



APRH

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS
NUCLEO REGIONAL DO SUL

DEBATE
RIO GUADIANA
PASSADO PRESENTE FUTURO

**A IMPORTÂNCIA DA SIMULAÇÃO DOS METAIS PESADOS
NO SISTEMA: RIBEIRA DO MOSTEIRÃO - ALBUFEIRA DO
CHANÇA**

Estela Gonçalves Pereira
João Ribeiro da Costa

A IMPORTÂNCIA DA SIMULAÇÃO DOS METAIS PESADOS NO SISTEMA RIBEIRA DO MOSTEIRÃO-ALBUFEIRA DO CHANÇA

Estela GONÇALVES PEREIRA*

João RIBEIRO da COSTA**

UNL/FCT- Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Quinta da Torre, 2825 Monte da Caparica, Portugal

John D. MAHONY***

Manhattan College, Riverdale, Bronx, New York 10471 USA

Palavras Chave: água, sedimentos, contaminação, metais, modelo matemático

Introdução

A zona da mina de S. Domingos, a ribeira do Mosteirão e a albufeira do Chança (bacia hidrográfica do Guadiana) surgem como caso em estudo do trabalho de doutoramento que visa a análise explicativa da qualidade da água e dos sedimentos nas zonas contaminadas pelo efluente mineiro da mina de S.Domingos e o desenvolvimento de um modelo matemático de simulação dos metais pesados. O modelo matemático permitirá simular a concentração em metais e em sólidos em coluna de água e nos sedimentos para vários cenários hidrológicos associados a uma probabilidade de ocorrência previamente definida. Os resultados das simulações permitirão assim o estudo de medidas minimizadoras dos impactes verificados no meio ambiente.

Neste artigo apresenta-se resumidamente: a localização do caso em estudo; a caracterização geral da zona; o historial do local; a análise explicativa da concentração em cobre (em coluna de água e nos sedimentos); a apresentação do modelo em desenvolvimento; a apresentação das conclusões preliminares e por fim das perspectivas futuras.

* - Estudante de Doutoramento

** - Professor Auxiliar

*** - Professor Catedrático

Localização

Na Figura 1 apresenta-se a sua localização. A Mina de S. Domingos localiza-se no Sudeste de Portugal continental no concelho de Mértola, distrito de Beja. Situa-se na margem esquerda do rio Guadiana mais precisamente na bacia hidrográfica do rio Chança. Dista do rio Guadiana cerca de 14 Km, no sentido Sudoeste e do Oceano Atlântico cerca de 64 Km, no sentido Sul.

Caracterização Geral

Na Figura 2 apresenta-se de forma esquemática a zona em estudo e a localização dos pontos de amostragem, seleccionados tendo em conta não só os objectivos da investigação em curso mas também os meios disponíveis por campanha de campo realizada. Na área em estudo foram definidas quatro zonas principais: a zona da mina de S. Domingos, a ribeira do Mosteirão, o Reservatório 2 e a Albufeira do Chança. A zona da mina situa-se entre a Tapada Pequena e o ponto de amostragem #9, inclusive. A zona estudada da ribeira do Mosteirão abrange cerca de 1000 m para montante da descarga do efluente mineiro e o canal de desvio. O Reservatório 2, situado nesta ribeira, é considerado como um sistema individual, obedecendo a um estudo específico por constituir uma segunda fonte de metais pesados para a albufeira do Chança. A albufeira do Chança existe desde 1985, ano em o governo espanhol terminou a construção da barragem do Chança. Esta barragem situa-se ligeiramente a montante da confluência entre o rio Chança e o rio Guadiana. A zona em estudo inclui a zona inundada, mas em especial, a zona das descargas provenientes do Reservatório 2 e do canal de desvio, e o rio Chança (a montante da zona inundada) como referência de qualidade e de quantidade.

História

A Mina de S. Domingos foi explorada desde o tempo dos Fenícios, Cartagineses e Romanos; foi no entanto entre 1858 e 1965/66, com a Mason&Barry, que a actividade mineira se tornou mais intensa. O processo de tratamento do efluente mineiro conhecido na época era a "evaporação e o represamento" do efluente produzido, tendo sido criado para o efeito um sistema relativamente complexo de reservatórios e canais de transporte entre a Mina, a Fábrica de Enxofre e a confluência entre a Ribeira do Mosteirão e o antigo Rio Chança. A montante de todo este sistema de "tratamento" do efluente foram construídas duas represas de água, para alimentar a exploração das Minas de S. Domingos: a Tapada Grande e a

Tapada Pequena, ver Figura 2, (MASON&BARRY, 1873, 1878, CMM, 1992, Pereira, E.G., et.al.,1993).

Análise Explicativa do Cobre no Sistema

As amostras de coluna de água e dos sedimentos foram recolhidas em quatro campanhas de campo realizadas ao longo de dois anos. Estas amostras foram analisadas pela DGA/SIA, tendo a determinação dos elementos metálicos em coluna de água e nos sedimentos e dos sulfuretos ácidos voláteis (AVS), constituído parte do conjunto de parâmetros físico-químicos determinados. Os resultados laboratoriais foram validados e a sua consistência verificada nos principais pontos de amostragem. Na FIGURA 3 apresentam-se os resultados de pH observados durante as campanhas de campo e nas FIGURAS 4 e 5 os resultados relativos à concentração do cobre em coluna de água e nos sedimentos, respectivamente.

As concentrações em cobre observadas em coluna de água para a albufeira do Chança são inferiores a 0.012 mg/L (critério para a toxicidade crónica para uma dureza de 100 mg/L CaCo₃, segundo a EPA 1992), mesmo para os pontos de amostragem da zona de descarga do efluente mineiro e do Reservatório². Esta ocorrência deve-se sobretudo a processos de diluição e de precipitação dos metais pesados que afluem a este sistema, (Pereira, E.G., et.al., 1993). Na ribeira do Mosteirão a jusante da descarga do efluente da mina, verifica-se uma clara dependência da concentração em cobre dos valores de pH observados, ver FIGURAS 3 e 4. O pH a jusante da descarga do efluente mineiro é função não só do efeito de diluição provocada pelo caudal da ribeira do Mosteirão, mas também das reacções ocorridas entre a coluna de água e os sedimentos contaminados. Na campanha de Fevereiro de 1993 verificou-se que o principal processo físico-químico observado, na zona imediatamente a jusante da descarga, foi a sedimentação dos metais pesados. Em Janeiro de 1994, na mesma zona observou-se que a ressuspensão foi o principal processo físico-químico ocorrido. Como explicação tem-se o facto do caudal na ribeira do Mosteirão, em Fevereiro de 1993 ser cerca de 2.4 vezes superior ao ocorrido em Janeiro de 1994 dando origem a valores de pH (Fev. 1993: #9- 2.9; ponto de balanço de massas- 3.8; #7- 4.9. Jan.94: #9 -2.9; #MB-3.1; #7- 2.87), que determinaram a sedimentação dos metais pesados, (Pereira, E.G., et. al., sub.1994).

Os resultados de cobre nos sedimentos sugerem que a zona mais contaminada, em termos médios, seja a zona de descarga do canal de desvio e da Barragem 2, na albufeira do Chança. Pelos resultados obtidos a ribeira do Mosteirão surge como a terceira zona mais contaminada, depois do Reservatório 2. Tal facto sugere que a ribeira do Mosteirão terá um coeficiente de partição em Cobre nos sedimentos inferior ao da albufeira do Chança e ao do Reservatório 2. De facto, os pontos de amostragem #3, #4 e Delta apresentaram na campanha de campo de Janeiro de 1994, valores do coeficiente de partição do Cobre nos sedimentos estimados superiores numa ordem de grandeza aos valores estimados na ribeira do Mosteirão. Esta ocorrência poderá ser devida à existência de concentrações em AVS (em termos médios) superiores na albufeira do Chança aos verificados para a ribeira do Mosteirão ou/e aos diferentes valores de pH/alcalinidade verificados nestes meios.

Modelo de Simulação de Metais Pesados

i) Importância

Um modelo matemático constitui um conjunto de equações matemáticas que tentam a aproximação à realidade, através da descrição das principais ocorrências identificadas no caso em estudo, sendo assim possível a simulação de um comportamento do sistema real antes que este ocorra na realidade, (Deininger & Orlob, 1973). Uma vez desenvolvido e calibrado um modelo permite simular cenários futuros e testar hipóteses. Neste caso tem particular relevância as hipóteses associadas a uma probabilidade de ocorrência de eventos de precipitação dando origem a diferentes níveis de contaminação (ou não) por metais pesados na coluna de água e nos sedimentos, permitindo o estudo de soluções minimizadoras dos impactes ocorrentes para os diferentes cenários em análise. O destino dos químicos no meio ambiente será assim estimado com antecipação devido ao auxílio do modelo específico em desenvolvimento.

ii) Principais Fases de Desenvolvimento

Na FIGURA 6 apresenta-se esquematicamente os passos necessários à concretização do modelo. Como dados iniciais (input) necessários ao modelo matemático de simulação de substâncias tóxicas, incluem-se os seguintes: 1) dados físicos, como p.e., as profundidades, os volumes e as áreas superficiais em cada troço do caso em estudo; 2) dados químicos, como p.e., as concentrações em metais pesados e em sólidos na coluna de água e nos sedimentos validados; 3) dados hidrológicos, como p.e., os

valores de caudais e precipitações médias e os correspondentes a eventos e a probabilidade de ocorrência associada. Com os dados resultantes das simulações (output) incluem-se relativamente à coluna de água e aos sedimentos as concentrações em químico (total, dissolvida e particulada) e em sólidos.

