

JOSÉ ÂNGELO SEBASTIÃO ARAUJO DOS ANJOS

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UMA ZONA ALAGADIÇA
(*WETLAND*) NO CONTROLE DA POLUIÇÃO POR METAIS
PESADOS: O CASO DA PLUMBUM EM SANTO AMARO DA
PURIFICAÇÃO/BA**

Tese apresentada à escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Engenharia

São Paulo

2003

JOSÉ ÂNGELO SEBASTIÃO ARAUJO DOS ANJOS

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE UMA ZONA ALAGADIÇA
(*WETLAND*) NO CONTROLE DA POLUIÇÃO POR METAIS
PESADOS: O CASO DA PLUMBUM EM SANTO AMARO DA
PURIFICAÇÃO/BA**

Tese apresentada à escola Politécnica da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Doutor em Engenharia.

Área de concentração:
Engenharia Mineral

Orientador:
Prof. Dr. Luis Enrique Sánchez

São Paulo

2003

Anjos, José Ângelo Sebastião Araujo dos Anjos

Avaliação da eficiência de uma zona alagadiça (*wetland*) no controle da poluição por metais pesados: O caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA. São Paulo, 2003.

328p.

Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.

1. Zonas alagadiças – Wetland 2. Remediação – Recuperação 3. Contaminação – Chumbo I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo. II. t

PARA MEUS
ANTEPASSADOS
SANTAMARENSES E
MINHA FAMÍLIA.

AGRADECIMENTOS

Venho expressar os meus agradecimentos e gratidão pela ajuda e incentivo que recebi das seguintes pessoas e instituições:

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela concessão da bolsa de estudo, imprescindível para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Luis Enrique Sánchez pela oportunidade de conhecer a essência da pesquisa científica e sua competência servir de exemplo.

Ao Prof. Dr. Sérgio Médici de Eston pelo auxílio e atenção no desenvolvimento da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Helmut Born (*in memory*) pelo carinho e eterna disponibilidade em toda a minha instada no Departamento de Engenharia de Minas

A Prof. Maria Eugenia pela confiança em poder dividir a pesquisa, mesmo inacabada, e excelentes sugestões quando da qualificação da pesquisa.

A amiga Sandra Gabas pela oportunidade de termos trabalhos juntos e nela descobrir um ser humano maravilhoso.

Ao geólogo Marcelo Filipov, ajuda inestimável no final da pesquisa e que jamais esquecerei.

Ao CEPED, especialmente ao Químico Marco Bandeira pelo seu auxílio imensurável quando da realização das análises químicas.

Aos colegas do Departamento de Geoquímica e Geologia da Universidade Federal da Bahia, em especial ao Prof. Dr. Lucedino da Paixão Pereira pelo auxílio no desenvolvimento da pesquisa e a Profa. Maria da Gloria da Silva pela revisão final da tese.

Ao Instituto de Química da UFBA pelo apoio quando da realização das análises química.

Aos amigos da CETESB, geólogos Álvaro Gutierrez Lopes e Elton Gloeten, pelo auxílio inestimável desde o início das pesquisas contribuindo com todas informações disponíveis.

Ao amigo e colega, o geofísico Wagner Aquino, por ter-me recebido em sua casa e, pelas discussões que fundamentaram parte da pesquisa.

Aos amigos do IPT pela colaboração sempre que necessitava.

Ao geólogo Ruy Fernandez Lima, Diretor da CBPM, pelo apoio pessoal e institucional desde o início da pesquisa.

A bibliotecária Maria Cristina Martinez Bonesio, pela amizade construída durante a pós-graduação e dignidade com que desenvolve suas atribuições.

A Sra Regina Freitas da Silva chefe da Secretaria da pós-graduação da EPUSP pela presteza e correção em todos os momentos.

Ao amigo José Luis Peixoto Lima, por toda cooperação na elaboração dos serviços gráficos.

Ao amigo Sergio Bacelar pela compreensão e amizade dispensada durante a realização da pesquisa.

A Prof. Virginia Monteiro, guerreira ambientalista santamarense.

Aos amigos de Santo Amaro, em especial ao Sr. Antonio Mario e Guaracy pelo auxílio durante todo os anos da pós-graduação.

A Dada e Marcelo, amigos em todos os momentos.

