

Revista Engenharia Ambiental v.1 n.º 4  
1988

0777120

# DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE INDÚSTRIAS - VETOR SOLO E ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Nelson Ellert e Uriel Duarte

Nuvens poluentes no subsolo são detectadas e sua extensão definida quando se empregam métodos geofísicos de prospecção, quando há contraste na condutividade de soluções poluentes e água subterrânea. Receptáculos metálicos (tambores) enterrados contendo produtos tóxicos podem ser detectados empregando-se os métodos de magnetometria ou eletromagnético indutivo graças à susceptibilidade e permeabilidade magnética.

## INTRODUÇÃO

A produção, manuseio, transporte e estocagem de produtos químicos representa uma fonte potencial de poluição. Quando estes produtos se apresentam sob a forma líquida, ou facilmente solúvel, este potencial se torna muito mais elevado. A possibilidade destes produtos penetrarem no solo e atingirem o lençol freático e rapidamente se espalharem, é ainda muito maior quando se trata de regiões geologicamente constituídas de rochas muito porosas e permeáveis.

Considerando que a industrialização destes produtos é necessária para o desenvolvimento industrial e bem estar social, deve-se ter sempre em mente o risco que representam devendo as operações serem cercadas de todos os cuidados necessários à conservação do meio ambiente. As indústrias em geral, e as de produtos químicos em particular, como consequência dos processos industriais, geram frequentemente rejeitos, sólidos ou líquidos que devem ter uma destinação final.

Mesmo nos meios técnicos, ainda prevalece a idéia de que a simples infiltração de um esfluente no subsolo, ou o entero de um produto qualquer, é o suficiente para que a natureza, de forma segura e econômica, se encarregue de sua eliminação.

rada eliminação deveria ocorrer por meio de adsorção, degradação, reações químicas com o solo etc. Lamentável porém, é verificar que, no decorrer do tempo, os locais destinados aos rejeitos, tornam-se focos de poluição sendo seus efeitos sentidos através da qualidade das águas subterrâneas existentes próximas a estes locais.

Dependendo da constituição litológica local e sobretudo da existência de rochas fissuradas ou cársticas, a migração do efluente d'água pode atingir distâncias nunca imaginadas devido a alta permeabilidade existente. Em regiões geologicamente formadas por rochas sedimentares, ou mesmo manto de alteração de rochas cristalinas, não existe localmente uma homogeneidade constante quanto à permeabilidade devido a coexistência de camadas de granulometria mais fina e mais grosseira. Estas variações localizadas transformam-se assim em caminhos preferenciais de deslocamento de soluções percolantes.

Dentro do ciclo hidrológico, a parte da água da chuva que se infiltra se transforma no veículo que interfere no processo de dispersão. É óbvio que, se de um lado uma grande infiltração reduz a concentração, ela acarreta por outro lado, uma grande dispersão.

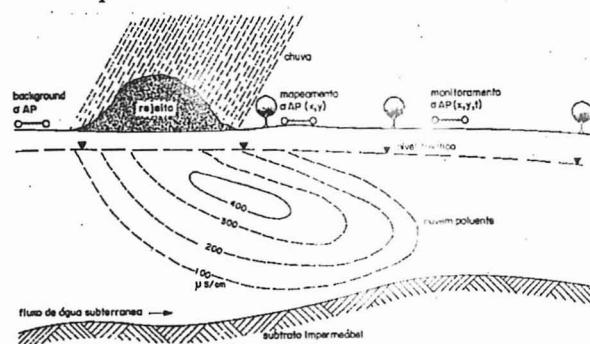


Figura 1 • Esquema do trajeto de poluentes

Quando o sistema de escoamento de efluentes se encontra enterrado, fica difícil a detecção imediata de qualquer eventual perda no sistema, principalmente em indústrias de grande porte onde alguns litros por dia de produtos altamente tóxicos estão abaixo do sistema de detecção existente.