O modelo é desenvolvido com base num programa específico, o WASTOX - Water Analysis Simulation of Toxic Chemicals, desenvolvido em Manhattan College. A escolha do programa foi feita em função das variáveis de estado que se pretendem simular e das suas principais características. Este programa permite a modelação matemática de qualquer substância química em coluna de água e/ou nos sedimentos e em qualquer tipo de meio aquático: ribeira/rio, lago, estuário. Permite tanto relativamente aos caudais, às cargas de poluentes como em termos de dados resultantes uma situação variável no tempo. Considera um só químico de cada vez, podendo no entanto incluir 1 a 3 tipos de sólidos, se necessário. Na simulação, o meio aquático pode ser representado por uma dimensão, duas ou três, (Connolly, J. P. & Winfield, R.P., 1991).

A calibração é a primeira fase de teste do modelo matemático consistindo na sua afinação utilizando para tal um conjunto de dados de campo que preferencialmente não foram usados na sua construção original, (Thomann&Mueller, 1987). A calibração teve início depois de terem sido validados os resultados das análises físico-químicas e a sua consistência verificada. Tendo em atenção o número reduzido de campanhas de campo realizadas optou-se, depois de uma primeira fase de teste, por calibrar a partir dos resultados médios de contaminação dos sedimentos, calculando-se a carga média de um determinado químico necessária para dar origem à contaminação média observada. Contudo, o facto dos coeficientes de partição dos químicos serem diferentes entre a coluna de água e os sedimentos impediu que a calibração fosse concluída. Com o objectivo de solucionar este facto, decidiu-se a alteração do programa WASTOX de forma a contemplar este tipo de situações.

Conclusões Preliminares e Perspectivas Futuras

A zona em estudo está contaminada por metais pesados. A existência de sulfuretos nos sedimentos pode evitar que estes se voltem a biodisponibilizar, em particular na albufeira do Chança. A análise explicativa dos resultados laboratoriais depende neste caso da existência de um conjunto de análises de coluna de água e de sedimentos e dos

valores de caudais associados. A modelação dos metais pesados em coluna de água e em sedimentos surge como ferramenta fundamental na investigação em curso, actuando não só ao nível da interpretação integrada do sistema mas também na na definição futura de medidas minimizadoras dos impactes em coluna de água e em sedimentos causados pelos metais pesados com origem na mina de S.Domingos.

O trabalho prossegue com a adaptação do programa WASTOX à situação de coeficientes de partição diferentes entre a coluna de água e os sedimentos e sua calibração para o cobre, o zinco e o chumbo. Uma vez calibrado o modelo será utilizado na definição de medidas minimizadoras dos impactes existentes e futuros.

Referências Bibliográficas

Câmara Municipal de Mértola (1992) - Plano Geral de Urbanização Mina de S.Domingos*Pomarão.

Connolly, J. P., Winfield, R.P., (1991). WASTOX, A Framework for Modeling the Fate of Toxic Chemicals in Aquatic Environments. Part I: Exposure Concentration.

Deininger, Orlob (Agosto 1973). Models for Environmental Pollution Control. Michigan..

Mason & Barry (1873). Portugal - Notice sur la mine de pyrite cuivreuse de S.Domingos. *Lallemant Freres*, Typ. Lisbonne, 31pp.

Mason & Barry (1878). Portugal - Notice sur la mine de pyrite cuivreuse de S.Domingos. *Lallemant Freres*, Typ. Lisbonne, 35pp.

Pereira, E.G., Moura, F., Moura, I., Costa J.R., and Mahony, J.D. (1993). Mina de S.Domingos: Contaminação por Metais Pesados na ALbufeira do Chança pela Descarga de uma Antiga Mina de Pirites de Ferro Cupríferas I. Análise Preliminar da Qualidade da Água. *GAIA*, nº7, pp18-27.

Pereira, E.G., Moura, I., Costa J.R., Mahony, J.D., Thomann, R.V., (submetido 1994). The S. Domingos Mine: A Study of Heavy Metal Contamination in the Water Column and Sediments of the Chança river basin by Discharge from an Ancient Cupriferous Pyrite Mine (Portugal). *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*.

Rodrigues, R. & Cunha, A. (April 1992) - Vinte e Cinco Anos de Solidão, Grande Reportagem, 60-71 pp..

Snoeyink, V.L. and Jenkins D. (1980). Water Chemistry. *John Wiley & Sons*, New York, 463 pp.

Thomann, R.V. and Mueller J.A. (1987). Principles of Surface Water Quality Modeling and Control, *Harper&Row Publishers, Inc.*, New York, 644pp.

