

Contaminações Subterrâneas com Combustíveis Derivados de Petróleo: Toxicidade e a Legislação Brasileira

Alexandra R. Finotti, Nelson O. Luna Caicedo

*Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Caixa Postal 15029
91501-970 Porto Alegre, RS - Fone (51) 316 6326 - finotti@if.ufrgs.br, caicedo@if.ufrgs.br*

Maria Teresa Raya Rodriguez

*Departamento de Ecologia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Caixa Postal 15029
91501-970 Porto Alegre, RS - Fone (51) 316 6762*

Recebido: 28/08/00 - revisão: 18/11/00 - aceito: 30/01/01

RESUMO

As contaminações subterrâneas com derivados de petróleo, em especial o óleo diesel e a gasolina, são cada vez mais freqüentes tornando-se um dos maiores problemas ambientais com os quais o poder público tem se deparado. As legislações brasileiras e mesmo os órgãos de meio ambiente não estão devidamente preparados para lidar com o problema. Neste artigo são levantados aspectos importantes da toxicologia dos compostos envolvidos em contaminações desta natureza. Também é feito um levantamento da legislação existente que trata do tema águas subterrâneas no Brasil. Não existem no Brasil padrões estabelecidos especificamente para as águas subterrâneas, de forma que as consultorias têm utilizado os padrões de potabilidade, os padrões de enquadramento do CONAMA, ou qualquer legislação estrangeira muitas vezes sem o menor cuidado em avaliar se sua aplicação é adequada. O conhecimento da toxicidade dos compostos é importante para que se perceba em que pontos a legislação que institui os padrões das águas, que não são específicos para as águas subterrâneas, falha e ainda para ressaltar a necessidade de que é urgente que os órgãos de meio ambiente e os poderes públicos em geral tomem precauções e modifiquem o quadro brasileiro no que diz respeito às águas subterrâneas.

Palavras-chave: *contaminações subterrâneas, combustíveis, derivados de petróleo, legislação ambiental brasileira.*

INTRODUÇÃO

A cada ano aumenta no mundo o consumo de derivados do petróleo: em especial o diesel e a gasolina. Em contaminações com gasolina, apesar desta ser constituída de cerca de 22 substâncias, os compostos que têm maior importância ambiental são os BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno) por serem os componentes mais solúveis. Já no caso do diesel os compostos mais importantes estão na classe dos aromáticos polinucleados como naftalenos, por apresentarem maior mobilidade e o benzo(a)pireno por terem sido encontradas evidências de ser carcinogênico. Há uma forte suspeita de que vários outros compostos do diesel sejam carcinogênicos, mas a falta de comprovação e a sua baixa mobilidade não os levou ainda para a lista dos mais perigosos.

A gasolina brasileira apresenta uma peculiaridade: a mistura com etanol. O etanol passou a

ser usado no Brasil em 1975 como combustível alternativo. As tentativas de reacender o programa iniciadas em 1999 ainda não surtiram efeito. O etanol começou a ser usado como aditivo à gasolina na proporção de 22% como forma de redução da poluição atmosférica. Nos últimos anos esta proporção foi alterada para 24%. Apesar da presença do etanol reduzir a poluição atmosférica, a proporção parece não ser adequada já que o critério de seleção do valor foi mais político que técnico. A porcentagem adequada para a redução da poluição atmosférica seria da ordem de 12%, segundo informações de técnicos da Petrobras. Outra questão importante é que os motores dos automóveis deveriam ser calibrados de fábrica para o uso da mistura, de forma a tornar a redução de emissões atmosféricas eficiente.

A adição de etanol altera o comportamento da gasolina no meio ambiente uma vez que modifica propriedades como por exemplo a solubilidade,

a mobilidade e a biodegradação. Outro aditivo usado na gasolina é o MTBE (metil terc butil éter). No Brasil somente o Estado do Rio Grande do Sul foi autorizado a utilizá-lo por uma questão econômica. Em março de 1999 a liminar que autorizava o uso do MTBE no Estado foi cassada, atualmente o Rio Grande do Sul também usa a mistura com etanol. Estas decisões jurídicas e políticas contribuem para tornar o quadro das contaminações subsuperficiais com derivados de petróleo mais complexo. No Rio Grande do Sul, contaminações ocorridas até março de 1999 vão apresentar a mistura com MTBE e as posteriores vão apresentar a mistura com etanol. A avaliação e as propostas de recuperação das áreas devem levar estes fatores em consideração não podendo ser descartado o pedido de análise inclusive do MTBE mesmo não sendo mais usado atualmente.