Assim, no decorrer do tempo, esta infiltração diária, mesmo pequena, porém prolongada, pode representar após semanas, meses, ou mesmo anos, volumes

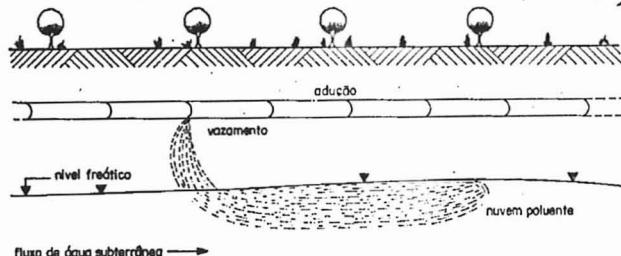


Figura 2 • Fuga dos efluentes em um sistema adutor

ímes apreciáveis que comprometem significativamente a qualidade das águas subterrâneas ali existentes. Saliente-se que muitos produtos, mesmo tendo sua presença limitada a poucos ppb já conferem um caráter de não potabilidade a estas águas.

## DIAGNÓSTICO

A tarefa de se avaliar as condições em que se encontra um determinado solo e subsolo, em um local onde existem fontes potenciais de poluição, ou ainda, a intensidade e extensão de zonas sabidamente poluídas, tem sido muitas vezes falha.

A sequência tradicional para a execução dessa tarefa repousa nas seguintes etapas:

- sondagens mecânicas no solo para se obter informações do contexto natural;
- coletas de amostras de água subterrânea em poços de monitoração e;
- análises químicas em laboratório, de amostras de solo e água.

Este foi por muitos anos o procedimento utilizado, sendo ainda hoje aceito como tradicional.

Uma sondagem, uma perfuração do solo, assim como uma intervenção cirúrgica, representa uma operação que deve ser conduzida com o mesmo cuidado e principalmente acepção, já que muitos produtos possuem seus limites na ordem de ppb, surgindo um grande risco de contaminação.

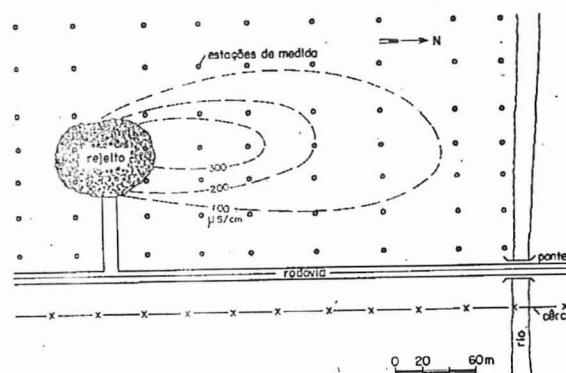


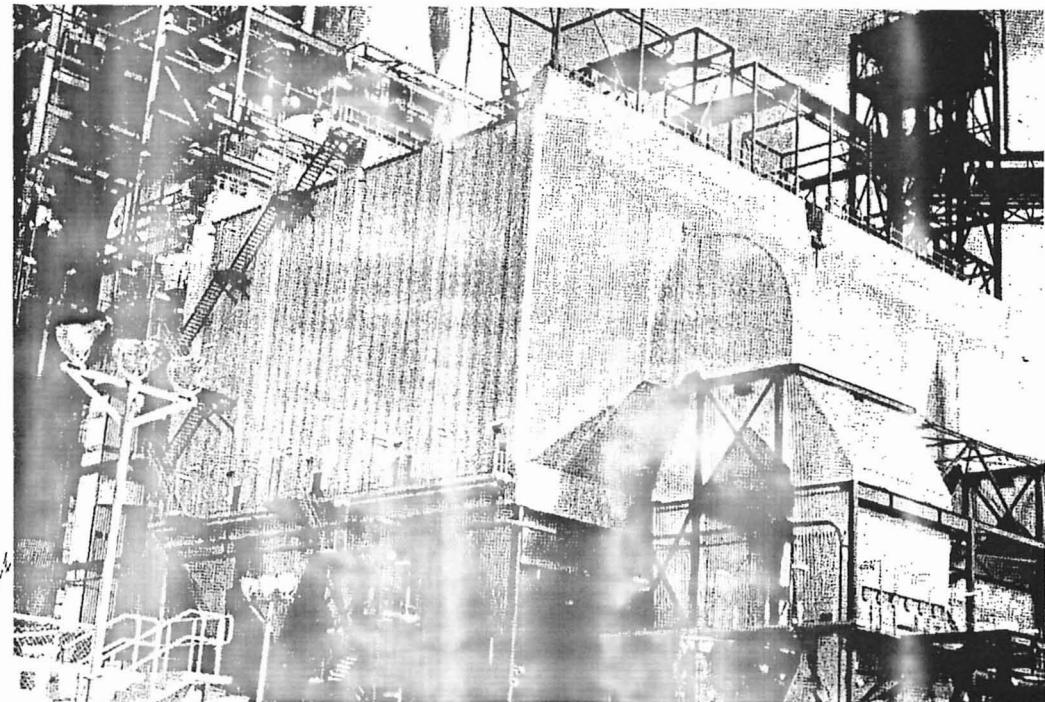
Figura 3 • Mapeamento da nuvem poluente a partir de medidas da superfície