Agradecimentos

A autores agradecem: a Manhattan College, especialmente ao Prof. Doutor Robert V. Thomann, o apoio e a orientação concedida durante os estágios realizados nessa universidade; à Eng^a Isabel Moura da DGA, pelo apoio dado, nomeadamente a realização das principais análises laboratoriais necessárias e à JNICT-Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica, Programa Ciência e PRAXIS, pelas bolsas de Doutoramento concedidas. Os autores agradecem ainda às seguintes instituições que financiaram de alguma forma o Projecto I/D "Análise e Modelação da Qualidade da Água: Oxigénio e Substâncias Tóxicas":

- FLAD - Fundação Luso-Americana para o Desenvolvimento;
- JNICT - Junta Nacional de Investigação Científica;
- DGA - Direcção Geral do Ambiente.

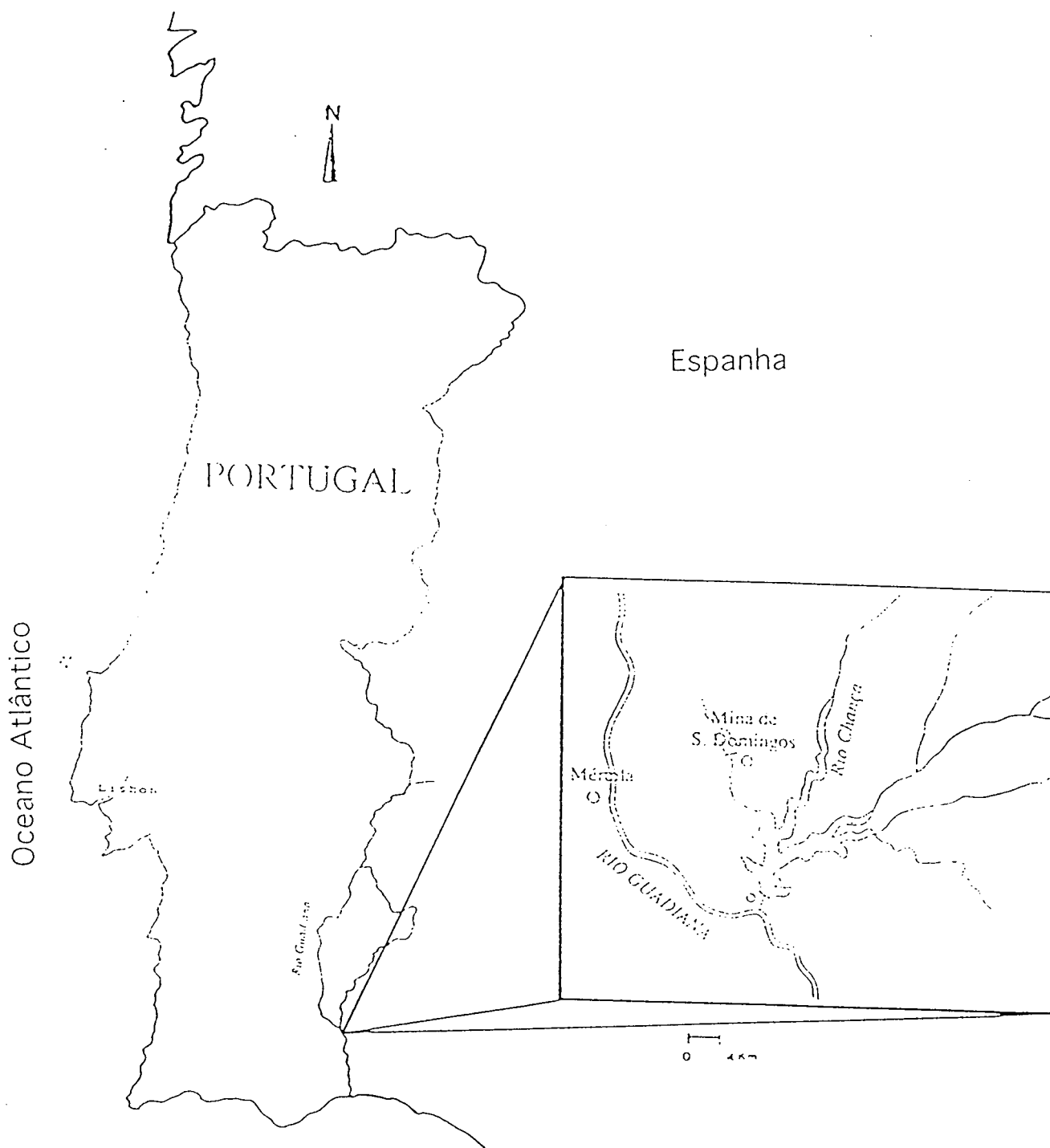


FIGURA 1 - Localização do Caso em Estudo

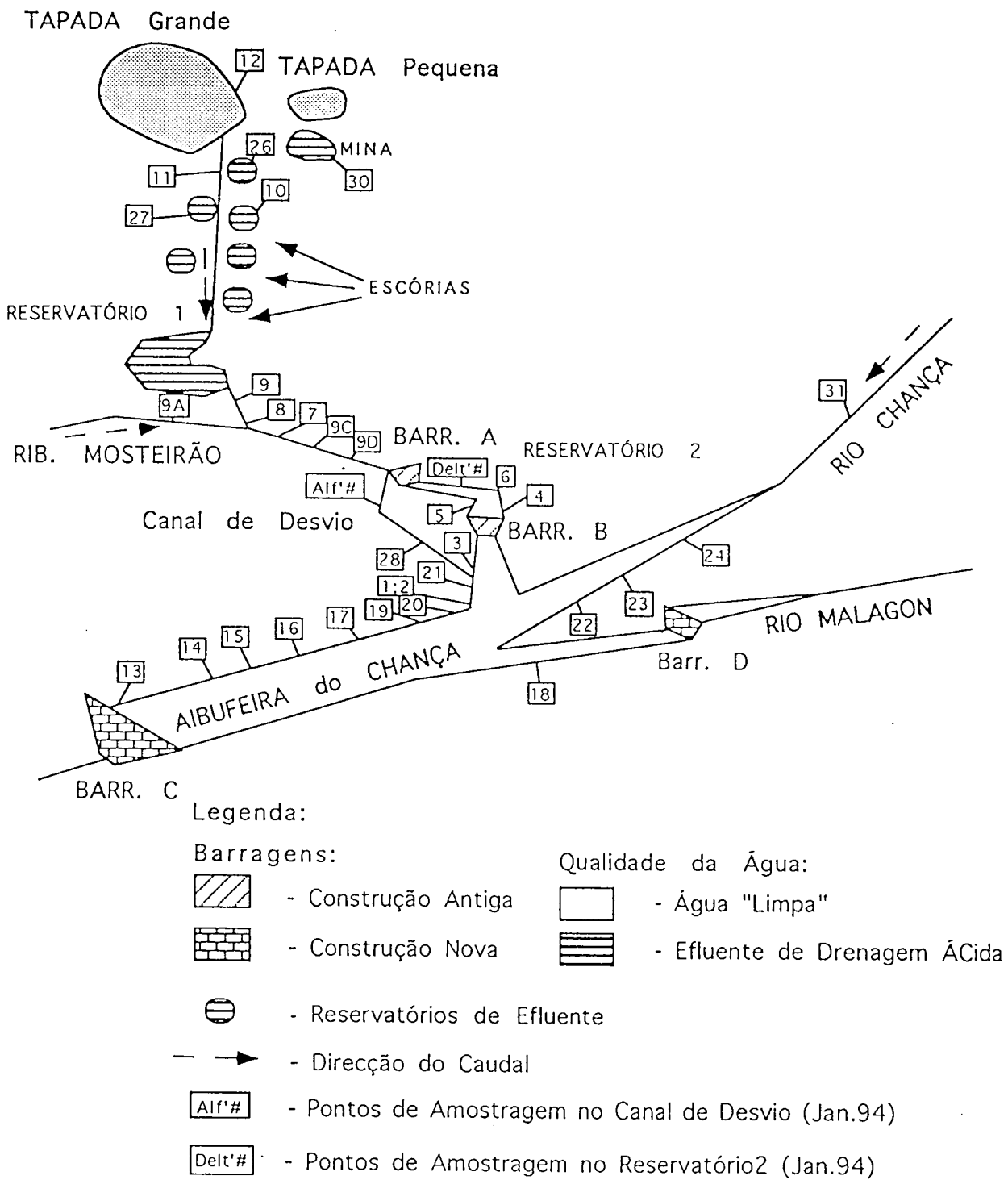


FIGURA 2 - Esquema do Caso em Estudo e Pontos de Amostragem