Aos amigos que conquistei no CRUSP, especialmente Melvina, Luena e Carla pelo convívio, amizade e cumplicidade.

Aos colegas da pós-graduação, em especial ao Guilherme, David, Naelson e Reginaldo, pelo excelente convívio.

A KK por ter acreditado e incentivado esta pesquisa.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para esta pesquisa

RESUMO

Esta pesquisa teve o objetivo de avaliar a eficiência de uma zona alagadiça (*wertland*) que ocorre nas dependências de uma usina situada em Santo Amaro da Purificação, Bahia, como medida de controle da contaminação proveniente de um barramento de escória contaminada por metais pesados.

Inicialmente, foi proposto um levantamento anual com amostragens semanais das águas pluviais e superficiais da zona alagadiça, com o intuito de avaliar a eficiência da zona alagadiça, por meio do levantamento das concentrações dos metais oriundos dos processos de lixiviação e/ou solubilização da escória nos seus pontos de entrada e saída do sistema alagado e, concentrações e potencial disponibilidade dos metais retidos nos sedimentos da zona alagadiça.

Foram selecionados os seguintes parâmetros: para as águas pluviais o pH e o volume da chuva; para as águas superficiais as concentrações dos metais Chumbo (Pb), Cádmio (Cd), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Alumínio (Al), Manganês (Mn), Ferro (Fe), Magnésio (Mg) e Cálcio (Ca) e os parâmetros de suporte pH, Eh, condutividade, Oxigênio Dissolvido (OD) e temperatura. Para o solo e sedimento da zona alagadiça as concentrações dos metais Pb, Cd, Zn e Cu e, determinação por análise por extração seqüencial do total removido pelo sistema nas suas diversas fases e a potencial disponibilidade dos metais pesados.

Todavia, uma modificação da estratégia de pesquisa teve que ser feita em função de uma decisão judicial que determinou o recobrimento da escória e do ponto de entrada da zona alagadiça. Em função do ocorrido, a pesquisa foi dividida em três etapas considerando os levantamentos efetuados antes, durante e depois do recobrimento.

Os dados levantados nos cinco meses antes do recobrimento mostraram que os metais cádmio, chumbo, cobre e zinco estão sendo retidos pela zona alagadiça e, que este sistema foi eficiência de 100% para os metais cobre e zinco, 82% para o chumbo e 73% para o cádmio. Os parâmetros de suporte que influenciam a remoção destes metais foram o pH, entre neutro a alcalino, e Eh, na faixa de oxidação das águas superficiais, além da alta capacidade de troca catiônica da montmorilonita presente no sedimento. Quanto ao potencial de disponibilidade dos metais, cádmio, chumbo e zinco apresentam valores elevados, enquanto o cobre encontra-se preferencialmente concentrado na fase residual.

A segunda etapa do levantamento realizada durante o recobrimento da escória demonstrou que ocorreu pouca migração dos metais da zona alagadiça, embora a empresa não tenha obedecido as normas técnicas para o recobrimento da escória.

Na terceira etapa foi realizado levantamento na saída da zona alagadiça e da drenagem próxima ao rio Subaé. As análises levantadas demonstraram a grande disponibilidade do cádmio no sistema alagado, este mecanismo foi acionado a partir da erosão do solo contaminado disposto sobre a escória e a grande solubilidade do cádmio.

Desta forma pode-se concluir que as zonas alagadiças estão sendo eficientes na retenção dos metais. A redução de sua área é indesejável, pois tende a diminuir sua eficiência, como sistema de controle da poluição das águas superficiais, recomenda-se a construção de nova zona alagadiça a jusante da existem.

ABSTRACT

A lead ore smaller which operated from 1960 to 1993 in Santo Amaro da Purificação, Bahia State, disposed of 490,000 tons of slag in a landfill situated in the industrial site. Earthworks formed a man-made wetland downstream of the slag landfill, which acted as a metal retaining systems, thus preventing further water pollution. This research aimed at investigating the efficiency of this wetland as a water pollution control system.

The research plan scheduled weekly samplings of rainfall, rainwater pH and water runoff in two points corresponding to the input and the output of the wetland for determination of metals concentration (Pb, Cd, Cu, Zn, Al, Mn, Fe, Mg, Ca), as well as water pH, Eh, conductivity, temperature and dissolved oxygen (OD). In addition, soil and sediment in the wetland were sampled and analyzed for Pb, Cd, Zn and Cu by sequential extraction methods.

