



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP**  
**“Julio de Mesquita Filho”**  
**Campus de Rio Claro**

**III Workshop de Ecotoxicologia**

## **Detecção da Contaminação das Águas Subterrâneas**

**Mesa Redonda: “Detecção, avaliação e tratamento de contaminação de recursos hídricos”**



---

**Prof. Dr. Antonio Celso de Oliveira Braga**  
**acobraga@rc.unesp.br**

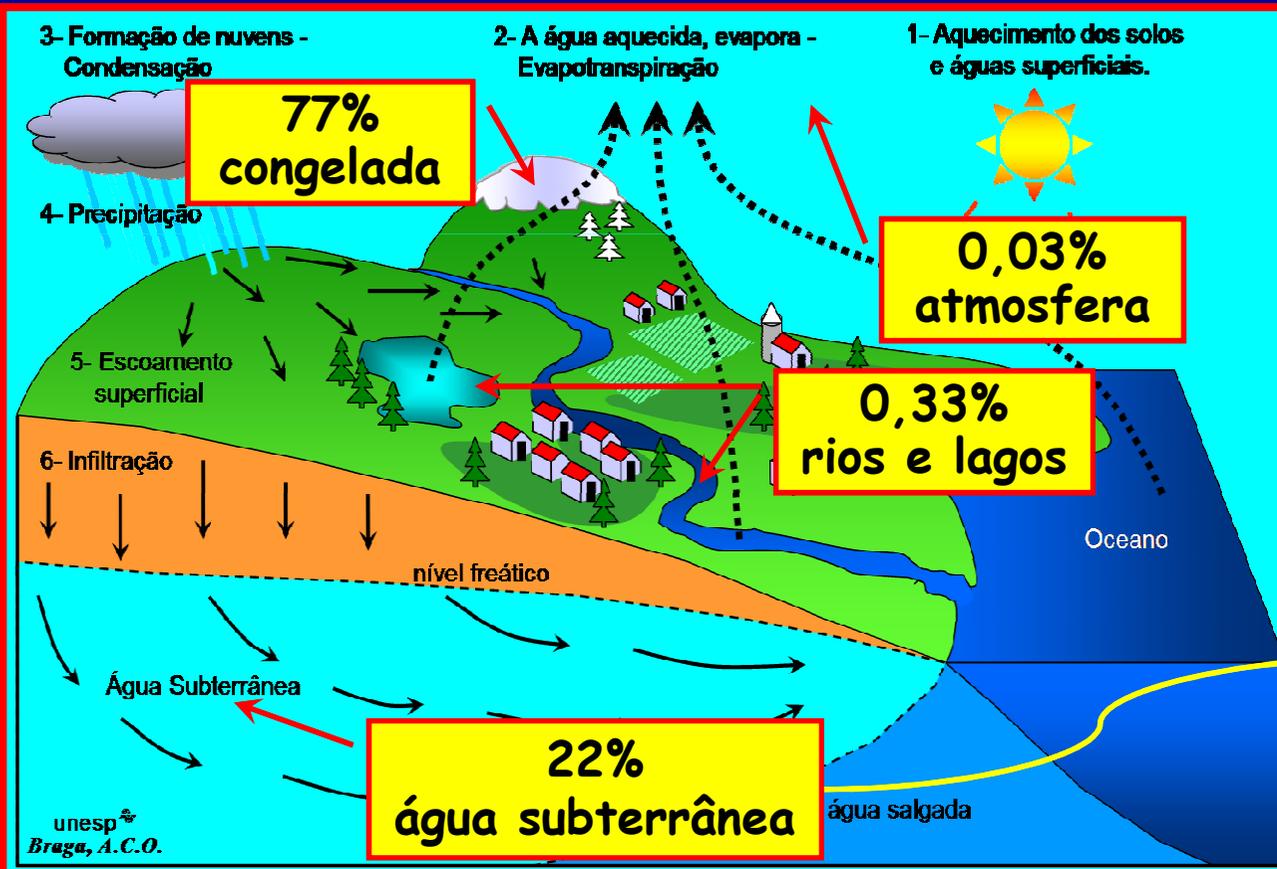
**Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE**  
**Departamento de Geologia Aplicada - DGA**  
**dga@rc.unesp.br**

# Importância das Águas Subterrâneas no Ciclo Hidrológico

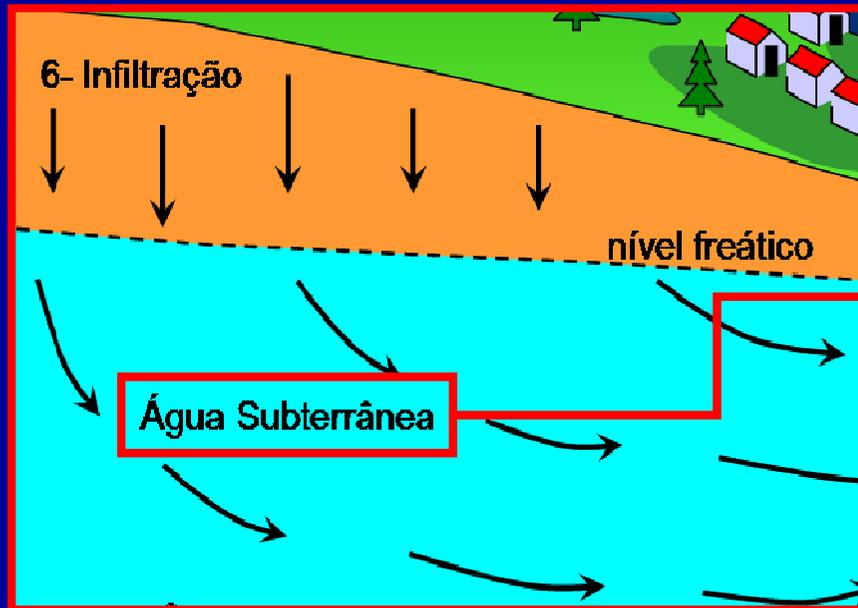


97% - Água Salgada

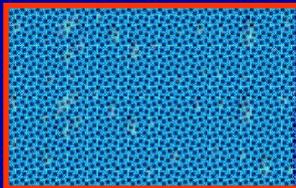
3% - Água Doce



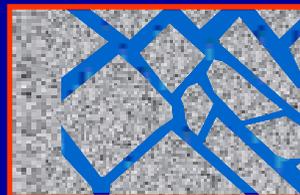
*Reservas Estratégicas*



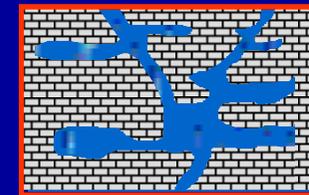
**Aquíferos:**  
camadas geológicas que armazenam água e permitem sua circulação



sedimentos e rochas sedimentares com porosidade granular



maciços rochosos com porosidade de fraturas

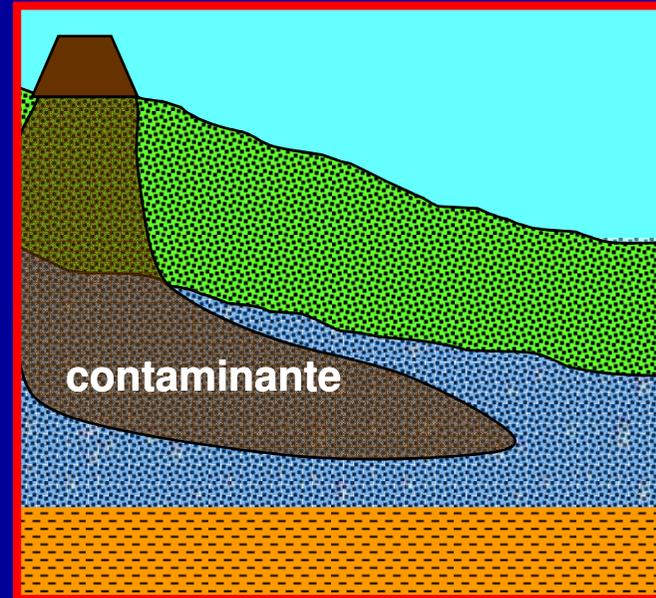


rochas sedimentares com porosidade cárstica



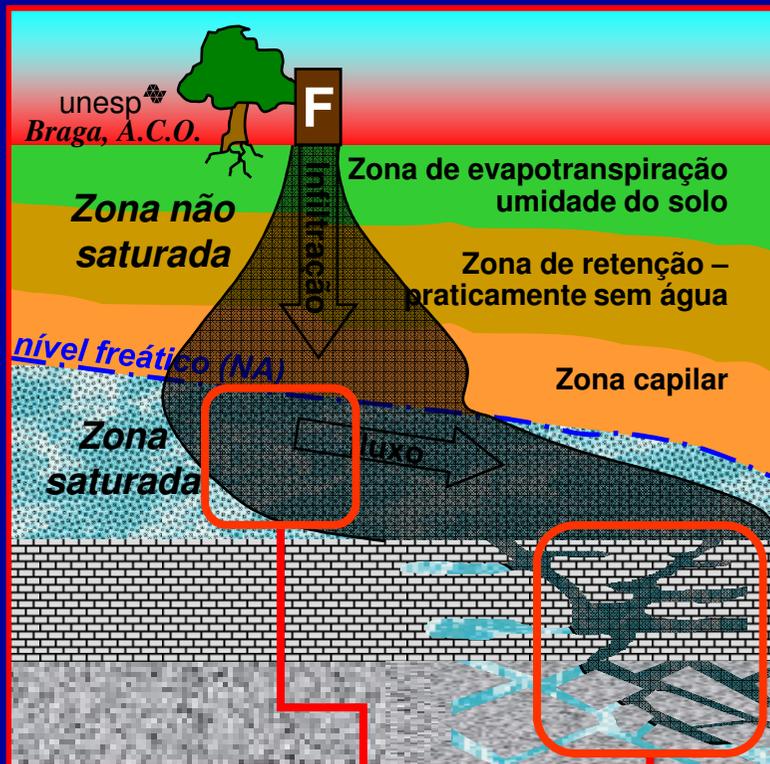
## ✓ Águas Superficiais

- Visível ⇒ medidas punitivas mais fáceis;
- Boa capacidade de **recuperação**;
- Fácil **dispersão** - velocidade alta de escoamento.



## ✓ Águas Subterrâneas

- Não visível ⇒ medidas punitivas mais difíceis;
- Capacidade de **recuperação** ruim;
- Difícil **dispersão** - velocidade baixa de escoamento.



- ✓ persistente e sua recuperação, normalmente, muito lenta e difícil;
- ✓ com elevado dispêndio de recursos financeiros e humanos para sua remediação, o que de modo geral poderá ser atingido ao final de vários anos.

A velocidade de contaminação depende do tipo de aquífero:

aquíferos granulares:  
baixas velocidades de  
circulação.

aquíferos cársticos ou  
fraturados: altas  
velocidades de circulação.

## 1- Urbana e Doméstica

Depósitos de rejeitos sanitários e lixo;  
Vazamentos de esgotos e fossas sépticas;  
Cemitérios.

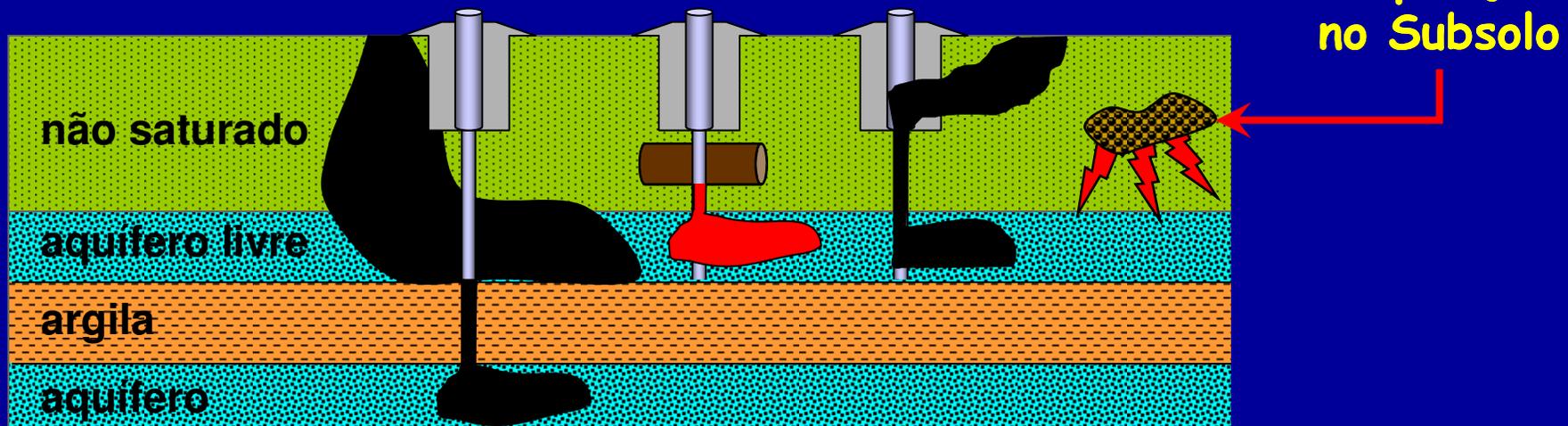
## 2- Agrícola

Depósitos de combustíveis e pesticidas;  
Criação de animais;  
Aplicação de adubos e agrotóxicos.

## 3- Industrial

Depósitos de resíduos tóxicos;  
Vazamentos de tubos e tanques enterrados;  
*Vazamentos de tanques em postos de combustíveis.*

## 4- Poços Inadequados



## Depende:

✓ das características, quantidade e forma de lançamento do contaminante no solo

Quanto maior a persistência ou menor capacidade de degradação e maior sua mobilidade no meio *solo/água subterrânea*, maior o potencial.

✓ da vulnerabilidade intrínseca do aquífero

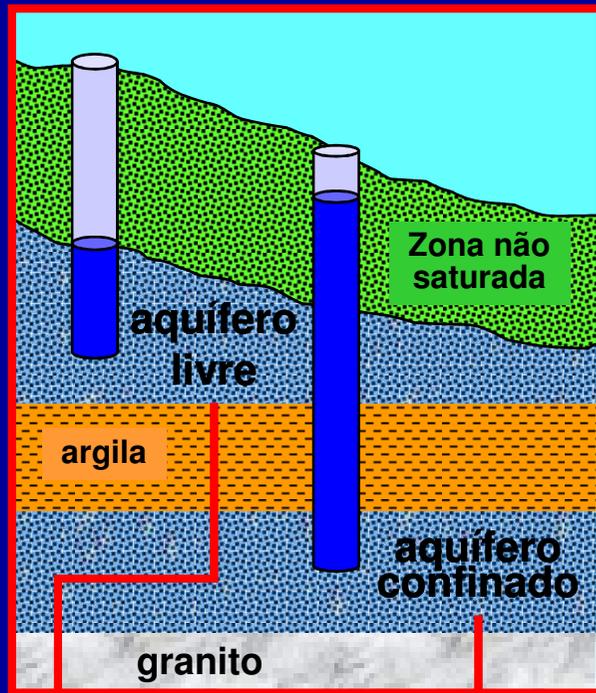
Conjunto de características que determinam o quanto ele poderá ser afetado pela carga de contaminantes.

Pode-se destacar como documentação básica inicial:

(1) Caracterização da Geologia; e,

(2) Caracterização da Hidrogeologia.