Zona da Mina - Ribeira do Mosteirão - Reservatório2 - Albufeira do Chança

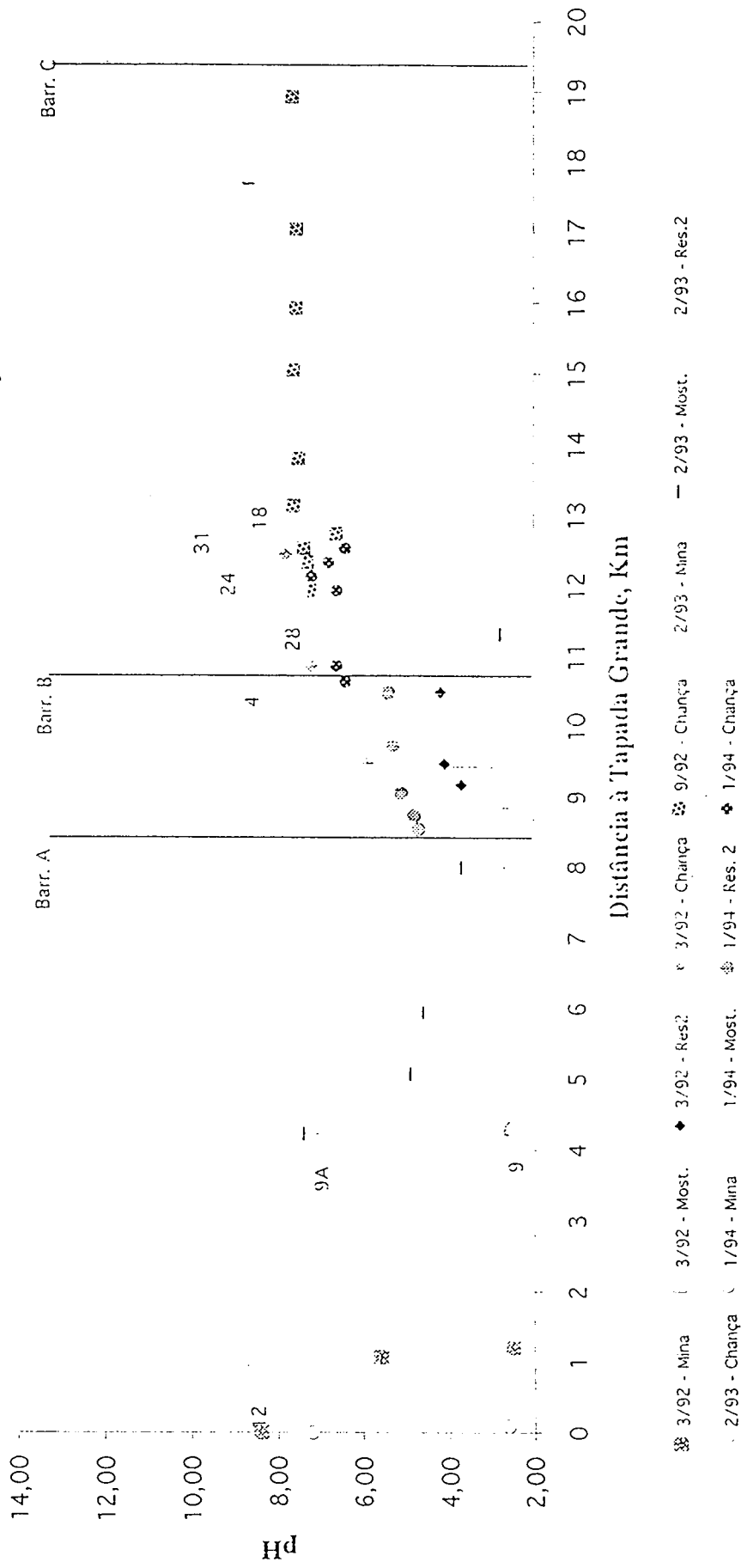


FIGURA 3 - Valores de pH em coluna de água

Zona da Mina - Ribeira do Mosteirão - Reservatório2 - Albufeira do Chança

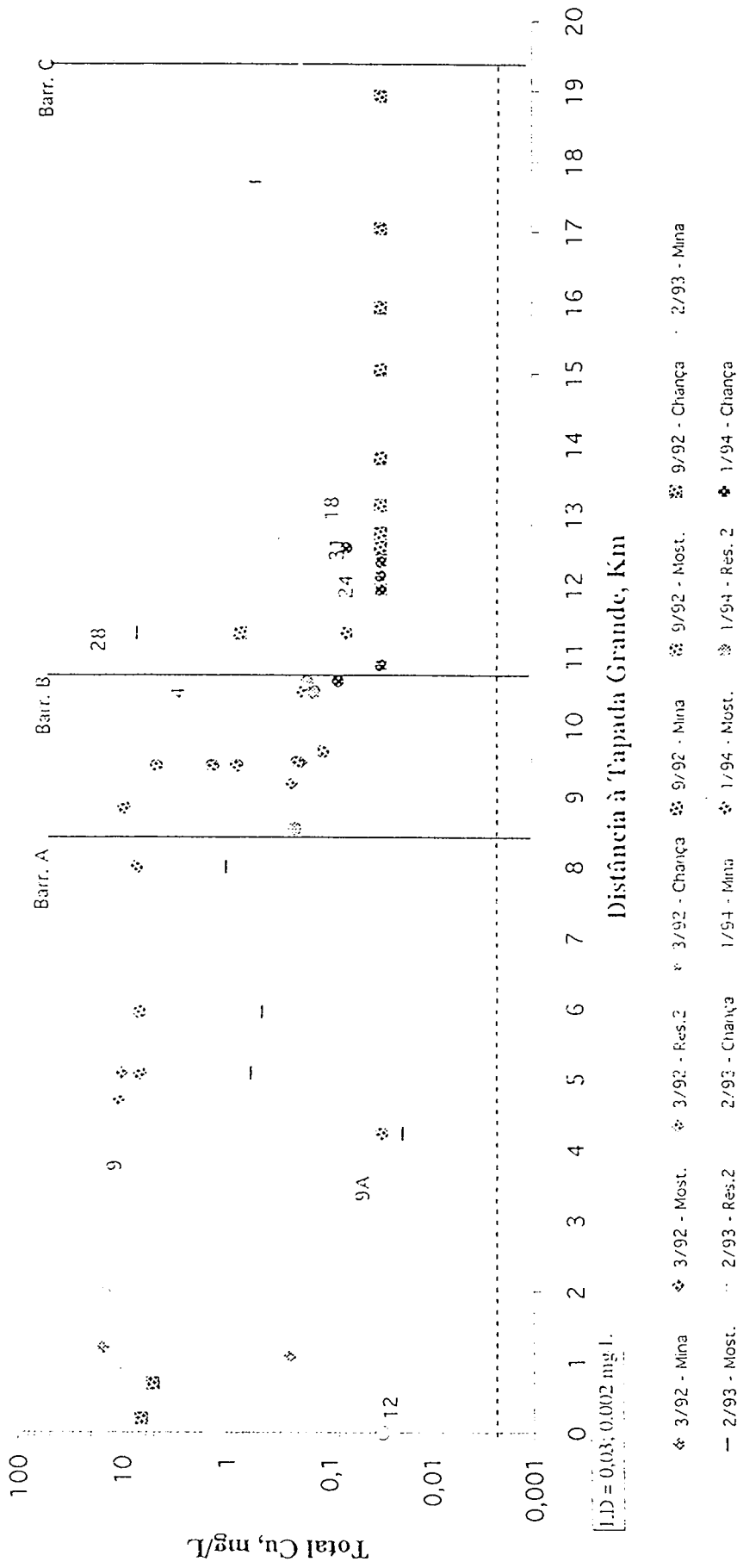