O armazenamento dos combustíveis se dá basicamente em tanques subterrâneos de grande capacidade. A vida útil de um tanque de armazenamento subterrâneo é de cerca de 20 anos (Finotti, 1997). No Brasil houve um grande aumento no número de postos de combustíveis na década de 70. Grande parte destes estabelecimentos deve estar com a vida útil de seus expirada. Um caso bem ilustrativo do que pode estar acontecendo no subsolo do país foi reportado em Joinville (SC): dos 65 postos inspecionados apenas um não apresentou nenhum tipo de contaminação da água subterrânea (Corseuil e Marins, 1997) o que representa o impressionante valor de 98% de casos de contaminação dentre os postos avaliados.

As contaminações subsuperficiais com derivados de petróleo constituem um dos acidentes ambientais mais sérios na atualidade, por três motivos: inicialmente, porque postos de abastecimento de combustível fazem parte da vida das cidades, são encontrados espalhados em vários locais; segundo, porque apesar do Brasil ser um país privilegiado em volume de águas superficiais para abastecimento das cidades, sua poluição tem sido tão devastadora, que a necessidade de uso de águas subterrâneas tem aumentando muito na última década; e por fim, porque a contaminação subsuperficial é difícil de ser detectada. Esses fatores contribuem para que o risco envolvido neste tipo de contaminação seja bastante alto.

Neste artigo são mostrados os principais efeitos ambientais das contaminações com diesel e gasolina. Na seqüência é feito um apanhado da situação das legislações sobre água subterrânea no Brasil, no que tange à questão da contaminação. A título de comparação são mostrados em linhas gerais os princípios básicos da legislação de outros países como os Estados Unidos e a Holanda, que já se ocupam deste problema há mais tempo. A sele-

ção em especial destes dois derivados, gasolina e óleo diesel se deve ao fato de serem os mais produzidos, mais consumidos e seu abastecimento estar ligado aos postos de abastecimento e serviços que estão espalhados por vários locais, especialmente dentro das cidades.

DADOS SOBRE COMPOSIÇÃO DOS DERIVADOS DE PETRÓLEO E SEU CONSUMO NO BRASIL

O consumo de derivados de petróleo no Brasil, especialmente gasolina e diesel, tem aumentado bastante a cada ano o que pode ser visto na Tabela 1. O aumento de consumo tem sido da ordem de 5 a 10% ao ano.

Tabela 1. Consumo de derivados de petróleo no Brasil em milhões de litros por dia.

Ano	1995 ⁽¹⁾	1996 ⁽²⁾	1997 ⁽³⁾	1998 ⁽⁴⁾
Gasolina	38	48,1	49,1	51,7
Diesel	82	85,3	89,6	96,1

¹ Petrobras (1995); ² Estimados a partir de Petrobras (1997); ³ Petrobras (1997); ⁴ Petrobras (1998).

O aumento do consumo de gasolina e óleo diesel pode ser correlacionado com o aumento do risco potencial de contaminações. Em primeiro lugar por que implica em maior circulação destes derivados, que são produzidos nas refinarias de petróleo ou que chegam pelos portos brasileiros e são distribuídos por todo o Brasil principalmente por via rodoviária. Há também um aumento do número de postos de abastecimento de combustíveis com a inevitável instalação de tanques subterrâneos. No Brasil, segundo Corseuil e Marins (1996) os tanques subterrâneos de armazenamento estavam espalhados em cerca de 27.000 postos de combustíveis no ano de 1996. No município de Porto Alegre este número é de 260 postos aproximadamente segundo informação da Secretaria Municipal do Meio Ambiente em março de 2000. Apesar de, nos últimos anos, ter havido uma maior preocupação com a criação de instalações mais seguras, de

postos ecológicos por exemplo, estes representam uma parcela ainda muito pequena do total de postos construídos (Petrobras, 1998).

Os vazamentos em postos de combustíveis não são raros, mas, o maior problema é que a falta de monitoramento das águas subterrâneas faz com que este tipo de contaminação só apareça quando há denúncia ou algum tipo de reclamação com a verificação da ocorrência pelos órgãos de meio ambiente. Quando chega ao ponto de haver algum indício externo de contaminação, é bastante provável que o comprometimento do meio ambiente já seja bastante grande, dificultando o controle e quase impossibilitando a limpeza completa.

Os derivados de petróleo são compostos basicamente de hidrocarbonetos já que aqueles compostos que apresentam traços de nitrogênio, enxofre ou oxigênio são removidos na quase totalidade dos derivados mais leves durante o processo de refinamento. Os hidrocarbonetos mais característicos da gasolina e do diesel são, além dos alifáticos, os compostos aromáticos simples e alguns polinucleados.

Gasolina

A gasolina é composta por hidrocarbonetos e aditivos usados para melhorar o desempenho do combustível e do motor. Os hidrocarbonetos da gasolina são leves contendo de 4 a 12 carbonos em cadeia linear (60 a 90% do volume) ou em compostos aromáticos (10 a 40% do volume). Os compostos aromáticos são principalmente os BTEX que possuem entre 6 e 8 carbonos. Os outros aromáticos são mais pesados como é o caso os poliaromáticos (PAHs). Quanto maior o número de carbonos menos volátil é o hidrocarboneto. Num derramamento de gasolina os compostos com menor número de carbonos são rapidamente volatilizados como é o caso dos compostos com 4 e 5 carbonos. O aumento do tamanho da cadeia de carbonos, também, geralmente está associado à menor mobilidade do composto no solo e maior facilidade em ficar adsorvido à matéria orgânica.

A gasolina derramada infiltra rapidamente no solo por seus componentes apresentarem boa mobilidade. Após a infiltração pode atingir a água subterrânea, se não houver impedimentos geológicos. Na água subterrânea a gasolina não se mistura completamente criando uma outra fase acima do

nível freático denominada fase livre (NAPL), (Corseuil et al., 1996). Da fase livre uma parte dos compostos vai se solubilizar. Mesmo sua solubilidade sendo baixa os valores encontrados nas águas subterrâneas provenientes deste tipo de contaminação estão muito acima dos valores tolerados. Os compostos BTEX são os mais solúveis e são de alguma forma perigosos: o benzeno é um composto classificado como carcinogênico enquanto tolueno, etilbenzeno e xileno são classificados como tóxicos.

Existe uma diferença de tratamento para os compostos classificados como carcinogênicos e como tóxicos. Para os tóxicos são estudados valores abaixo dos quais se considera que o dano à saúde não é significativo, são os chamados “valores limite de exposição”. Para os carcinogênicos se considera que o contato com qualquer concentração da substância aumenta a possibilidade do indivíduo desenvolver câncer, desta forma os padrões para os carcinogênicos são muito mais exigentes do que para os tóxicos.

Freqüentemente são adicionados à gasolina compostos oxigenados como álcoois e éteres, os aditivos, para melhorar a octanagem e diminuir a emissão de monóxido de carbono na combustão. No Brasil é utilizado o etanol na porcentagem de 24% e nos Estados Unidos é usado o MTBE. A adição do MTBE tem sido revista porque, apesar deste composto não apresentar muita toxicidade (problemas hepáticos e renais nos seres humanos) no meio ambiente, ele é do tipo persistente não sendo degradado nem biodegradado, permanecendo por várias décadas no meio.

Nas contaminações com a gasolina brasileira o etanol é outro composto que adquire importância. O etanol não é classificado como tóxico, é usado na remediação como um co-solvente na dessorção de outros contaminantes (Alvarez, 1997), e ainda é tolerado na ingestão de bebidas alcoólicas. Entretanto, sua presença altera o comportamento da gasolina em termos de solubilidade, mobilidade e degradação, tanto no solo quanto na água subterrânea (Corseuil e Alvarez, 1996; Fernandes e Corseuil, 1997; Santos et al., 1996). Com base nestas evidências é de se esperar que sejam necessárias modificações nos modelos tradicionais de transporte, usados na análise das contaminações e nas propostas de remediação, uma vez que os contaminantes vão se comportar de maneira diversa na presença de etanol.