Paralelamente ao perigo de contaminação em operações de construções de poços e piezômetros, surgem os riscos desta operação, que podem estar representados sob duas formas:

- em muitas situações os produtos tóxicos foram enterrados em locais e formas não definidas; representando um grande perigo de explosão, gases tóxicos etc. e;
- uma intervenção no meio geológico pode propiciar um rompimento de camadas originariamente tidas como impermeáveis, possibilitando que produtos tóxicos fluam para dentro de camadas com alta porosidade tornando-se assim um foco de contaminação.

# **POLUIÇÃO?**

**QUEM PROCURA ACHA SOLUÇÕES**



**PRECIPITADOR ELETROSTÁTICO**

As maiores empresas brasileiras, entre as quais a **COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL**, de Volta Redonda, decidiram-se pela CBC.

Com a mais alta tecnologia a CBC fornece equipamentos como: **LAVADOR DE GÁS, LAVADOR DE FLUXO RADIAL, PRECIPITADOR ELETROSTÁTICO, LAVADOR VENTURI, DESSULFURIZADOR, MULTICICLONE E FILTRO DE CASCALHO.**



**CBC INDÚSTRIAS PESADAS S.A.**

**MATRIZ**

**SÃO PAULO - SP**  
Rua Manoel da Nóbrega, 1280 - 8º ao 11º andar -  
CEP 04001 Vila Mariana - Tel. (011) 885-5755 (PABX) -  
Endereço telegráfico "COMBRACAL - SPO" - Telex  
(011) 30253 - 37767 - Telefax 885-5625 - Caixa Postal  
2029.

**FÁBRICAS JUNDIÁ - SP - VARGINHA - MG**

Portanto, o conhecimento da geologia local bem como do modo de disposição dos rejeitos devem ser conhecidos *a priori*, de forma a orientar os trabalhos de diagnóstico ambiental.

Por outro lado, a identificação preliminar da existência de uma região subsuperficial poluída, com definição de sua extensão e provável intensidade, além de proporcionar representatividade aos dados obtidos pelas sondagens e amostragem do solo, orienta a locação e execução destes na parte inicial da tarefa.

A operação da implantação de um sistema de monitoração tradicionalmente segue um procedimento baseado no contexto hidrogeológico regional, como caracterizadores dos fluxos subterrâneos.

Entretanto, variações localizadas na litologia presente assim como a variação no contexto argiloso, presença de fraturas ou fendas em rochas duras, presença de canais e cavernas em rochas carbonáticas, afeta localmente o comportamento regional da água subterrânea, impondo ao processo tradicional uma suspeita sobre sua representatividade.

De um modo a se obter um quadro do arcabouço geológico (identificação das litologias e suas estruturas), bem como das variações de suas propriedades físicas impostas pela presença de contaminantes, torna-se cada vez mais intensa a utilização de investigação indireta através de métodos geofísicos de prospecção.

## GEOFÍSICA APLICADA

Os materiais constituintes da crosta terrestre possuem diversas propriedades físicas cuja grandeza depende de sua natureza, e dentre elas podemos destacar: a condutividade elétrica, as constantes elásticas, a susceptibilidade magnética, que afetam de forma mensurável o comportamento de campos, quer sejam naturais, quer sejam criados artificialmente.

Assim, a presença de materiais de elevada susceptibilidade magnética, por exemplo, ferro, aço etc., afeta localmente o comportamento do campo magnético terrestre, possibilitando a identificação de anomalias. Deste modo, se em um dado local existem tambores metálicos enterrados, um levantamento magnétométrico na superfície do solo permite detectar a sua presença e identificar sua localização.