FIGURA 4 - Concentrações em cobre na coluna de água

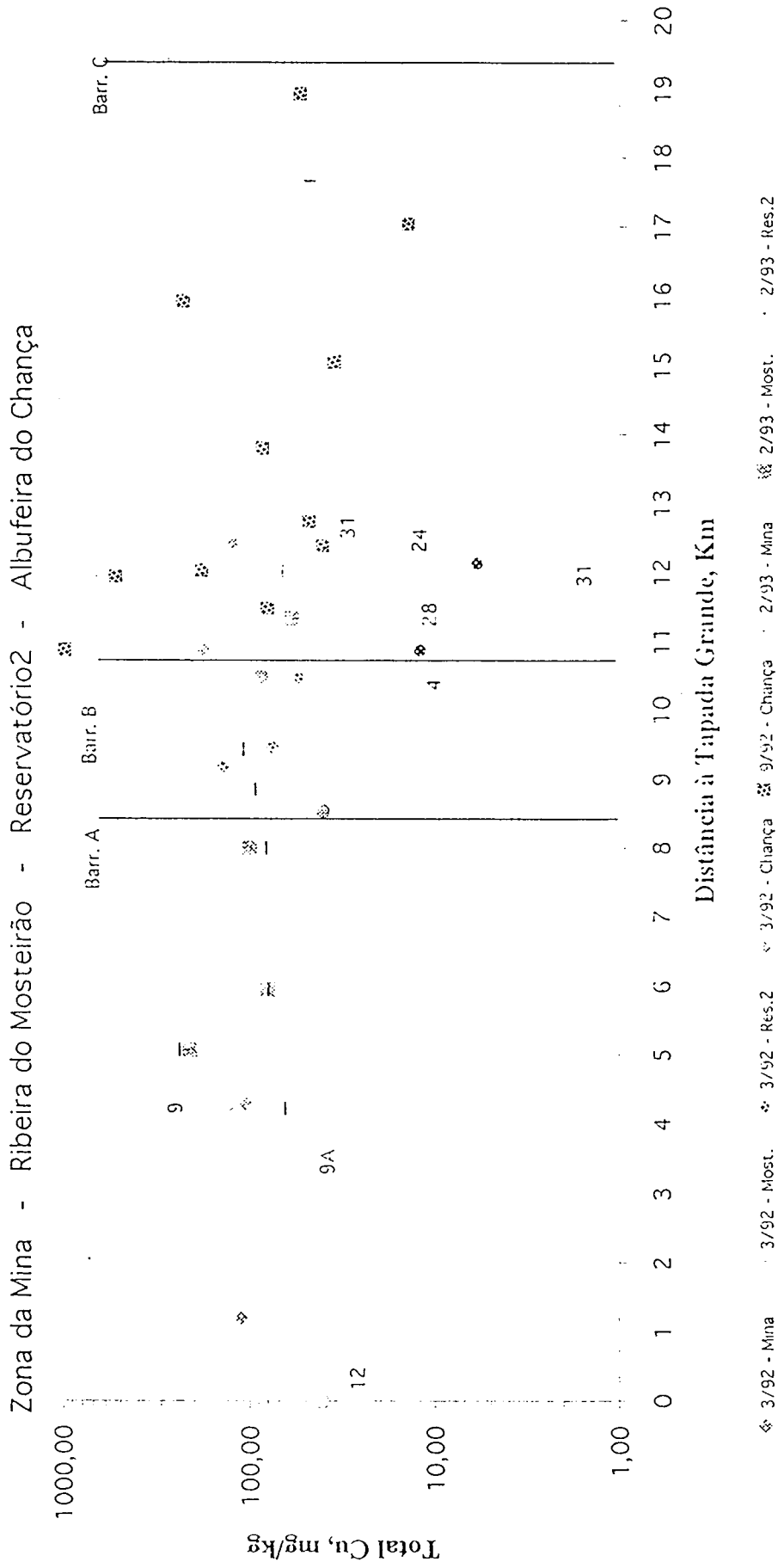


FIGURA 5 - Concentrações em cobre nos sedimentos

A importância da simulação dos metais pesados

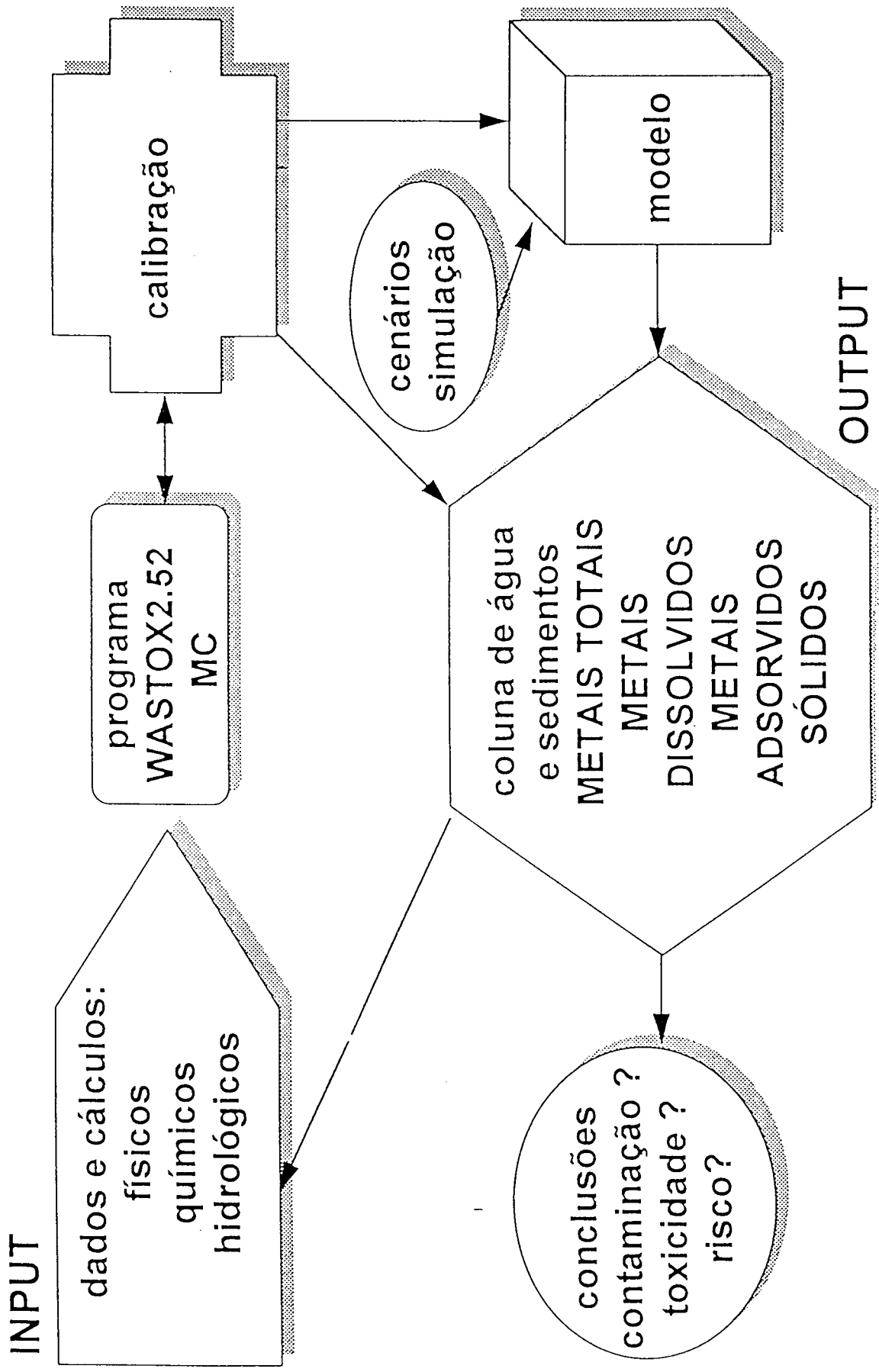


FIGURA 6 - Esquema das principais fases do desenvolvimento de um modelo matemático de substâncias tóxicas