B. Sígolo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)  
Av. Professor Lineu Prestes 2242  
05508-000, São Paulo, SP  
anamaria@ipen.br, clprm@uol.com.br

<sup>2</sup>Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo  
Rua do Lago, 562 - Butantã  
05508-080, São Paulo, SP  
jbsigolo@usp.br

### RESUMO

Determinaram-se os elementos As, Ba, Co, Cr, Sb, Se e Zn em solos adjacentes à rodovia dos Bandeirantes, em São Paulo, Brasil. Esta rodovia foi escolhida devido à sua alta densidade de tráfego (cerca de 30.000 veículos por dia). A amostragem foi feita em 4 pontos da rodovia, a 30-50 km de São Paulo, com diferentes volumes de tráfego e estilos de direção (anda/pára vs. velocidade constante). As amostras de solo foram coletadas paralelamente à rodovia, a uma profundidade de 0-5 cm e a distâncias de 40, 140, 240, 340, 440 e 540 cm do asfalto. A técnica analítica utilizada foi a análise por ativação com nêutrons instrumental (INAA). As concentrações de Co e Se concordaram com os valores de referência para os solos de São Paulo, de acordo com a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Os resultados obtidos para os elementos Ba, Cr, Sb e Zn próximo à rodovia mostraram teores muito mais altos que os valores considerados como referência para solos de São Paulo, indicando que a concentração desses elementos é diretamente influenciada pelas condições de tráfego e distância da rodovia. O elemento As apresentou maiores concentrações do que os valores de referência em pontos mais distantes da rodovia, indicando uma outra fonte antrópica.

### 1. INTRODUÇÃO

O solo tem a capacidade de imobilizar as impurezas provenientes de poluentes atmosféricos, resíduos sólidos industriais, urbanos e materiais tóxicos, impedindo a sua migração para as águas subterrâneas. Entretanto, essa capacidade é limitada, e esses poluentes podem promover alterações na qualidade do solo, constituindo uma ameaça para a qualidade dos recursos hídricos utilizados em abastecimento público.

Um solo pode ser considerado "limpo" quando a concentração de um elemento ou substância de interesse ambiental é menor ou igual ao valor de ocorrência natural. Esta concentração pode ser denominada de valor de referência de qualidade, sendo um valor orientador. Um solo é considerado contaminado quando estes valores de referência são ultrapassados [1]. Uma grande diversidade de tipos de solo é encontrada em climas tropicais, e para determinar as concentrações naturais de metais de interesse ambiental, leva-se em consideração as propriedades e origem do solo, que podem resultar em uma maior ou menor adsorção de metais.

O solo adjacente a rodovias tem sido objeto de estudo, devido ao impacto ambiental provocado pela emissão de gases e material particulado pelos veículos automotores. Carros, ônibus e caminhões são uma fonte de poluição atmosférica. Quando os motores queimam combustíveis (gasolina e diesel), produzem grandes quantidades de poluentes que são emitidos nos gases de exaustão [2].

Neste trabalho, a análise por ativação com nêutrons instrumental (AANI) foi utilizada para a determinação dos elementos de interesse ambiental As, Ba, Co, Cr, Sb, Se e Zn em solos coletados em quatro pontos próximos à Rodovia dos Bandeirantes, em São Paulo, no trecho de maior densidade de tráfego, entre as cidades de São Paulo e Jundiaí. A escolha da Rodovia dos Bandeirantes para a realização deste trabalho se deu pelo grande tráfego de veículos diário, estimado em 30.000 veículos por dia. O objetivo do trabalho foi estudar as variações destes elementos devido ao depósito de material particulado proveniente da combustão de veículos automotores ou outras eventuais fontes antrópicas.

## **2. PARTE EXPERIMENTAL**

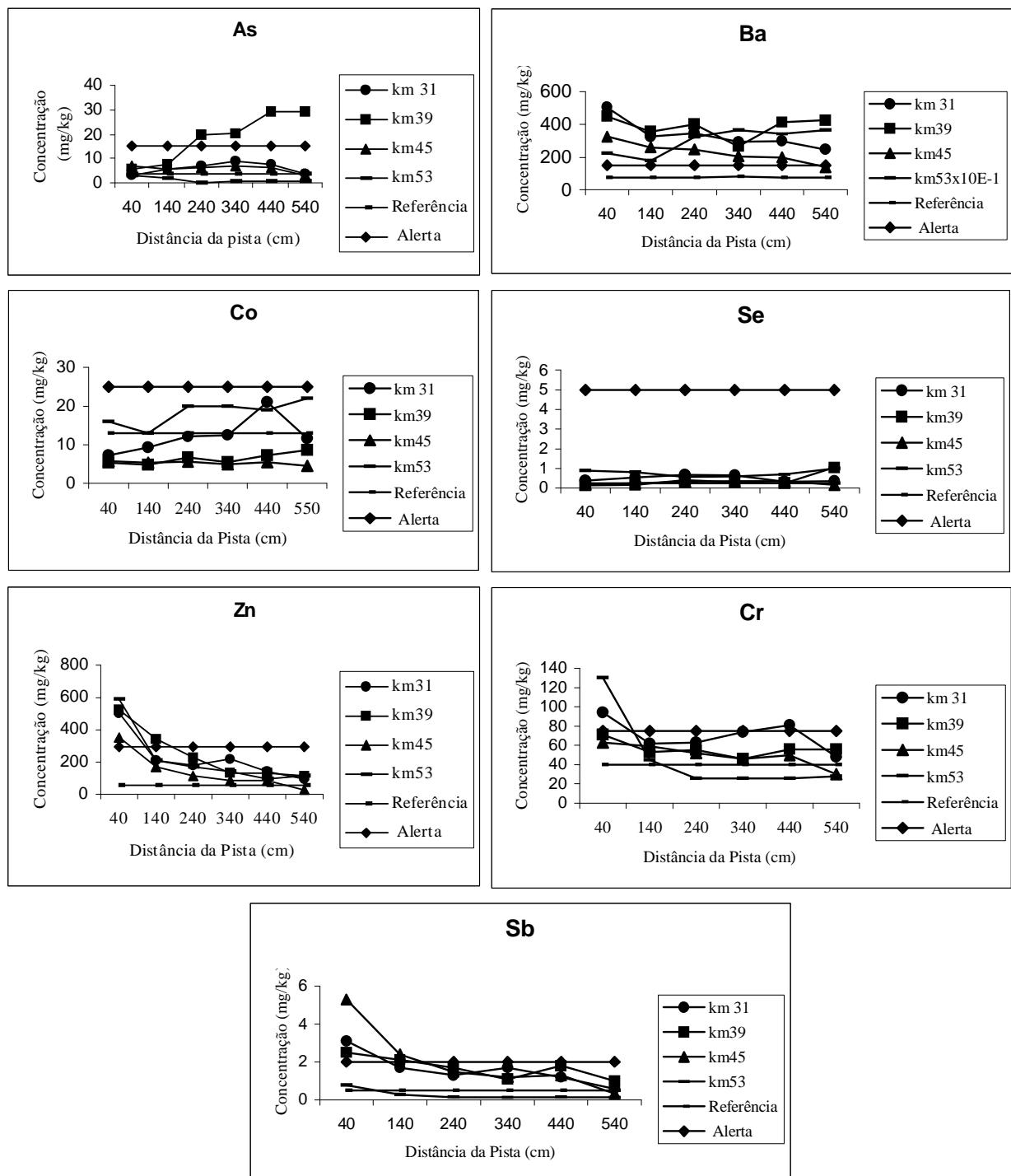
### **2.1. Coleta das amostras**

Foram coletadas amostras em 4 pontos da Rodovia dos Bandeirantes, a saber, km31, km39, km45 e km53, que apresentam diferentes volumes de tráfego e estilos de direção (velocidade constante vs rápida aceleração, próximo ao posto de pedágio, no km39). A distância da pista para o local onde se iniciou a amostragem foi de 40 cm, sendo os demais pontos de coleta a cada 1m na horizontal até 5m e a cada 1m na vertical por 4m, resultando numa área de estudo de 20m<sup>2</sup>. Foram coletadas 30 amostras e preparadas 6 sub-amostras. A profundidade de amostragem foi de 5 cm. O solo coletado pode ser classificado como aterro de beira de estrada, latossolo amarelo, sendo a litogeocímica de sedimento da Bacia do Paraná.

### **2.2. Análise por Ativação com Nêutrons**

As amostras foram secas em estufa a 40°C, peneiradas e separada a fração <2mm para análise. As amostras foram moídas em almofariz de ágata e uma alíquota de 100 mg foi pesada e acondicionada em envelope de polietileno. O mesmo procedimento foi adotado para os materiais de referência BE-N (IWG) e Soil-7 (IAEA). As amostras e os materiais de referência foram irradiados no reator nuclear IEA-R1 do IPEN-CNEN/SP, por 8 horas, em um fluxo de nêutrons de  $10^{12}$  n cm<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>. As medidas da atividade induzida foram realizadas em um espectrômetro de raios gama constituído de um detector de Ge hiperpuro GX20190. A análise dos espectros de raios gama foi feita por meio do programa VISPECT.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO



**Figura 1.** Padrão de distribuição dos elementos As, Ba, Co, Se, Sb, Cr e Zn em solos próximos à Rodovia dos Bandeirantes, São Paulo

Os resultados obtidos, assim como os valores de referência e os valores de alerta para solos do Estado de São Paulo [1] estão na Figura 1.

Pode-se observar que os elementos Co e Se apresentaram teores de acordo com os valores de referência de qualidade para solos, que indicam o limite de qualidade para um solo considerado limpo. O As apresentou valores acima dos valores de referência em quase todas as amostras, e valores acima dos valores de alerta no km 39, mostrando uma provável contaminação antrópica.

Para os elementos Ba, Cr, Sb e Zn, os teores encontrados foram superiores aos valores de referência e, nos pontos mais próximos à rodovia, chegaram a ultrapassar o valor de alerta, o que sugere uma possível alteração na qualidade natural dos solos [1]. Esses elementos estão associados a emissões veiculares, inclusive veículos a diesel (Ba e Sb), o que indica serem os gases de exaustão dos veículos automotores a fonte desses elementos [2].

#### **4. CONCLUSÕES**

Os resultados obtidos demonstram que as concentrações dos elementos Ba, Cr, Sb e Zn, nos solos próximos à rodovia dos Bandeirantes, são diretamente influenciadas pelas condições de tráfego e pela distância da pista. O elemento As apresentou teores acima dos valores de alerta em locais mais afastados da rodovia, indicando outra fonte de contaminação antrópica. Os elementos Co e Se apresentaram teores compatíveis com os valores considerados de referência para solos do Estado de São Paulo.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à FAPESP pelo apoio financeiro.

#### **REFERÊNCIAS**

1. S. C. P Casarini., D. Pinati, L.C. Lemos, M. M. Gaeta, *Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo*, CETESB, São Paulo, 2001.
2. P. Degobert, *Automobiles and Pollution*, Technip, Paris, France, 1995.