

EXPOSIÇÃO ÁGUA

BLOCO V – ÁGUA COMO RECURSO NO MOMENTO ATUAL

Temas: Escassez. Perda de qualidade do recurso (água)
Impacto ambiental

Geofísica aplicada na detecção e mapeamento de contaminação de águas subterrâneas

Vagner Roberto Elis

**Grupo de Pesquisa em Geofísica Aplicada
Departamento de Geofísica IAG - USP**

1. Introdução: Contaminação de águas subterrâneas

A concentração populacional e o conseqüente aumento da produção de resíduos domésticos e industriais tem gerado muitos problemas relacionados a forma de disposição desses resíduos. O tratamento inadequado dos resíduos pode permitir a infiltração de líquidos contendo substâncias contaminantes até atingir as águas subterrâneas, comprometendo sua qualidade e podendo até inviabilizar seu uso.

Existem diversas fontes de contaminação de águas subterrâneas, como áreas de disposição de resíduos sólidos (urbanos e industriais), lagoas de tratamento de efluentes industriais, disposição de esgoto, disposição de resíduos radioativos, atividades agrícolas, vazamentos de petróleo e derivados, rejeitos de atividades mineradoras, entre outras. Dentre as principais fontes de poluição de águas subterrâneas merecem destaque os depósitos de resíduos urbanos. A contaminação das águas subterrâneas ocorre através da percolação de águas pluviais e outros líquidos gerados pela própria degradação dos resíduos, que por infiltração no solo atingem o nível d'água. O líquido derivado desse processo de percolação através dos resíduos é denominado de chorume. Esse líquido pode infiltrar no solo e atingir a zona saturada, dando origem a uma *pluma de contaminação* que acompanha o fluxo das águas subterrâneas e se espalha por uma área muito maior que a ocupada pelos resíduos. Esse processo é apresentado no esquema da **Figura 1**.

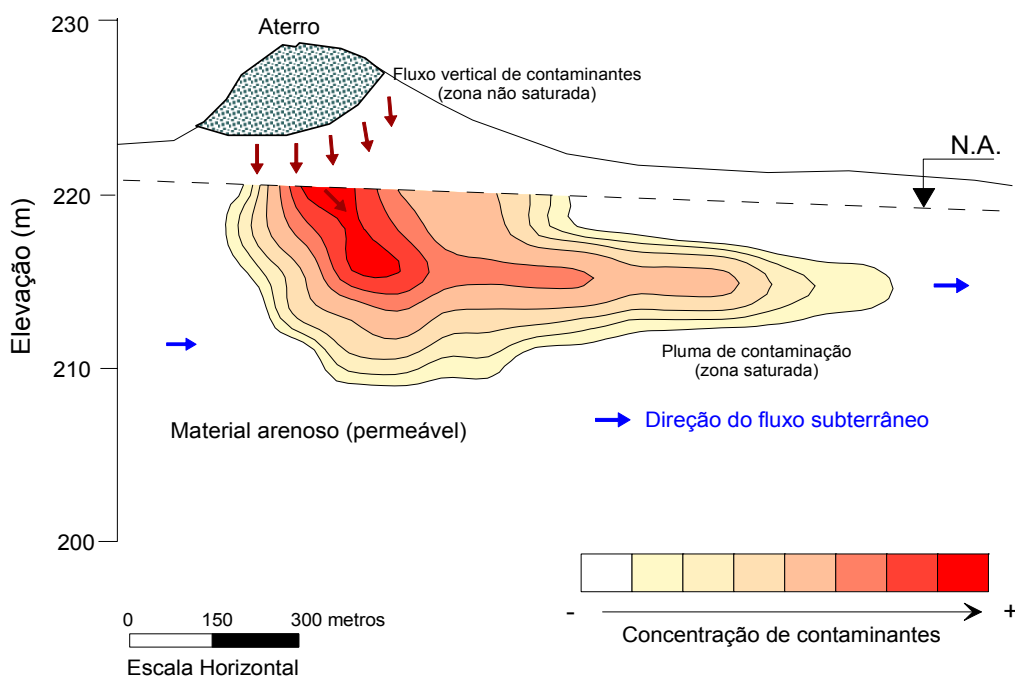


Figura 1 - Perfil esquemático mostrando o processo de contaminação das águas subterrâneas pelos líquidos percolados nos resíduos

2. Métodos Geofísicos

A geofísica aplicada utiliza propriedades e parâmetros físicos dos materiais terrestres para a procura de objetos geológicos de interesse em subsuperfície, como minérios, petróleo e água, por exemplo. O emprego da geofísica é possível devido às características físicas dos materiais, como densidade, velocidade de propagação de onda, condutividade elétrica, variarem amplamente em função da mineralogia, grau de alteração, grau de umidade, fraturamento, porosidade, salinidade e outros fatores. Dessa forma, pode-se procurar por determinado material indiretamente, através do conhecimento da resposta de um parâmetro físico para este material.

Os métodos elétricos de prospecção geofísica utilizam as propriedades e parâmetros elétricos de solos e rochas, como condutividade, resistividade, potencial espontâneo, campo eletromagnético, para investigar a geologia de subsuperfície. Em estudos hidrogeológicos e geoambientais, normalmente os métodos da eletrorresistividade, eletromagnético indutivo e radar de penetração no solo respondem com eficiência à maioria das solicitações.

Quando substâncias contaminantes estão presentes no solo ou nas águas subterrâneas, geralmente ocorrem mudanças em suas propriedades elétricas. Por exemplo, as plumas de contaminação geradas pela infiltração de chorume de depósitos de resíduos urbanos causam aumento da condutividade elétrica, e uma diminuição da resistividade, que é o seu inverso. Nesse caso específico, os métodos da eletrorresistividade e eletromagnético indutivo são utilizados no mapeamento da contaminação.

Método da Eletrorresistividade

Este método utiliza uma corrente artificial que é introduzida no terreno através de dois eletrodos (denominados de A e B), com o objetivo de medir o potencial gerado em outros dois eletrodos (denominados de M e N) nas proximidades do fluxo de corrente, permitindo assim calcular a resistividade real ou aparente em subsuperfície. Movendo-se um arranjo de eletrodos na superfície faz-se uma varredura lateral do terreno em várias profundidades (arranjo dipolo-dipolo, **Figura 2**). O resultado é uma seção de resistividade aparente, na qual é possível identificar zonas anômalas que se relacionam à contaminação.

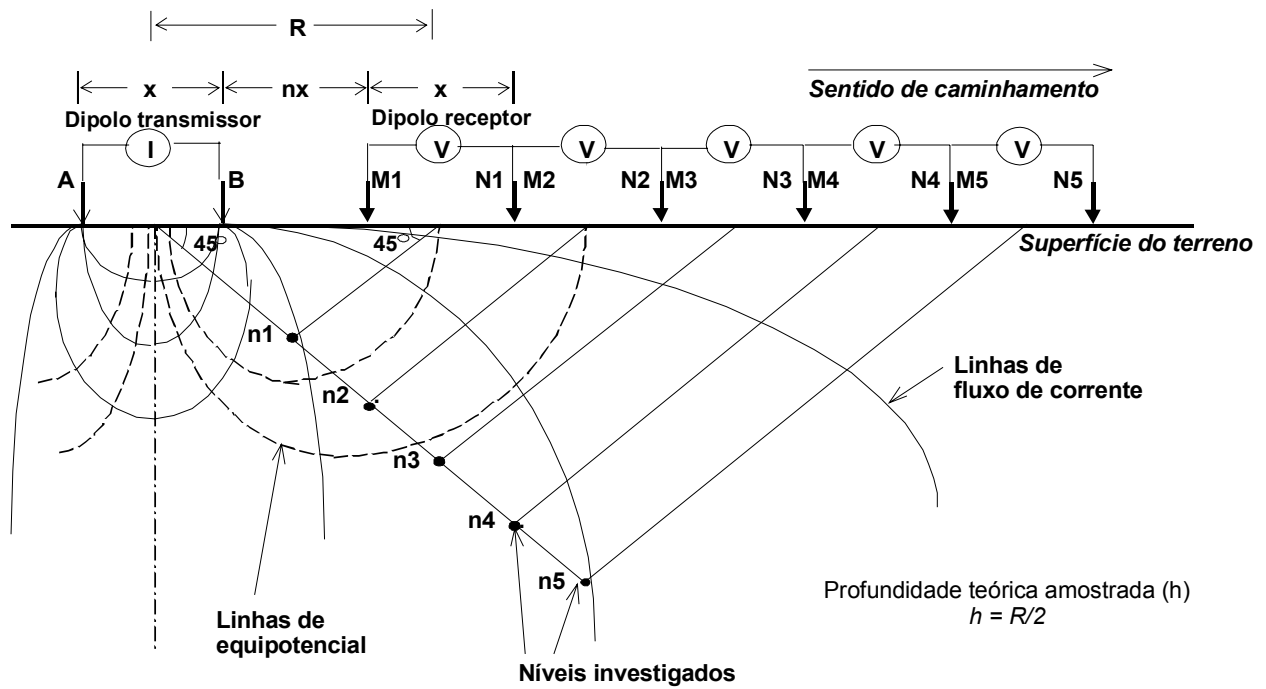


Figura 2 - Esquema do conjunto de eletrodos utilizado para medidas de resistividade de subsuperfície - Arranjo dipolo dipolo

Método Eletromagnético Indutivo

Os métodos eletromagnéticos envolvem a propagação de campos eletromagnéticos de baixa frequência e baseiam-se nos fenômenos físicos de eletricidade e magnetismo. O equipamento utilizado neste método é composto de duas bobinas, uma denominada transmissora e outra receptora. A bobina transmissora emite um campo magnético primário H_p , que induz, em subsuperfície, correntes elétricas, que geram um campo secundário H_s . A combinação destes dois campos é medida pela receptora. A **Figura 3** apresenta o esquema simplificado do método em operação. O equipamento é construído de forma a medir os campos magnéticos primário e secundário e utilizá-los de forma a permitir a leitura direta da condutividade do terreno em miliSiemens por metro.

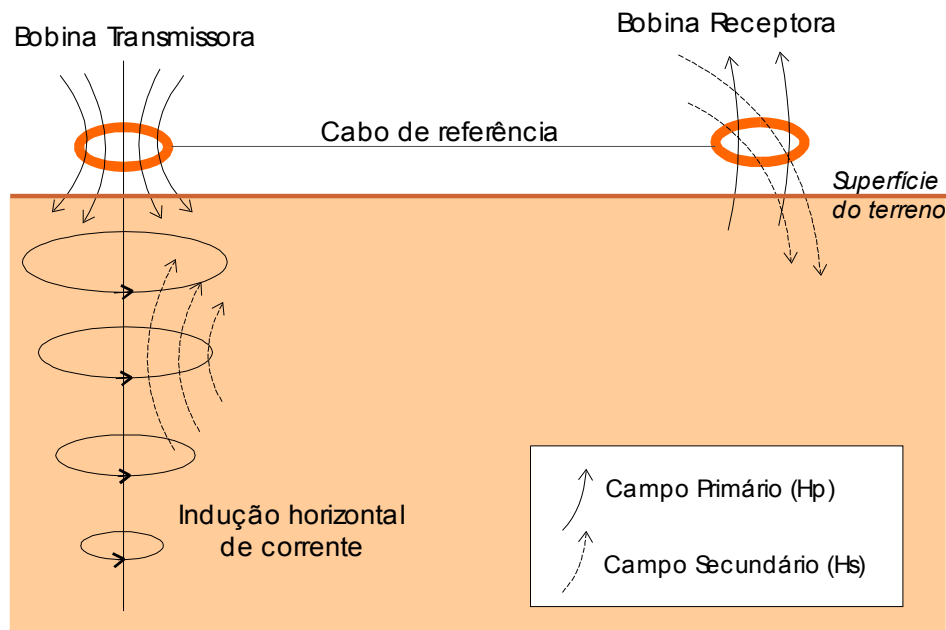


Figura 3 - Esquema simplificado do princípio de operação do método EM indutivo

3. Mapeamento de áreas contaminadas

É importante identificar e conhecer as dimensões de áreas contaminadas, de forma que se possa saber que medidas tomar em relação ao problema. Estas medidas incluem desde evitar o acesso e contato com a área contaminada até a definição e implementação de medidas de recuperação. A geofísica, devido ao baixo custo e por não alterar as características do local (o que poderia potencializar o processo de contaminação, como por exemplo a realização de escavações e perfurações), é adequada para a caracterização preliminar, a qual visa orientar estudos mais detalhados. A seguir são apresentados exemplos de como a geofísica auxilia na detecção e mapeamento da contaminação gerada por resíduos urbanos.

A realização de medidas em pontos espaçados de forma a atravessar uma área suspeita de contaminação com o método EM indutivo possibilita identificar as zonas de maior condutividade devido a presença de resíduos enterrados e substâncias contaminantes, como é exemplificado na **Figura 4**.

A realização de perfis em várias posições do sítio suspeito de contaminação com o método da eletrorresistividade possibilita o mapeamento bidimensional do sítio, de forma a entender a estrutura do depósito e o comportamento da pluma de contaminação. A **Figura 5** mostra um modelo conceitual em três dimensões de aquisição de dados geofísicos em um depósito de resíduos com o arranjo dipolo-dipolo.

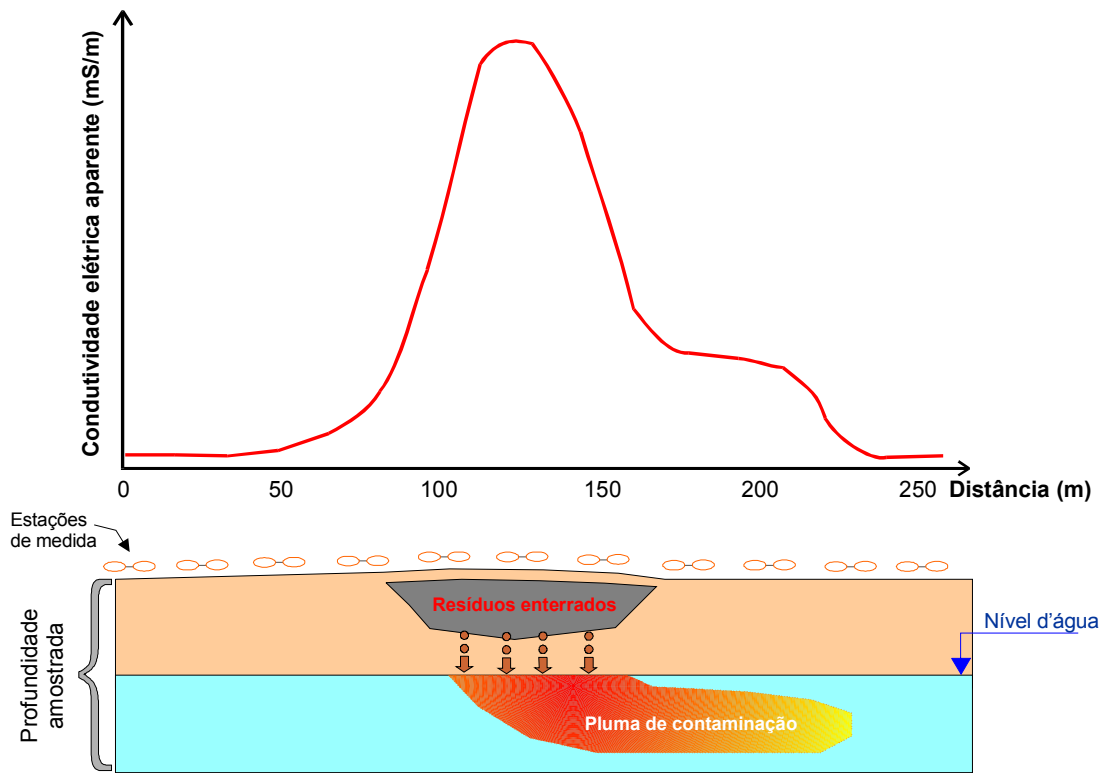


Figura 4 - Perfil de método EM indutivo sobre resíduos enterrados

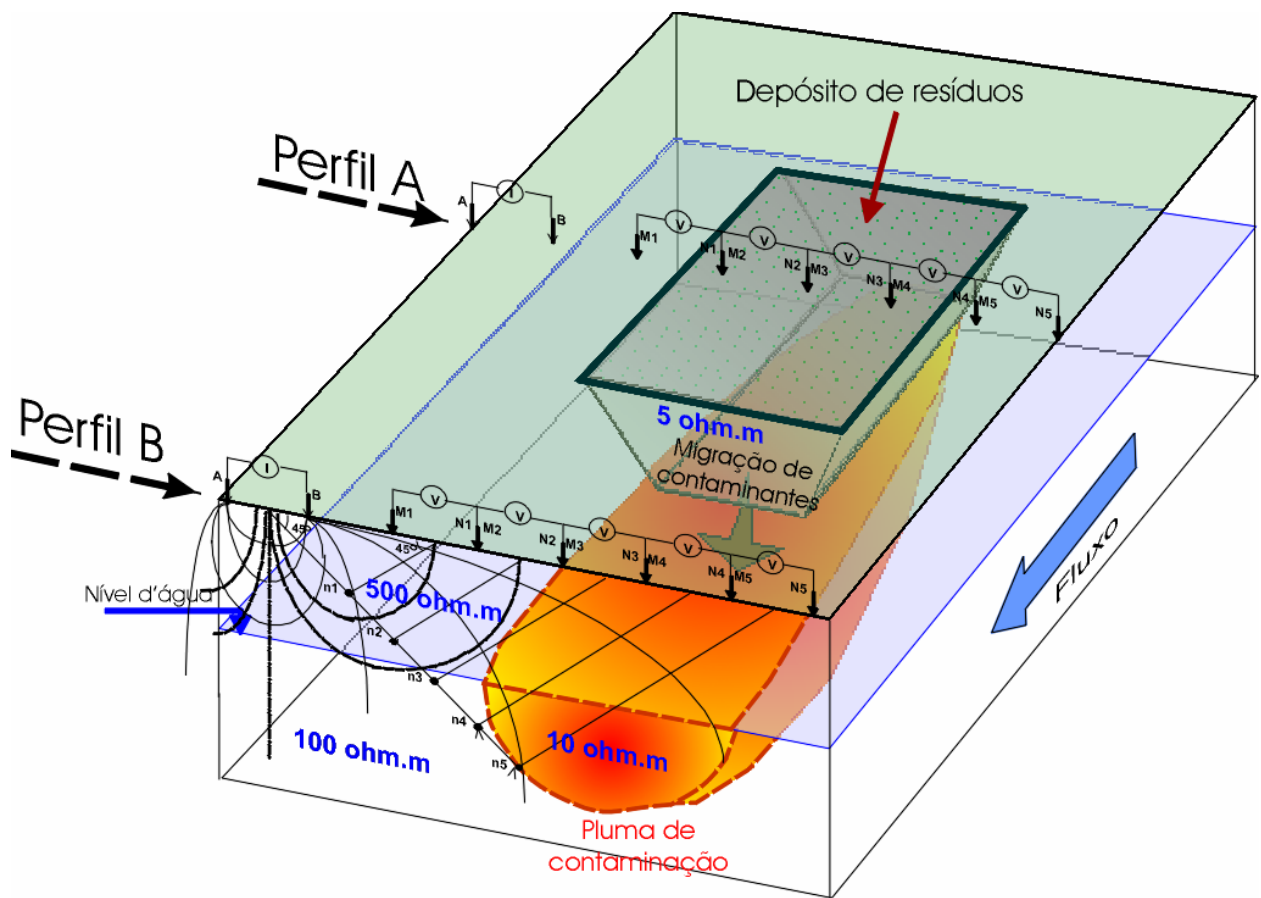


Figura 5 - Modelo conceitual de um depósito de resíduos e pluma de contaminação.

A linha de ensaio realizada sobre a cava com resíduos (Perfil A) possibilita sua visualização em superfície, como uma área com valores baixos de resistividade, normalmente inferiores a 10 ohm.m. A linha de ensaio realizada fora da cava e a jusante desta (Perfil B) possibilita a visualização da pluma da contaminação como uma zona com valores de resistividade mais baixos em subsuperfície. Os resultados, apresentados sob a forma de gráficos denominados pseudo-seções de resistividade aparente, podem ser visualizados na **Figura 6** (perfil sobre o depósito de resíduos) e **Figura 7** (perfil sobre a pluma de contaminação dentro da zona saturada).