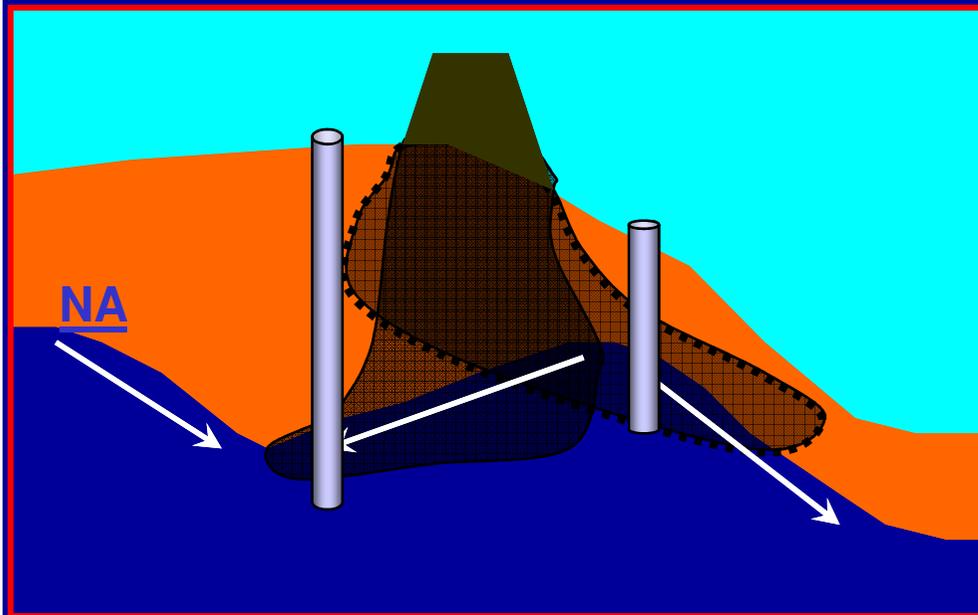
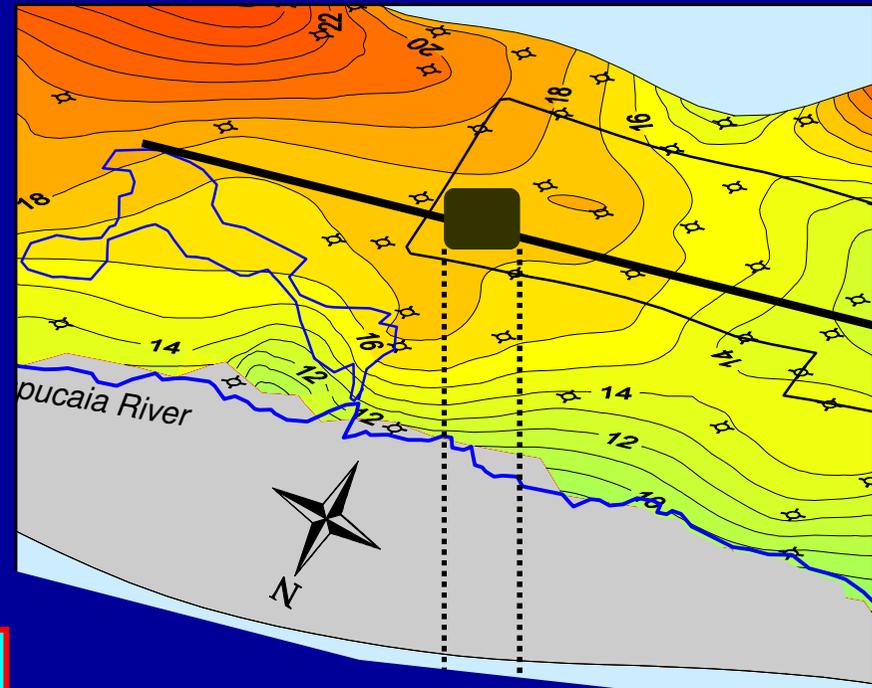
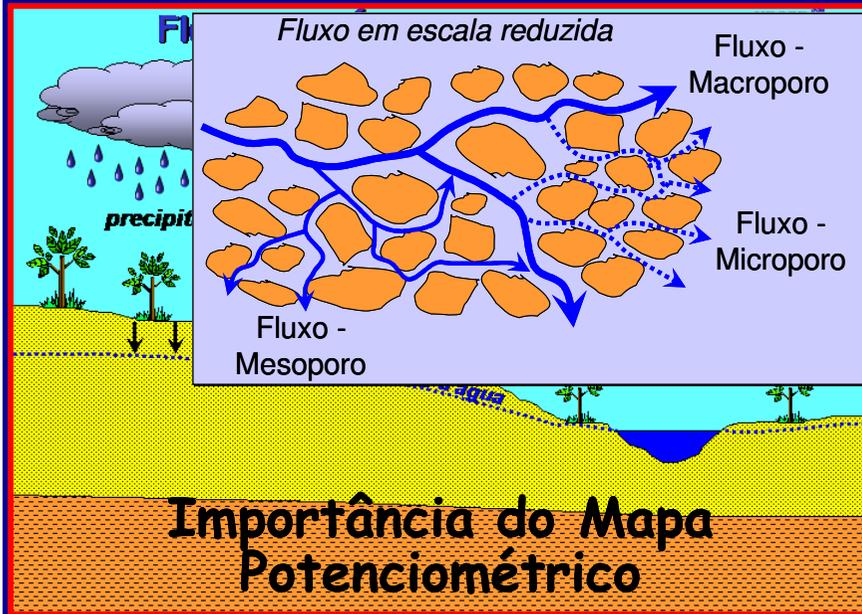
A partir desses dados, têm-se uma base para *identificar e delimitar eventuais plumas de contaminação*, tanto na zona não saturada como na zona saturada.



menos protegidos

mais protegidos

- litologia e espessura das camadas geológicas;
- estado de alteração e/ou fraturamento;
- porosidade;
- condutividade hidráulica;
- tipo de aquífero;
- profundidade do nível d'água; etc.



## Avaliação preliminar

→ - levantamento de dados sobre o meio físico.

## Investigação confirmatória

→ - amostragem de solos e/ou águas subterrâneas → análises físico-químicas dessas amostras.

## Investigação detalhada

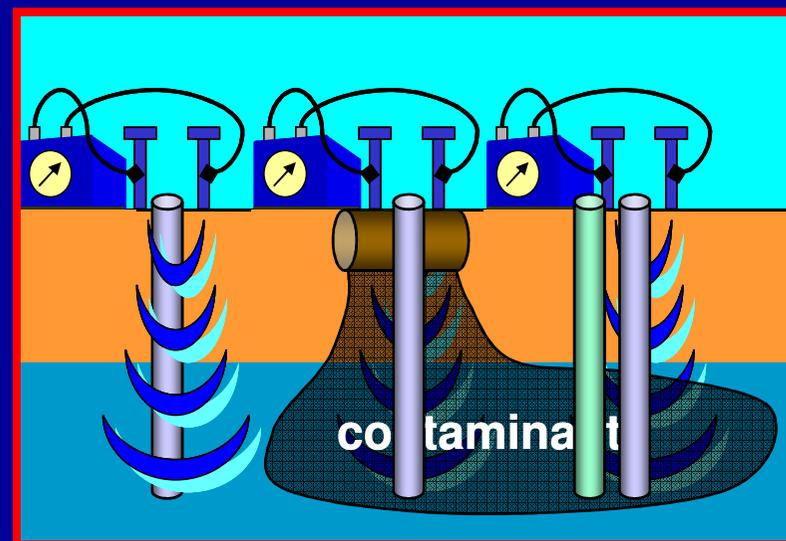
→ - caracterizar, delimitar e estimar as taxas de propagação das plumas de contaminação.

### Técnicas de Investigação Utilizadas:

✓ Investigações Diretas - furos de sondagem → *caracterização da geologia e hidrogeologia local, coletas e análises físico-químicas das águas, etc.; e,*

✓ Investigações Indiretas - **Geofísica Aplicada** →

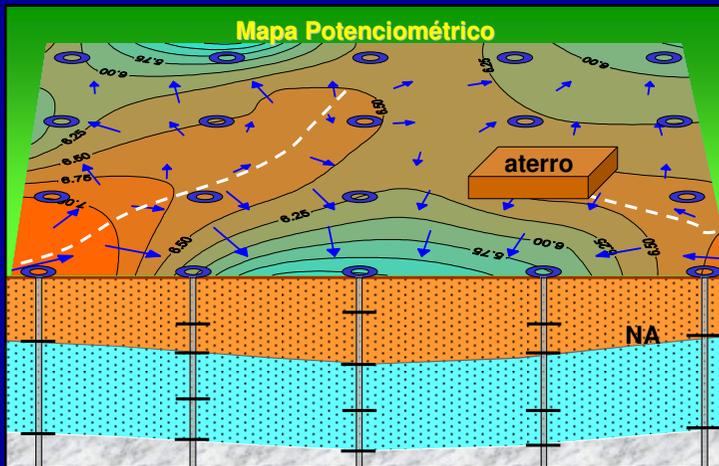
não invasivas, não interferindo fisicamente com o meio geológico.



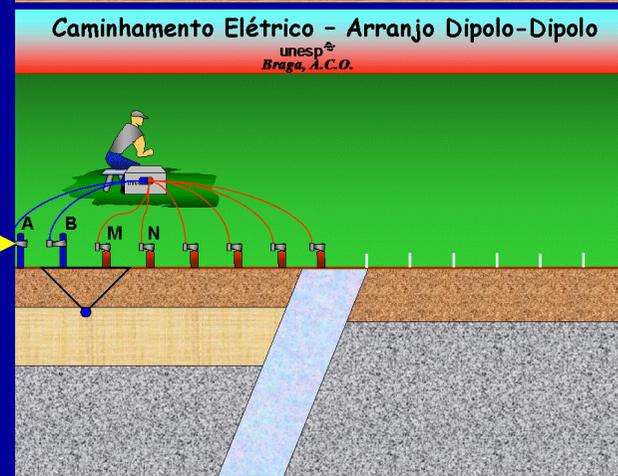
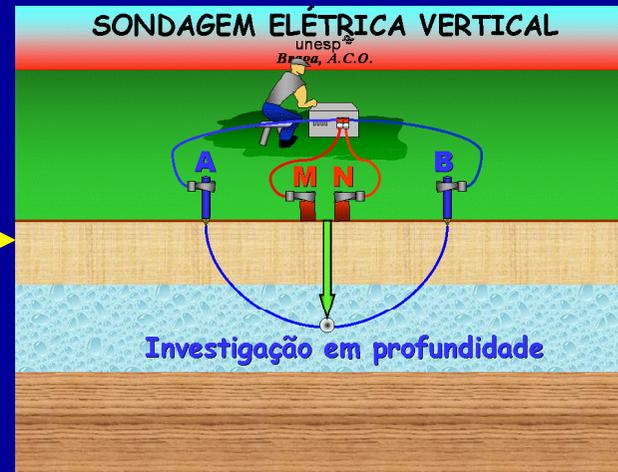
# Detecção da Contaminação das Águas Subterrâneas

## Técnicas de Investigações Geofísicas:

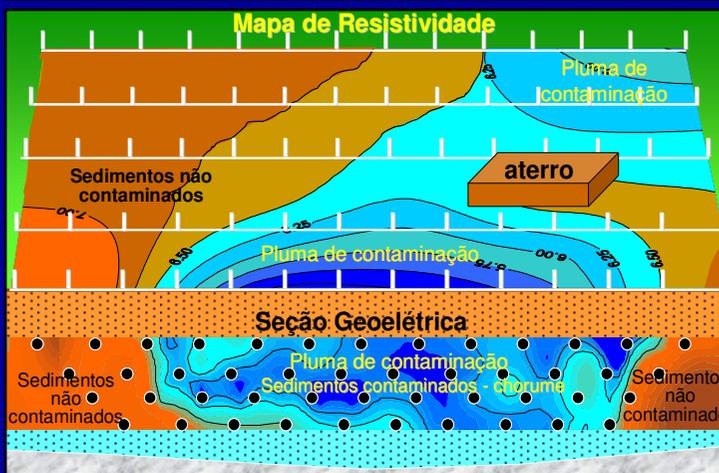
Excelente relação *custo/benefício*, quando comparadas com os furos de sondagens ⇒ melhor programados em função dos resultados da geofísica.