Se produtos químicos de alta condutividade elétrica (sais, ácidos e bases) existem no subsolo, estes lhe conferem uma condutividade mais elevada do que originalmente existente, característica da área como um todo. Um levantamento de eletroresistividade ou eletromagnético induutivo, poderá detectar a presença destas zonas anômalas e identificar a sua extensão lateral através de seus procedimentos de sondagem e caminhamento, identificando níveis poluentes face ao contraste de condutividade existente entre estas e a água subterrânea ou solos não poluídos.

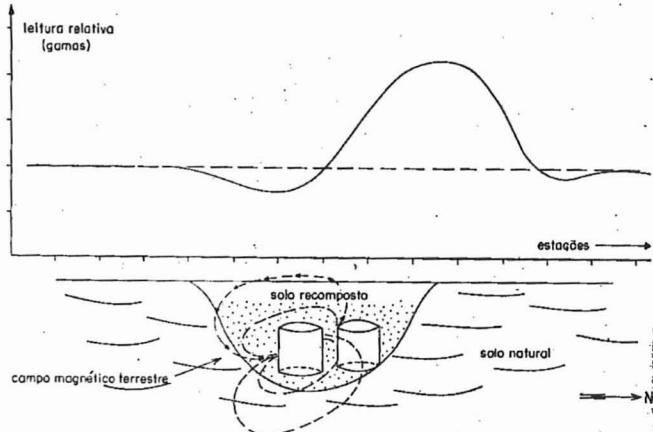


Figura 4 - Levantamento magnétométrico

## OBJETIVOS DO DIAGNÓSTICO

Entre os vários objetivos para este tipo de diagnóstico ambiental pode-se salientar:

- investigação de uma eventual perda de produtos no sistema produtivo, adução ou estocagem (matéria-prima, produto acabado ou efluente);
- identificação dos caminhos percorridos por produtos infiltrados no solo ou contidos na água subterrânea;
- determinação da presença e extensão da nuvem poluente, fornecer elementos para orientação na implantação de uma rede de monitoração representativa do contexto;
- avaliar a saúde do solo e águas subterrâneas e;
- determinar parâmetros físicos, geométricos e hidráulicos para elaboração de um projeto de recuperação ambiental.

## EXEMPLOS

- conforme mencionado, em muitas indústrias, face a pequena quantidade de perda, dentro de grandes volumes manuseados, não tem a possibilidade de identificar estas perdas. Uma empresa, situada no Rio de Janeiro, dentro do perímetro urbano, face a exiguidade de espaço, possui instalações industriais em dois lados da rua, com pátio de recebimento de derivados de petróleo de um lado. Os solventes são bombeados para os depósitos situados no outro lado da rua, por uma tubulação que passa sob o leito carrocável. Um levantamento do subsolo permitiu identificar sob a calçada e piso de concreto, concentrações significativas de solventes, flutuando sobre o lençol freático, decorrente da concentração de ácidos ou bases presentes.

Estes efluentes em seu trajeto para estações de tratamento frequentemente utilizam tubulações enterradas. Qualquer ruptura nesta tubulação implica na penetração no solo destas soluções, que irão lhe conferir elevada condutividade. Uma indústria situada próxima a uma área de proteção de mananciais na Grande São Paulo teve seu sistema de adução de efluentes rompido.

# AIRCONSULT

Se o seu problema está ligado  
a tratamento de ar e gases,  
você precisa conhecer este nome.

- Sistemas de Refrigeração e Lavagem de Gases para:  
Altos fornos, Conversor LD, LBE, AOD, Fornos Elétricos a Arco.
- Sistemas de Despoieiramento para Fornos Férreos.
- Sistemas de Despoieiramento para Fornos Elétricos a Arco.
- Sistemas de Despoieiramento para Fornos de Redução Abertos.
- Filtros de Manga tipo Ar Reverso e Jato Pulsante.
- Lavadores Venturi de Alta Eficiência.

