

INDÚSTRIAS QUÍMICAS E A ÁGUA SUBTERRÂNEA

NELSON ELLERT*

I - RESUMO

A produção, manuseio, armazenamento e transporte de produtos químicos, caracterizados como tóxicos, representam sempre um risco potencial para a poluição de água subterrânea.

Mesmo no meio técnico, prevalece a idéia de que enterrando-se ou infiltrando-se no sub-solo qualquer produto indesejável (e.g., rejeitos industriais), a natureza proporcionará graciosa e eficazmente os meios para que aquele produto seja absorvido pelo meio. Qual não é a surpresa de verificar, na maioria das vezes, distante no tempo e espaço, o ressurgimento do produto que agora comprometeu, de forma às vezes irreversível, o meio ambiente.

No caso destes "acidentes", intencionais ou não, a aplicação de técnicas de mapeamento geofísico pode ser eficaz na detecção da presença e delimitação da extensão de nuvens poluentes. Este mapeamento possibilita a elaboração de projetos de construção de poços de monitoramento representativos do processo poluente. Destes poços serão coletados amostras de solo e água subterrânea que, após analisadas, fornecerão os elementos necessários para avaliação da intensidade do quadro criado bem como na definição das medidas a serem tomadas.

II - INTRODUÇÃO

Com a multiplicidade de produtos químicos criados, bem como as consequências que a sua toxidez traz para a saúde, o meio ambiente passou a ser encarado de forma mais crítica e objetiva. Enquanto que produtos químicos lançados no ar ou em rios tem uma rápida dispersão e grande diluição, produtos infiltrados no solo podem comprometer, muitas vezes de forma irreversível, a qualidade das águas subterrâneas. Se

*Professor Adjunto - Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas, Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo - Brasil.

de um lado as águas subterrâneas se encontram mais protegidas e são de qualidade mais homogênia, isto não representa a sua invulnerabilidade.

Conforme já publicado e de domínio público, muitos produtos tais como metais pesados (e.g., chumbo, mercúrio, cádmio, etc), ou então orgânicos (fenol, cloroformio, benzeno, tetracloreto de carbono, etc.) tem as suas presenças na água subterrânea limitada em ppm ou ppb para conferir à mesma o caráter não só, de não potabilidade, mas também de cancerígena. O risco é representado pelo caráter cumulativo desse produtos no corpo humano.

Se os processos poluentes no ar e cursos d'água são facilmente identificados (fumaça, cheiro, cor, etc.), estes processos quando ocorrem no sub-solo se passam desapercebidos até que a existência de acidentes revelem a sua ação.

Um pequeno vazamento em um sistema de adução praticamente se situa sempre abaixo do limite de controle de volume (de matéria prima, manufaturada, ou de efluente). Este vazamento, pequeno, porém constante e demorado, ao final de meses ou anos representa volumes consideráveis de produtos penetrados no sub-solo, que agora, ao ser detectado comprometeu o meio ambiente.

Técnicas geofísicas, geológicas e hidrogeológicas disponíveis são aplicados para orientar as medidas a serem tomadas.

IV - CICLO HIDROLÓGICO E O MEIO GEOLÓGICO

Conforme indicado na figura 1 abaixo, pode-se, admitir que o meio ambiente é um circuito fechado. Assim a água, que tomba sobre o solo, em sua porção que escoa ou infiltra é o meio de transporte (suspensão, arraste, dissolução) que exerce o papel de dispersor dos produtos que encontra em seu trajeto.

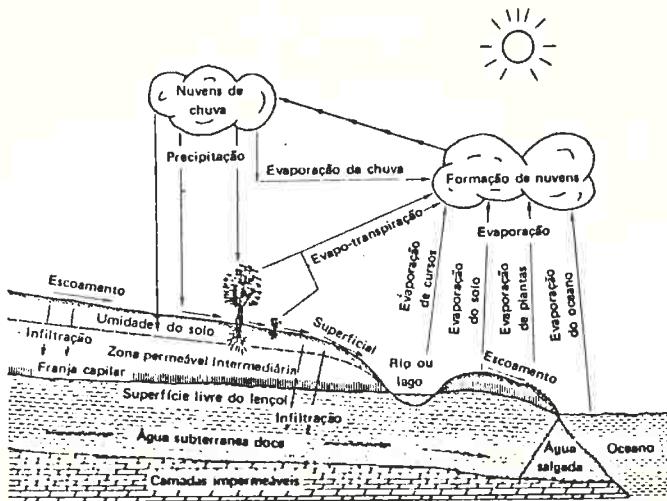


Figura 1 - Ciclo hidrológico

Dependendo da granulometria, dissolubilidade, topografia, etc. estes produtos atingem uma maior ou menor distância.