1D

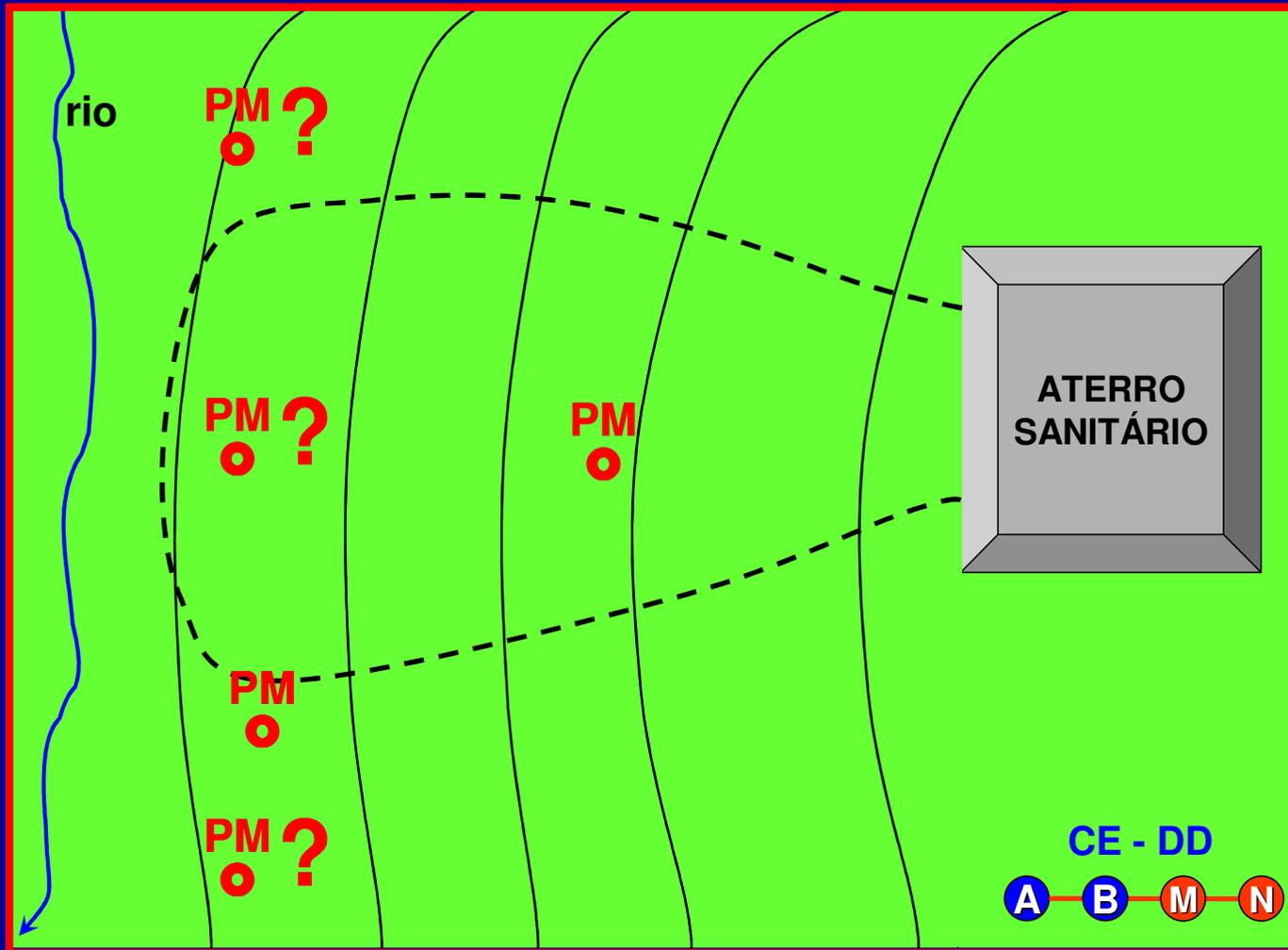


Resistividade

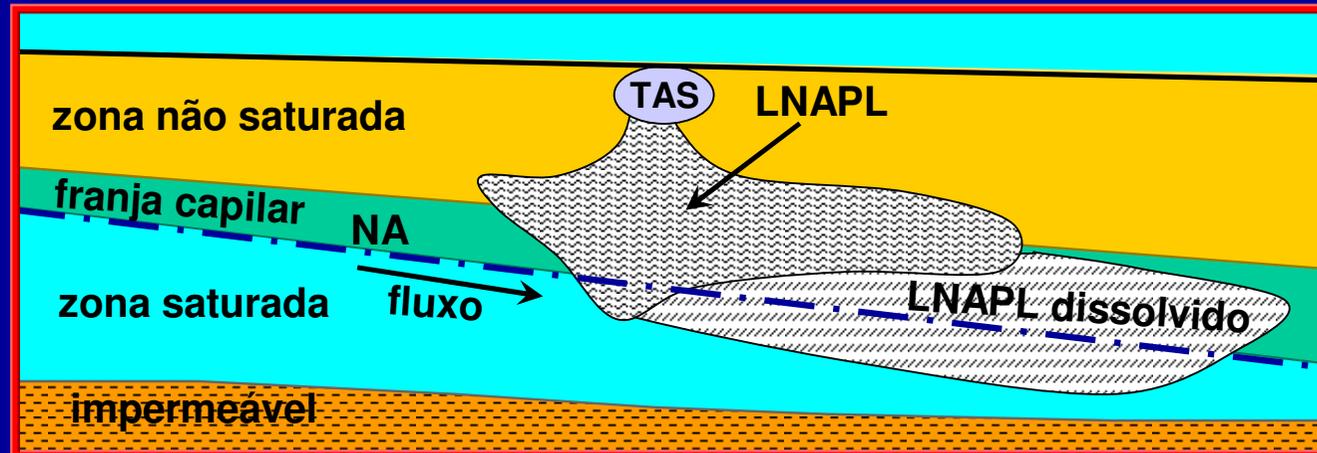


2D  
e 3D

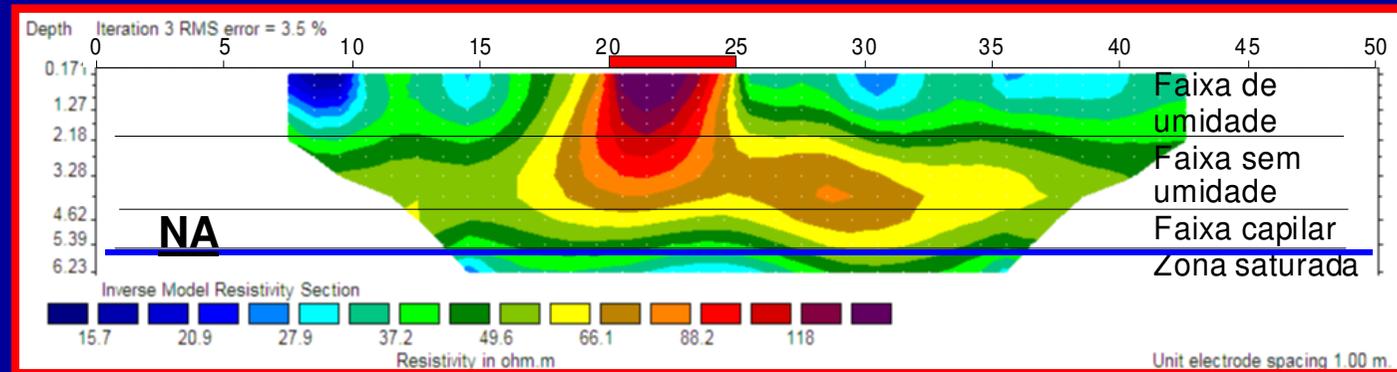
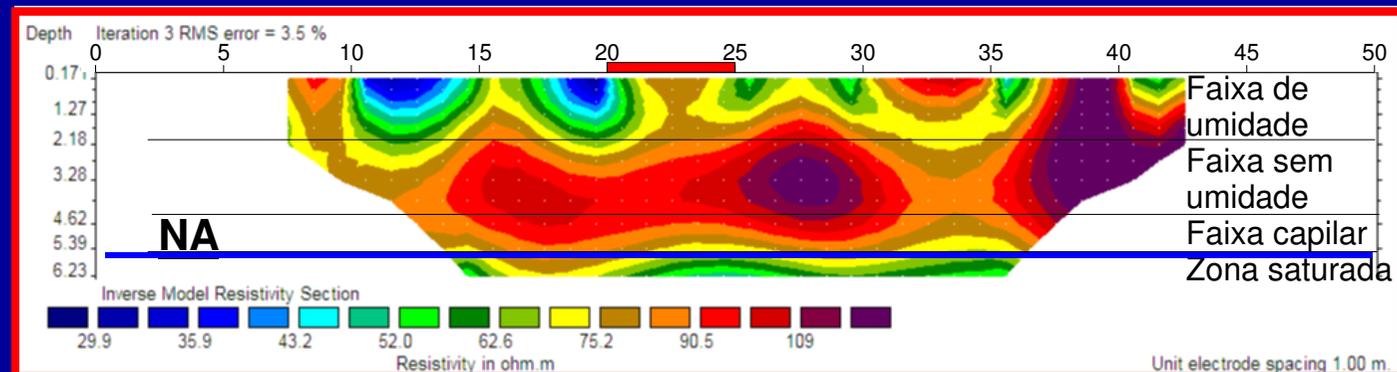
# Localção Adequada de Poços de Monitoramento



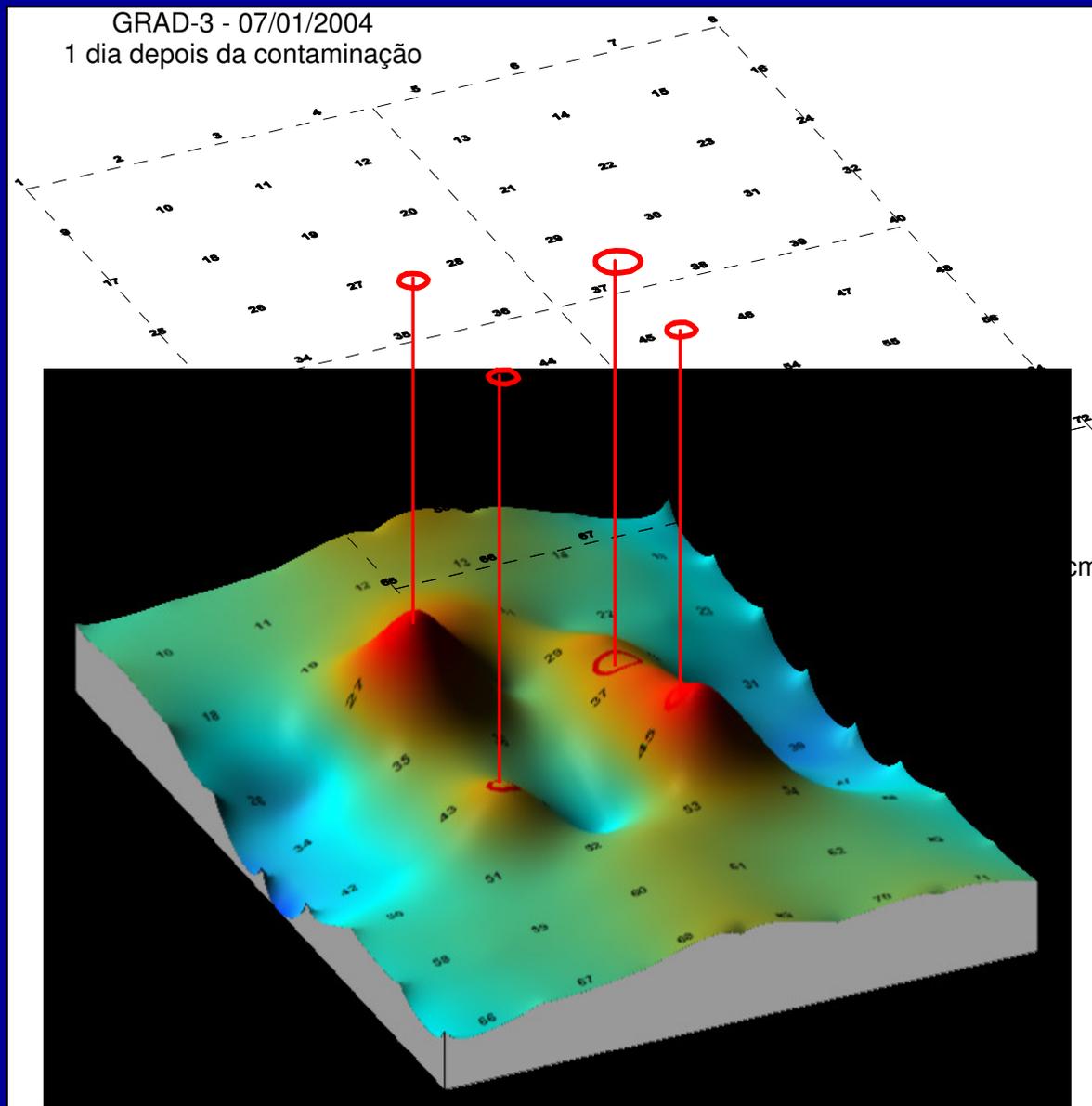
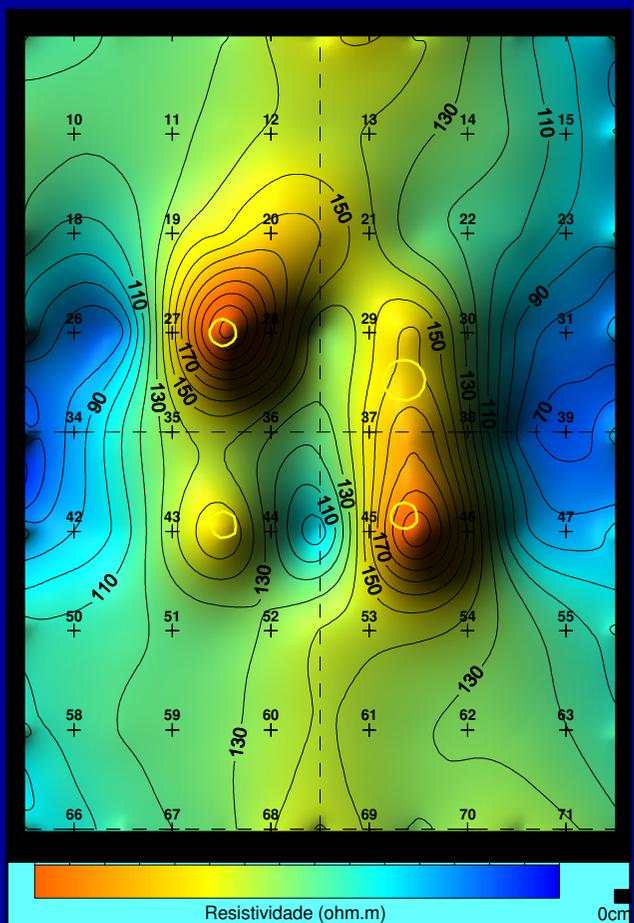
Estudo em  
laboratório -  
Modelo Reduzido



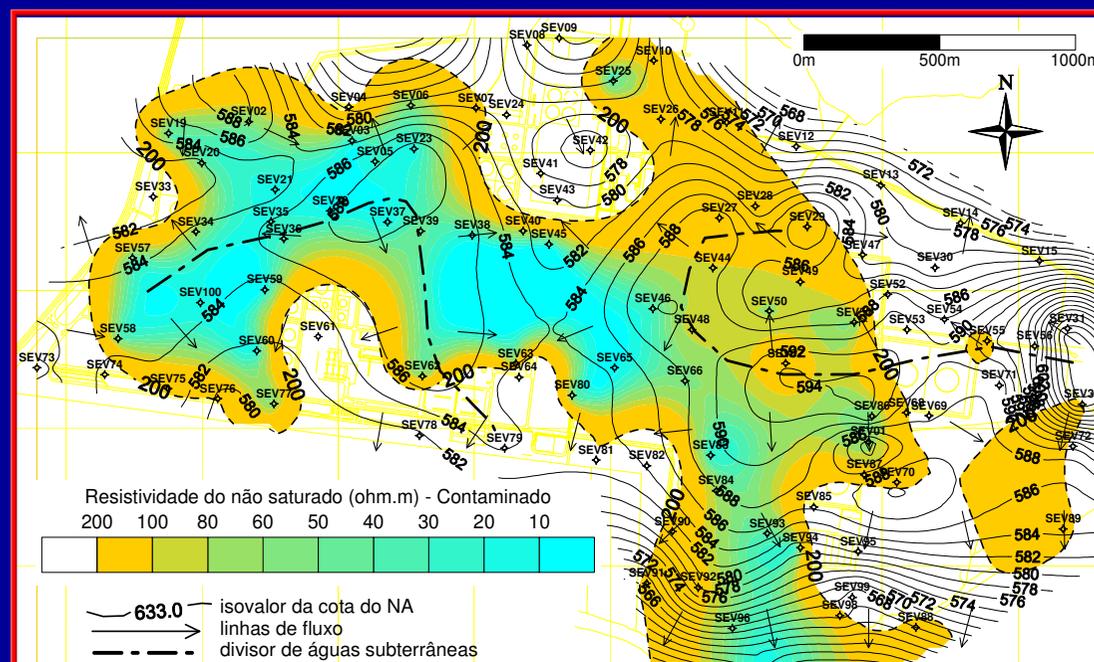
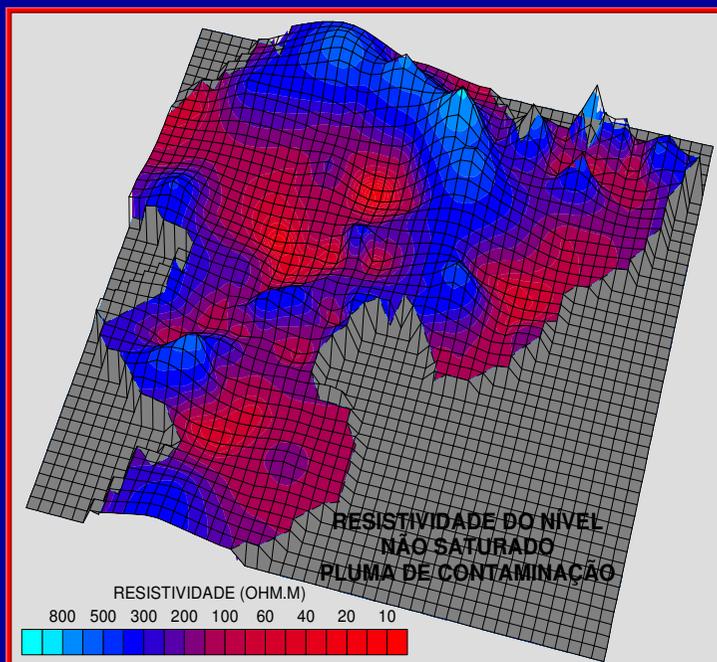
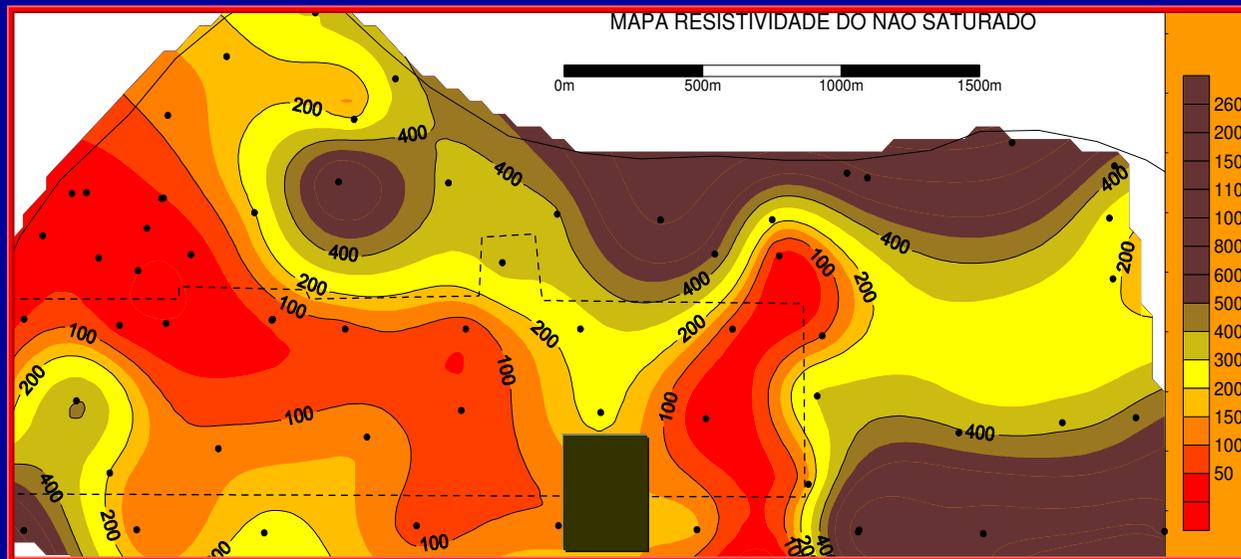
Levantamento  
2D -  
Resistividade



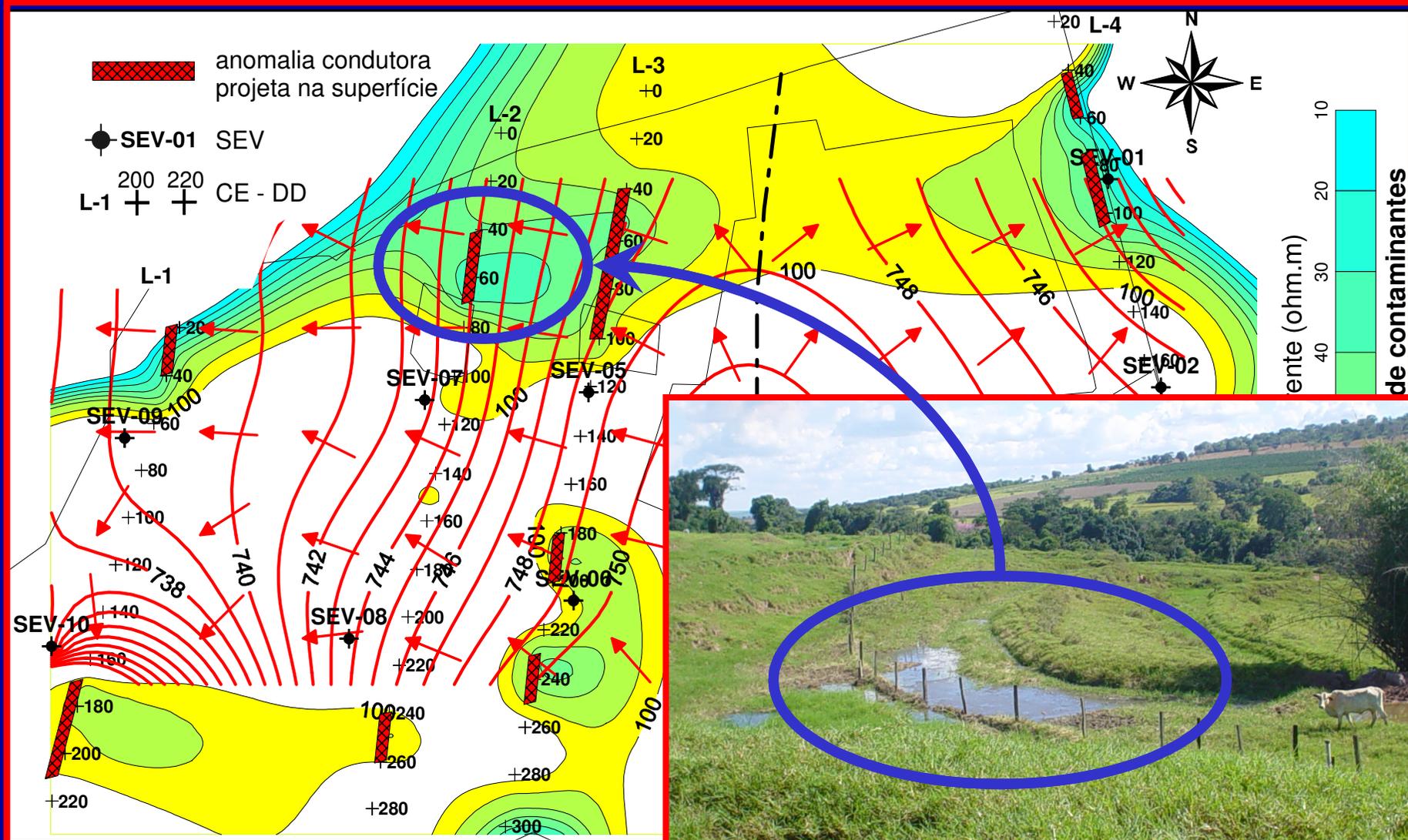
## Estudo em laboratório - Modelo Reduzido



## Áreas de Armazenamento de Combustíveis

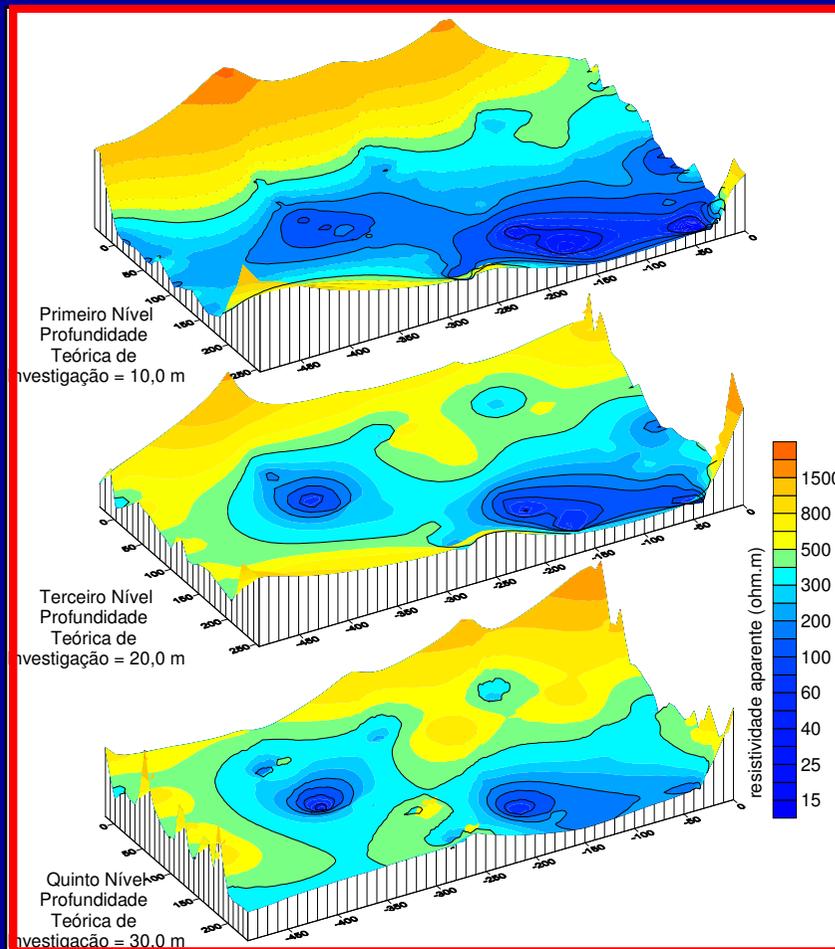
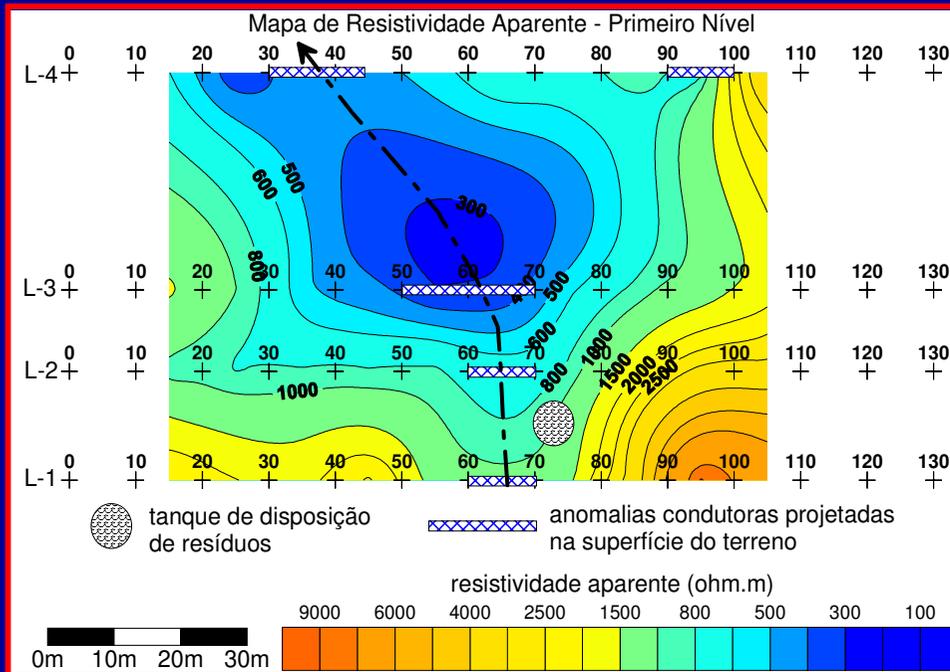
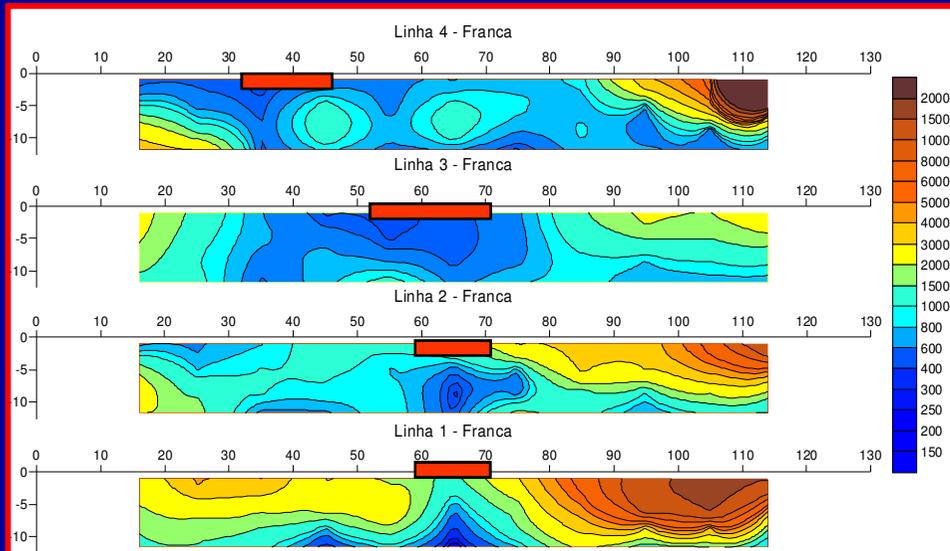