Tecnologia BHE - Alemanha

Garantia Airconsult

**AIRCONSULT**

Rua Nebraska, 597  
CEP 04360 - Brooklin - SP  
Tel.: (011) 241.9099  
Telex 1163404  
FAX 5320861

Trata-se de milhares de barro vitrificado, que sob a ação do traço de carros e ônibus de carga, foram identificados, levando um revestimento para o solo instaurado e alterando o lençol freático. Um mapeamento eletromagnético, ali realizado, identificou a presença da nuvem poluente que se deslocava rumo a um sistema de abastecimento de uma indústria vizinha, comprometendo a qualidade das suas águas. Este mapeamento hidrogeo permitiu identificar as áreas contendo as maiores concentrações de poluentes, facilitando a implantação de um sistema de interceptação para impedir o deslocamento da migração subterrânea.

- Quando os pontos de monitoração são implantados, estes devem ser em locais representativos. A sua construção, assim de qualquer investigação indireta, pode levar à implantação dos pontos fora da nuvem poluente, com custos adicionais para sua correção. Foi implantada em São José dos Campos, a jusante de um aterro sanitário, uma rede de poços de monitoração, o que é o uso mais comum dos métodos indutivos. Um levantamento geofísico realizado por indutivo revelou a existência de uma nuvem poluente deslocada em relação a maioria dos piezômetros.

- Considerando que processos de descontaminação requerem consideráveis investimentos em sua realização, recentemente um grande complexo industrial foi objeto de uma transação comercial, tendo a empresa adquirente, além da avaliação normal do negócio, preocupado em diagnosticar o "passivo" ambiental do complexo. Empregando-se os métodos de eletroresistividade e eletromagnético indutivo, foi possível detectar a existência de zonas poluídas e determinar sua localização e extensão, comprovada posteriormente por monitoramentos diretos.

- Quando o instante do acidente é conhecido, bem como o volume infiltrado, um monitoramento da evolução no tempo e no espaço da nuvem poluente per-

mite a obtenção de parâmetros hidrodinâmicos muito precisos (velocidade de deslocamento, permeabilidade).

Estes possibilitam a elaboração realista de projetos de recuperação, sobretudo utilizando-se bombeamento, aspersão, injeção etc.

## BIBLIOGRAFIA

1. JENSON, R.C.; GLACCUM, R.A.; NOEL, M.R. Geophysical techniques for sensing buried wastes and waste migration. Environmental Protection Agency, 1983.
2. ELLERT, N.; GREENHOUSE, J.P.; MONIER-WILLIAMS, M.; MENDES J.M.B.; HASSUDA, S. A geofísica aplicada na identificação da poluição do subsolo por depósitos de resíduos urbanos e industriais. In: Anais do Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Brasília, ABAS, 1986, p.528-532.
3. CILKESON, R.H.; HEIGOLD, P.C.; LAYMON, D.E. Practical Application of Theoretical Models to Magnetometer Surveys on Hazardous Waste Disposal Sites - A Case History. In: Ground Water Monitoring Review, vol.6 - nº 1, 1986.
4. GREENHOUSE, J.P.; MONIER-WILLIAMS, M.; ELLERT, N. Geophysical studies of groundwater contamination at two landfills in São Paulo State. In: Conferência Latinoamericana sobre Hidrogeologia Urbana y Contaminación de Acuíferos, Anais, Cochabamba, Bolívia, 1987.
5. GREENHOUSE, J.P.; SLAINE, D. Case studies of geophysical contaminant mapping at several waste disposal sites. In: National Symposium on Aquifer Restoration and Ground Water Monitoring, 2, Columbus, Ohio, 1982. proceedings... Columbus, 1982.

<b>Assine</b> A prese	<b>Revista Engenharia Ambiental</b> Jando o Meio Ambiente	<b>nece.edu.br</b>
Sim, quero pagar R\$ 15,00	zer a assinatura da Revista Engenharia Ambiental - seis edições pela quan	
Nome _____	Nome _____	
Endereço _____	Endereço _____	
Cidade _____	Cidade _____	
Estado _____	Estado _____	
Capital _____	Capital _____	
Anexo: cheque nº _____	Anexo: cheque nº _____	
<b>RENSAR</b>		
Envie o cupom com o cheque nominal para Rensar Editora Ltda Rua Satira, 65 - Aclimação - SP Cep. 01532		