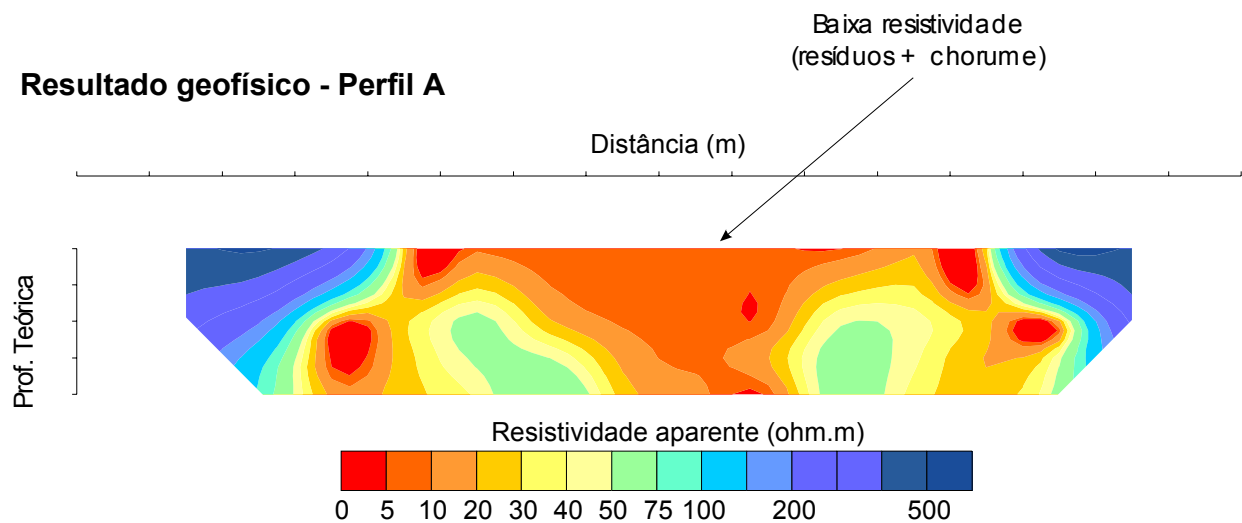


Figura 6 - Perfil sobre o depósito de resíduos.

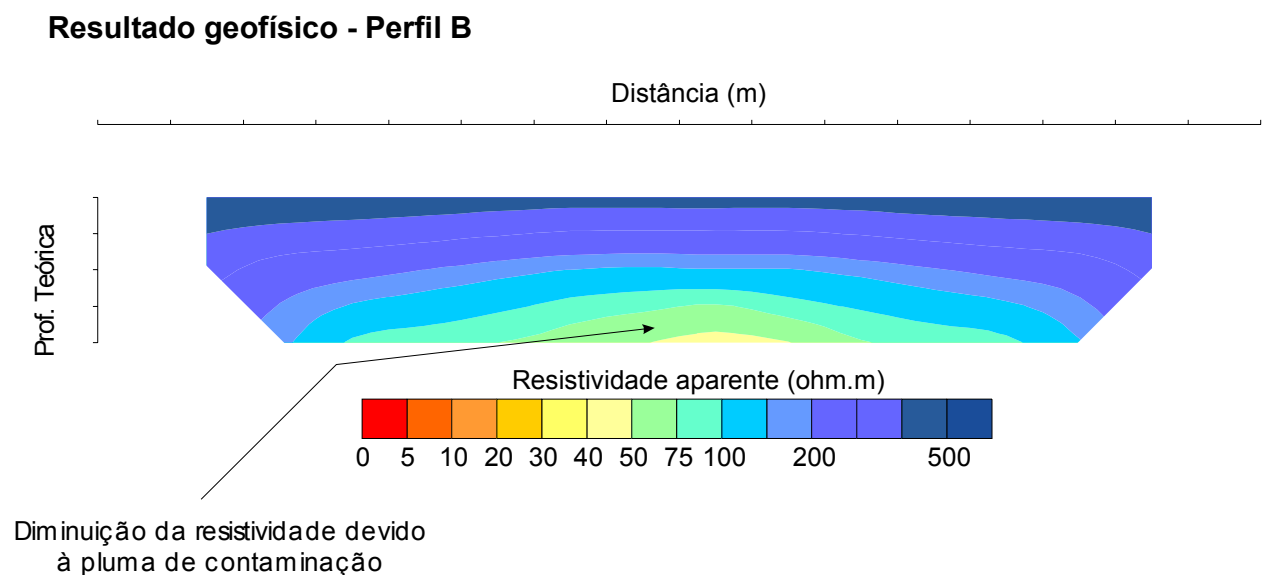


Figura 7 - Perfil sobre a pluma de contaminação dentro da zona saturada.

Para saber mais:

Texto da Escola de Verão 2005 - A geofísica como ferramenta para detectar e mapear contaminação. (Geofamb_2005_básico.pdf)