# Contaminação por Resíduos Orgânicos



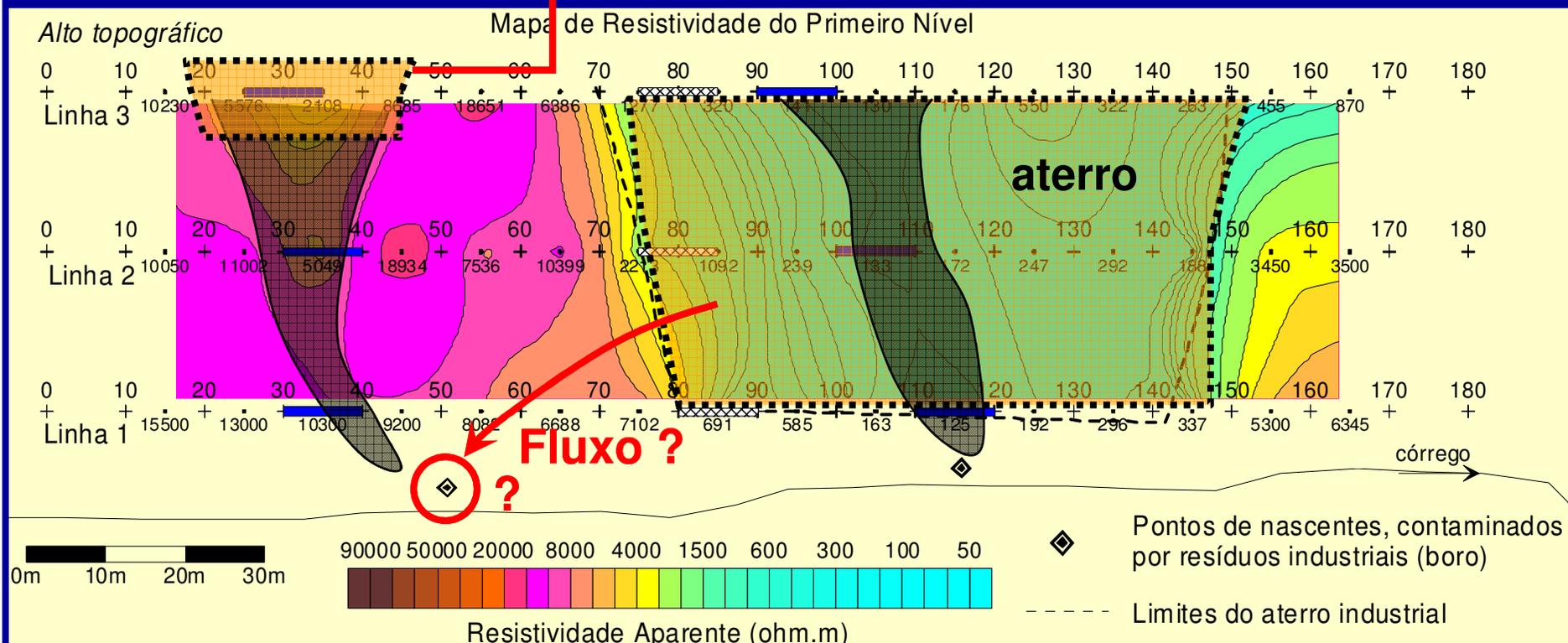
Contaminação a 10 metros de profundidade

# Contaminação por Resíduos Industriais - 1

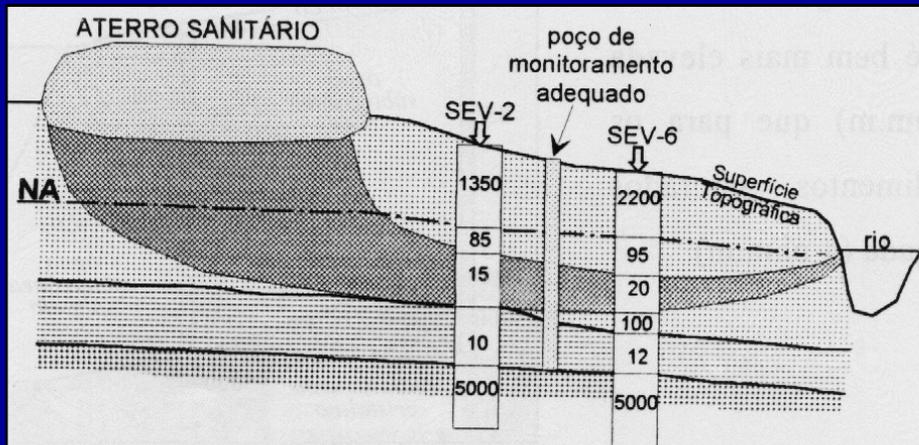


Resíduo: fibra de vidro (boro)

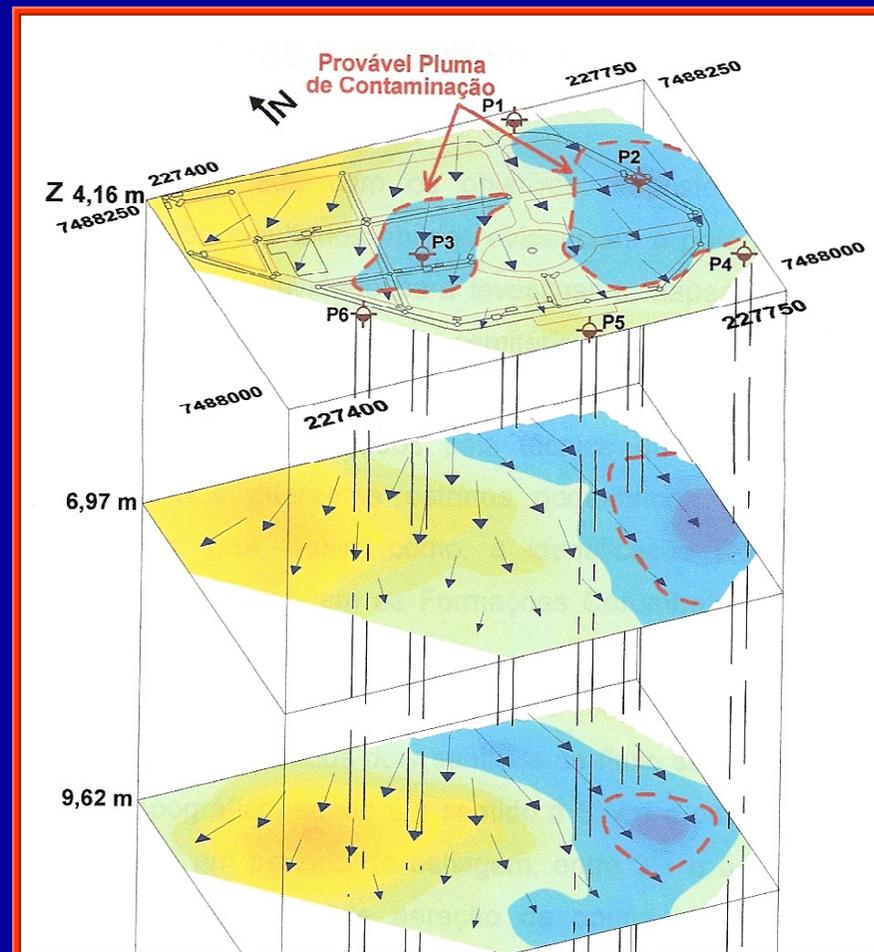
Antigo local de disposição de resíduos enterrados no subsolo



## Aterros Sanitários



## Cemitérios



The UNESCO logo is centered on a red background. It consists of a large blue triangle with a red outline, which is composed of six smaller blue triangles meeting at a central point. The text 'unesco' is written across the middle of the large triangle in a bold, black, sans-serif font with a 3D metallic effect.

**unesco**

*Obrigado*