A porção que se infiltra depende, dentre outros fatores das condições geológicas do meio. As rochas podem ser basicamente classificadas em três grandes grupos, a saber: - rochas ígneas (granito, basalto, diabásio, etc.); rochas metamórficas (xistos, filitos, marmores) e rochas sedimentares (arenitos, siltitos, calcários, etc.). Dadas as condições de formação, estas podem ter a mais variada porosidade e permeabilidade. Se de um lado por exemplo rochas graníticas, possuem permeabilidade e porosidade iguais a zero, podem localmente apresentar fraturas e fendas que conferem às mesmas uma permeabilidade muito elevada. Produtos infiltrados nestes pontos frequentemente possuem uma dispersão jamais suspeitada. Frequentemente são utilizados no Brasil, pedreiras abandonadas como sítio de deposição de rejeitos. Deixa-se de observar a existência de fraturas e fendas que são caminhos naturais de infiltração que representam um grande risco face, não só a grande velocidade e distância de dispersão, como também alto volume de produtos infiltrados.

Em rochas sedimentares, paleo-estruturas presentes nas camadas podem alterar o comportamento do quadro hidrogeológico local. Pequenas variações no contado de argila em rochas arenosas alteram de dezenas a centenas de vezes a sua permeabilidade. Assim rochas assumidas como impermeáveis ou pouco permeáveis podem, localmente, ser qualificadas como altamente permeáveis.

Nas rochas metamórficas, face a sua estruturação em termos de bandeamentos e xistosidade, paralelamente à xistosidade pode apresentar-se permeabilidade muito elevada.

Regiões formadas por rochas calcárias, (e.g. mármore), representam um elevado risco de poluição, sobretudo se forem presentes soluções ácidas. Estas, face a solubilidade dos calcários potencialmente comprometem inclusive a sustentação, aparecendo frequentemente abatimentos, comuns em zonas de cavernas.

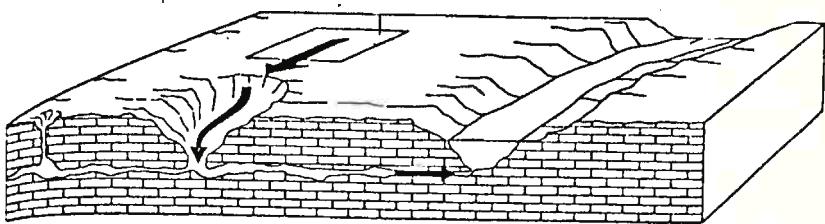


Figura 2 Dissolução de cálcaros. Presença de dolinas e cavernas

V - OS AGENTES POLUENTES E SUA DISPERSÃO

Considerando as características físico-químicas dos produtos, estes terão diferentes comportamentos quanto a dispersão. Num mesmo local face a solubilidade em água, biodegradabilidade, densidade, partição octonal - água, ponto de ebulição e constante de Henry, as distâncias percorridas serão diferentes para os diferentes compostos.

Conforme publicado em trabalhos do EPA, USA, há produtos que tendem a ser fixados na matéria orgânica do solo, face o elevado valor de KOW, tendo assim baixa solubilidade. Por outro lado, há compostos que se volatilizam mais facilmente que outros, consequência da sua ele-

vada constante de Henry.

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS
E BIOLÓGICAS DE COMPOSTOS

	Solubilidade ppm - 20°C	Ponto de ebulição °C	Densidade g/cm ³	Log Kow	Constante de Henry kpa m ³ /mol.	Mobilidade
Hexaclorobenzeno HCB	0,005	322	2.0	6.18	0.005	baixa
Pentaclorofenol PCP	14	310	2.0	5.01		baixa
Percloroetileno	1,5	121	1.6	2.6	2,3	moderada
Tetracloreto de Carbono	800	76,5	1.6	2.6	2,3	moderada

Já os metais pesados, destes o chumbo, cadmio, mercúrio, etc.; apresentam elevada toxicidade. O mercúrio é utilizado normalmente como fungicida na fabricação de tintas e papéis. O seu descarte, sob a forma de efluente industrial apresenta um elevado risco face a possibilidade de ocorrer metilação, quer seja em ambiente aeróbico, quer seja em ambiente anaeróbico. A metilação do mercúrio é a forma mais fácilmente encontrada para o metal ser absorvido pelo corpo humano. A sua absorção, a níveis elevados, gera como consequência sintomas como: restrição de visão, surdez, inibição motora, tremores, etc.

VI - TÉCNICAS DE CAMPO

VI-a Observação geológica

A observação de campo possibilita identificar as formações geológicas, bem como eventuais estruturas presentes. A forma topográfica, a vegetação, a hidrografia, etc, são outros elementos importantes que permitem uma primeira avaliação do sítio a ser investigado.

Com base nestes elementos, bem como na identificação das instalações industriais, principalmente no que se refere à sua distribuição espacial, passa-se à fase seguinte, qual seja, na aplicação de métodos geofísicos.

VII-b Métodos geofísicos

Os métodos geofísicos (Ellert, et alii) baseiam-se na medida de grandezas físicas. Estas grandezas físicas são principalmente a condutividade elétrica, velocidade de propagação de ondas e campo magnético terrestre.

A medida de condutividade elétrica pode ser feita de forma galvanica (com eletrodos em contato com o solo) ou indutiva (por meio de medidas eletromagnéticas utilizando-se bobinas).

Soluções contendo ácidos, sais, bases, etc., apresentam condutividades que contrastam das condições normais da água subterrânea ou água de chuva infiltrada. Assim estas soluções saturando o sub-solo ou parcialmente retidos nas zonas insaturadas, conferem a estes uma condutividade diferente, possibilitando assim o aparecimento de comportamento anomais. Estas anomalias correspondem portanto á áreas poluidas ou contaminadas.

O método é assim determinante na identificação da presença de áreas contaminadas e definição da sua extensão.

De modo a avaliar, com bastante detalhe, o arcabouço geológico, emprega-se o método sísmico, que se baseia na diferença de propagação das ondas acústicas nas diferentes formações geológicas.

Frequentemente rejeitos industriais (e.g. lamas de lagoas de estabilização) são acondicionadas em recipientes metálicos (tambores, etc.) e posteriormente enterrados em valas. Com o tempo, face a agressividade do solo, ou agressão dos produtos acondicionados, sofrem corrosão permitindo que seu conteúdo inicie um processo de poluição. De modo a determinar a localização destes recipientes, emprega-se o método magnetométrico, que mede a intensidade do campo magnético terrestre. Variações nesta intensidade são decorrentes, dentre outros fatores, da presença de material metálico (e.g. ferro).

Com a definição da localização e extensão da nuvem poluente, por meio de métodos geofísicos, estabelece-se a rede de poços de amostragem e monitoramento, piezômetros.

VI-C Piezômetros

Considerando-se o material que constitue a situação geológica local, estes podem ser construídos ou por meio de trados ou de sondas mecânicas.

À semelhança de uma cirurgia, também aqui devem ser tomadas medidas quanto a ascepcia. Considerando que muitos produtos tem os seus limites de toxicidade situados em ppb, todo o cuidado deve ser tomado para não haver contaminação cruzada, ou seja, trazida de perfurações anteriores. Cuidados também devem ser tomados no sentido de não se romper estratos geológicos impermeáveis. Havendo o rompimento, soluções situadas acima desta camada impermeável percolam para camadas mais profundas.

A construção destes piezômetros possibilita a obtenção de amostras de solo e água subterrânea. Estas amostras igualmente devem ser manipuladas de modo a não fornecerem dados alterados de teor dos produtos ou elementos tóxicos presentes.

VII - CONCLUSÕES

Estudos para avaliar os impactos ambientais causados por indústrias sobretudo químicas, tem sido realizados no Brasil. Estes estudos envolvendo técnicos como as mencionadas anteriormente permitiram, nos locais contaminados, identificar as áreas comprometidas e definir as suas extensões.

Dentre as técnicas disponíveis, as da geofísica aplicada possuem uma posição de destaque face a alta resolução, rapidez de execução e baixo custo. A sua utilização é também justificada pelo fato de que com base nos mapas de anomalias é possível construir-se poços de monitoramento representativos, bem como a sua construção não se baseia em uma operação de tentativa e erro.

Além dos aspectos custo e representatividade, há ainda o aspecto segurança. Uma vez definida a exata localização da nuvem poluente e do arcabouço geológico (formações, estruturas) qualquer intervenção por investigação direta terá condições de ser feita sem que represente risco para o meio ambiente ou para os técnicos envolvidos.

VII - BIBLIOGRAFIA

- CLEARY, R.W.; BERNARDES JUNIOR, C. - (1988) Contaminação de Águas Subterrâneas por poluentes orgânicos tóxicos e cancerígenos. Um caso de estudo. Anais 5º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, p. 256, São Paulo.
- DEVITTE, D.A.; EVANS, R.B.; JURY, W.A.; STARKS, T.H.; EKLUND, B.; GHOLSON, A. (1987) Soil - gas. sensing for detection and Mapping of volatile organics. NWWA.
- ELLERT, N.; GREENHOUSE, J.P.; MONIER-WILLIAMS, M.A. (1988) Geofísica no estudo da poluição de água subterrânea. Ambiente, CETESB, vol. 2 nº 2 p. 94. São Paulo.
- EYRINK, G.J.; DE PAULA, H.B.; MARTINS, M.C. (1988) Presença de mercúrio no ambiente. Ambiente, CETESB, vol. 2 nº 1 p. 43.
- VERSCHUEREN, K. (1983) Handbook of Environmental Data on Organic Chemical - 22nd Ed. Van Mostrand.