However, a Court ruling following a lawsuit for environmental damage led to the slag being covered by clayish soil weeks after sampling began. As a consequence, the point where waters entered the wetlands has been covered. Hence, sampling in this point has been discontinued and a new sampling point was established downstream of the wetland, at a point where its waters flow into a river.

Results showed that before cover-up, Pb, Cd, Cu and Zn were being retained in the wetland at rates reaching 100% for Cu and Zn, 82% for Pb and 73% for Cd. After cover-up, Cd was being released into the waters. Sequential extraction showed that only Cu is not available for leaching, since it is mostly concentrated in the insoluble phase. On the other hand, Pb, Cd and Zn are potentially available, thus could re-enter other media if wetland is disturbed.

The wetland acts as an efficient device for retaining metals because of near neutral water pH, oxidizing water Eh, and the existence of montmorillonite clay in the sediments, which features high cationic exchange capacity.

It is concluded that this involuntary wetland has been working, as an efficient system for water pollution control. The reduction in its size, due to the cover-up activities, is undesirable. Hence, a new constructed wetland is proposed downstream of the existing one.

Then, we can end that the wetland of Plumbum this being efficient in the control of the metals, from when interferences anthropogenetic that maximize the capacity of support of this system don't happen.

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
SUMÁRIO	v
LISTA DE QUADROS	ix
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE FOTOS	xviii
LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS	xx
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2 – OBJETIVO	5
CAPÍTULO 3 – MODELO HIPOTÉTICO	7
CAPÍTULO 4 – MATERIAIS E MÉTODOS	10
4.1– Metodologia	12
4.1.1– Pesquisa de campo	14
4.1.1.1– Mapa topográfico	14
4.1.1.2– Levantamento das águas pluviais	14
4.1.1.3– Levantamento das águas superficiais da zona alagadiça	21
4.1.1.4– Levantamento do sedimento da zona alagadiça e solo do entorno	21
4.1.2– Análise de laboratório	24
4.1.2.1– Procedimento analítico para a escória	24
4.1.2.2– Procedimento analítico para águas superficiais	25
4.1.2.3– Procedimento analítico para o sedimento e solo	27
CAPÍTULO 5 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	33

5.1– O que são <i>Wetlands</i> (zonas alagadiças ou úmidas)?	37
5.1.1– <i>Wetlands</i> construídas.....	37
5.1.2– Hidrologia das <i>wetlands</i> naturais ou construídas.....	41
5.1.3–Vegetação das <i>wetlands</i> naturais ou construídas	43
5.1.4– Tipos de <i>wetlands</i> naturais e alteradas.....	45
5.1.5– Principais ciclos biogeoquímicos nas <i>wetlands</i>	48
5.1.6– Eficiência das <i>wetlands</i> construídas.....	52
5.1.7– <i>Wetlands</i> no Brasil	54
5.2– Metais pesados	58
5.2.1– Metais pesados nas águas superficiais e solo.....	63
5.2.1.1– Cádmio (Cd)	64
5.2.1.2– Chumbo (Pb).....	68
5.2.1.3– Cobre (Cu)	73
5.2.1.4– Zinco (Zn).....	75
5.2.2– Elementos de suporte	77
5.3– Metais nos solos	80
5.4– Águas superficiais das <i>wetlands</i> e parâmetros físico-químicos	92
5.5– Análise por extração seqüencial	92
5.5.1– Análises por extração seqüencial no Brasil.....	97
5.6– Remediação de áreas contaminadas	100
5.6.1– Tecnologias de remediação.....	106
5.6.2– Principais tecnologias de remediação aplicadas a metais	117
CAPÍTULO 6 – HISTÓRICO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁREA	126
6.1– Caracterização regional da área de pesquisa	127
6.1.1– Localização	127
6.1.2– Bacia hidrográfica	127
6.1.3– Clima.....	129
6.1.4– Geomorfologia e geologia.....	129
6.1.5– Solo	129
6.1.6– Ações antrópicas	130
6.2– O passivo ambiental da Plumbum	131
6.3– O processo jurídico que envolveu o recobrimento da escória	143

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:

