

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO COEFICIENTE DE PARTIÇÃO DE METAIS NO
SOLO DE FIGUEIRA, PARANÁ, NO CÁLCULO DO RISCO À SAÚDE HUMANA,
UTILIZANDO O MODELO C-SOIL**

IARA MARIA CARNEIRO DE CAMARGO

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área de
Tecnologia Nuclear – Materiais**

**Orientador:
Dra. Marlene Flues**

SÃO PAULO
2005

Aos meus dois filhos, Felipe e
Pedro, que nasceram no início e fim
do doutorado, respectivamente.

AGRADECIMENTOS

À Dra. Marlene Flues pela orientação, carinho, compreensão, incentivo e discussão durante toda a tese de doutorado.

Ao Dr. Goro Hiromoto pela orientação, incentivo e discussão.

Ao gerente Nilo Schneider da Companhia Carbonífera Cambuí pela permissão da realização do estudo, apoio financeiro e coleta das amostras de cinza e carvão.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, pelo apoio financeiro.

À Msc. Marycel Cotrin pelas análises instrumentais.

Aos colegas do Centro de Química e Meio Ambiente, CQMA, que de alguma forma contribuíram para o fechamento da tese de doutorado.

Aos colegas da biblioteca Terezine Arantes Ferraz, do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN, pela aquisição de artigos e ajuda na elaboração das referências bibliográficas.

Aos amigos e familiares pelo apoio e incentivo.

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO COEFICIENTE DE PARTIÇÃO DE METAIS NO SOLO DE FIGUEIRA, PARANÁ, NO CÁLCULO DO RISCO À SAÚDE HUMANA, UTILIZANDO O MODELO C-SOIL

Iara Maria Carneiro de Camargo

RESUMO

Estudos de coeficiente de partição mostram que o valor de K_p do metal pode variar ordens de grandeza conforme as características físico-químicas do solo. Portanto, o K_p é um parâmetro sensível no modelo de avaliação de risco à saúde humana, e normalmente é um valor nominal adotado por agências ambientais que pode não representar adequadamente o solo em estudo e implicar erros no cálculo do risco. Este trabalho tem como objetivos: avaliar a contaminação do solo adjacente à usina termoelétrica de Figueira por metais tóxicos; determinar o K_p dos metais As, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb e Zn no solo pela razão entre a concentração do metal obtida por digestão com HNO_3 concentrado e a concentração do metal obtida por extração com EDTA $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ ($K_{p\text{EDTA}}$) ou $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ ($K_{p\text{Ca}(\text{NO}_3)_2}$); e avaliar a influência do uso dos diferentes valores de K_p no modelo de avaliação de risco à saúde humana C-Soil no cálculo do risco. As principais conclusões foram: os metais contaminantes do solo de Figueira foram As, Cd, Mo, Pb e Zn, e o As foi o elemento mais crítico; tanto o valor de $K_{p\text{Ca}(\text{NO}_3)_2}$ quanto o de $K_{p\text{EDTA}}$ poderiam ser utilizados no cálculo do risco à saúde humana, no caso de Figueira, exceto para o Pb, mas o $K_{p\text{EDTA}}$ seria mais recomendado, por apresentar valores com menor dispersão; os valores nominais de $K_{p\text{CSoil}}$ dos metais poderiam ser utilizados para o cálculo de risco à saúde humana no caso de Figueira, ou seja, não teria necessidade de se determinar valores de K_p locais ($K_{p\text{EDTA}}$ e $K_{p\text{Ca}(\text{NO}_3)_2}$), exceto para o Pb.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE METAL PARTITION COEFFICIENT ON THE HUMAN HEALTH RISK EVALUATION, APPLIED TO FIGUEIRA (PR) SOIL REGION, USING C-SOIL MODEL

Iara Maria Carneiro de Camargo

ABSTRACT

Studies of partition coefficient show that K_p values of metals can vary orders of magnitude according to the soil physical-chemistry characteristics. Therefore, the K_p is a sensible parameter in human health risk assessment model. In general, a default value is adopted by environmental agencies and often it is not represent suitably the soil studied and can cause errors in the risk calculation. The objectives of this work are: evaluate the heavy metals soil contamination around the Figueira coal-fired power plant; determine the metal K_p of As, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb and Zn in soil by the ratio between the metal concentration obtained by concentrate HNO_3 digestion and the metal concentration obtained by extraction with EDTA $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ ($K_{p\text{EDTA}}$) or $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ ($K_{p\text{Ca}(\text{NO}_3)_2}$); and evaluate the influence of the application of different K_p values in human health risk assessment C-Soil model in risk calculation. The main conclusions of the present study were: As, Cd, Mo, Pb e Zn were the Figueira soil metal contaminants, being As the pollutant of major human health concern; either $K_{p\text{Ca}(\text{NO}_3)_2}$ or $K_{p\text{EDTA}}$ values could be used for human health risk calculation, in Figueira case, except for Pb, and the $K_{p\text{EDTA}}$ values were preferably recommended due to the less dispersion of their values; the $K_{p\text{CSoil}}$ metals default values could be applied for the human health risk calculation in Figueira case, in other words, it would not have necessity to determine K_p values of region ($K_{p\text{EDTA}}$ and $K_{p\text{Ca}(\text{NO}_3)_2}$), except to Pb.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	13
3 REVISÃO DA LITERATURA	14
3.1 Definição e determinação de Kp	14
3.1.1 Extração de metais do solo	16
3.2 Variação de Kp de metais em relação às características físico-químicas do solo, concentração e forma química do metal e metodologia	21
3.3 Importância de Kp de metal em solo em avaliação de risco à saúde humana	45
3.4 Valores de Kp de metais em solo apresentados por agências ambientais	47
4 CARACTERÍSTICAS DOS METAIS: MOBILIDADE, TOXICIDADE, CONCENTRAÇÃO EM SOLO NATURAL E TRANSFERÊNCIA SOLO/PLANTA	49
5 MODELO DE AVALIAÇÃO DE RISCO À SAÚDE HUMANA – CSOIL	57
5.1 Concentração na fase líquida	60
5.2 Acumulação em cultura	61
6 METODOLOGIA	63
6.1 Área de estudo	63
6.2 Coleta das amostras de cinzas e solo	64
6.3 Pré-tratamento das amostras	67
6.4 Caracterização das amostras de solo	67
6.5 Preparação das amostras para determinação da concentração dos metais	68
6.5.1 Pastilhas de dupla camada	68
6.5.2 Digestão ácida em forno de microondas	69
6.5.3 Extração com EDTA-NH ₄ ⁺	69
6.5.4 Extração com Ca(NO ₃) ₂	70

6.6 Determinação da concentração total, parcial, biodisponível e trocável	70
6.7 Determinação de Kp	71
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
7.1 Avaliação da contaminação do solo	72
7.2 Avaliação de Kp	81
7.2.1 Kp _{EDTA} X Kp _{Ca(NO₃)₂}	81
7.2.1.1 Valores de Kp _{EDTA} dos pontos 400 e 600 do transect A, coletados após a instalação dos filtros na usina	94
7.2.2 Comparação dos valores de Kp experimentais com os da literatura	95
7.2.3 Valores de Kp calculados por modelos de adsorção da literatura ..	96
7.2.4 Kp X características do solo	101
7.2.4.1 Sorção dos metais no solo	109
7.2.5 Kp em solo solo contaminado x solo não contaminado e Kp x profundidade do solo	111
7.3 Avaliação do risco	115
7.3.1 Influência do Kp no cálculo do risco utilizando o modelo de avaliação de risco à saúde humana, C-Soil	115
7.3.1.1 Avaliação da contaminação do solo	120
7.3.1.2 Necessidade de determinar Kp de Figueira	120
7.3.1.3 Avaliação da metodologia Kp _{EDTA} e Kp _{Ca(NO₃)₂}	121
7.3.2 Influência do BCF calculado por Kp _{EDTA} e Kp _{Ca(NO₃)₂} na determinação do risco	122
8 CONCLUSÕES	126
APÊNDICE A	128
TABELA A1 - Concentração média parcial dos metais (mg kg ⁻¹) nas amostras do solo de Figueira coletadas ao redor da usina termoeletrica	129
TABELA A2 – Concentração parcial dos metais no solo coletado em 2001 depois da instalação dos filtros na usina.	131

TABELA A3 - Concentração média biodisponível dos metais (mg L^{-1}) nas amostras do solo de Figueira coletadas ao redor da usina termoeletrica	132
TABELA A4 - Concentração média trocável dos metais (mg L^{-1}) nas amostras do solo de Figueira coletadas ao redor da usina termoeletrica	134
TABELA A5 - Valores de $K_{p\text{EDTA}}$ dos metais nas amostras do solo de Figueira coletadas ao redor da usina termoeletrica	136
TABELA A6 - Valores de $K_{p\text{Ca}(\text{NO}_3)_2}$ dos metais nas amostras do solo de Figueira coletadas ao redor da usina termoeletrica	137
TABELA A7 - Razão $K_{p\text{Ca}(\text{NO}_3)_2}/K_{p\text{EDTA}}$ dos metais nas amostras do solo de Figueira coletadas ao redor da usina termoeletrica ...	138
TABELA A8 - Razão $K_{p\text{CSoil}}/K_{p\text{EDTA}}$ dos metais nas amostras do solo de Figueira coletadas ao redor da usina termoeletrica	139
TABELA A9 - Razão $K_{p\text{CSoil}}/K_{p\text{Ca}(\text{NO}_3)_2}$ dos metais nas amostras do solo de Figueira coletadas ao redor da usina termoeletrica ...	140
TABELA A10 - Valores de $K_{p\text{EDTA}}$ dos metais nas amostras do solo de Figueira coletadas em 2001 depois da instalação dos filtros na usina	141
TABELA A11 - Características físico-químicas das amostras do solo de Figueira coletadas ao redor da usina termoeletrica	142
TABELA A12 - Concentração total dos metais (mg kg^{-1}) nas amostras do solo de Figueira coletadas ao redor da usina termoeletrica	144
GLOSSÁRIO	145
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	146

LISTA DE SIGLAS

APMax	área de proteção máxima
BCF	fator de bioconcentração
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
CO	carbono orgânico
C-Soil	modelo de avaliação de risco à saúde humana
CTC	capacidade de troca catiônica
DTPA	ácido dietilenotriaminapentacético
EDTA	ácido etilenodiaminatetracético
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Agropecuária
EPA	Environmental Protection Agency
FRX	fluorescência de raios X
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
K _d	coeficiente de distribuição
K _p	coeficiente de partição
K _{pCa(NO₃)₂}	razão entre a concentração parcial e a concentração trocável
K _{pCsoil}	valor nominal de K _p
K _{pEDTA}	razão entre a concentração parcial e a concentração biodisponível
LABO	Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz
MO	matéria orgânica
RIVM	Instituto Nacional de Saúde Pública e Meio Ambiente
USDA	United State Department of Agriculture Soil Staff

1. INTRODUÇÃO

A contaminação do solo, decorrente da deposição de poluentes atmosféricos, do uso de defensivos agrícolas e fertilizantes e da destinação de resíduos sólidos industriais, urbanos e substâncias tóxicas diversas, tem sido, nas últimas décadas, motivo de preocupação ambiental e visto como um problema de saúde pública.

A avaliação de um solo suspeito de contaminação é importante para se decidir sobre o uso e ocupação deste solo, ou a necessidade de remediação. Para identificar um solo contaminado é necessário comparar as concentrações obtidas das substâncias no diagnóstico do solo com os valores de intervenção estabelecidos (que indicam o nível de contaminação acima do qual existe risco potencial à saúde humana) e sua remediação deve ser executada com base em modelos de avaliação de risco. A avaliação de risco é um trabalho mais complexo e caro que fornece resultados mais exatos por ser específico do local analisado, que deve ser executada no momento da decisão sobre a urgência da remediação.

A tendência mundial é o estabelecimento de uma lista orientadora geral de valores de referência de qualidade que indicam o limite de qualidade para um solo considerado limpo e de valores de intervenção que indicam o limite de contaminação do solo, acima do qual, existe risco potencial à saúde humana (Dias e Casarini, 1996). Os valores de referência são obtidos por meio de análises químicas do solo e os valores de intervenção são obtidos por modelos matemáticos de avaliação de risco, com base na definição de cenários de uso e ocupação do solo, nas diferentes vias de exposição e na quantificação de variáveis toxicológicas.

No Estado de São Paulo, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) tem a atribuição legal de proteger a qualidade dos solos e controlar a poluição de áreas contaminadas e suspeitas de contaminação. Desde 1996, a CETESB vem desenvolvendo um projeto para estabelecer valores de referência de qualidade e valores de intervenção para

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