Óleo diesel

Os componentes do óleo diesel são hidrocarbonetos com 10 a 20 carbonos. Devido ao seu maior peso molecular os compostos do diesel são menos voláteis, menos solúveis em água e apresentam menor mobilidade no ambiente do que aqueles que compõem a gasolina. A proporção dos compostos aromáticos é de 25 a 35% (ASTM, 1995). As proporções de BTEX presentes no diesel são geralmente muito baixas.

Os compostos poliaromáticos com três a seis anéis benzênicos são carcinogênicos comprovados ou suspeitos e são considerados os compostos mais perigosos em caso de contaminações com o óleo diesel. O benzo(a)pireno ou B(a)P já foi comprovado através de testes toxicológicos como carcinogênico. Outros compostos presentes no diesel e suspeitos de aumentarem a incidência de câncer podem ser vistos na Tabela 2.

Tabela 2. Classificação dos compostos presentes na gasolina e/ou diesel (adaptado de Montgomery e Welkon, 1989 e ASTM, 1995).

Composto	Fórmula	Toxicologia
Benzeno	C ₆ H ₆	Carcinogênico
Etilbenzeno	C ₈ H ₁₀	Tóxico
Tolueno	C ₇ H ₈	Tóxico
Xileno	C ₈ H ₁₀	Tóxico
Pireno	C ₁₆ H ₁₀	Carcinogênico potencial*
Benzo(a)pireno	C ₂₀ H ₁₂	Provável carcinogênico humano. Comprovado em animais mas ainda não provado em humanos através de estudos epidemiológicos;
Naftaleno	C ₁₀ H ₈	Não classificado como carcinogênico para o homem, faltam dados também com outros animais;
Antraceno	C ₁₄ H ₆	Carcinogênico potencial*
Fenantreno	C ₁₄ H ₁₆	Carcinogênico potencial*
Fluoranteno	C ₁₆ H ₁₀	Carcinogênico potencial*
Benzo(a)antraceno	C ₁₈ H ₁₂	Carcinogênico potencial*
Criseno	C ₁₈ H ₁₂	Carcinogênico potencial*
Benzo(k)fluoranteno	C ₂₀ H ₁₂	Carcinogênico potencial*

* Dados retirados de Montgomery e Welkon (1989).

Em um derrame de óleo diesel, devido a sua mobilidade moderada e o potencial de adsorção ao solo também moderado, o tempo para percolação é bem maior que o da gasolina. Contudo, o contaminante migra até o nível d'água deixando atrás de si um rastro de saturação residual na zona não saturada do aquífero. Seus componentes são menos densos que a água permanecendo acima do nível do aquífero como fase livre em uma pluma com migração bem mais lenta que a da gasolina e com solubilidade bastante baixa. Entretanto, pelo fato de muitos de seus componentes serem classificados como carcinogênicos, considera-se que mesmo a baixa dissolução na água é preocupante.

O fato de serem pouco móveis parece ter sido uma das causas da menor preocupação com estes contaminantes do que com os da gasolina e explica o porquê de existirem muito menos estudos nesta área. Entretanto, nos últimos 5 anos a preocupação tem aumentado, principalmente em função de se ter levantado a questão de que muitas destas substâncias, além do B(a)P, serem prováveis cancerígenos humanos.

TOXICOLOGIA DOS COMPOSTOS MAIS PERIGOSOS EM CONTAMINAÇÕES COM GASOLINA OU DIESEL

A avaliação de uma contaminação e do risco que ela representa para o ambiente tem como uma de suas etapas principais a seleção do tipo de análises a serem realizadas. No caso de contaminações com derivados de petróleo esta seleção pode parecer, à primeira vista, complexa, já que estes produtos são constituídos de vários compostos diferentes. Uma tendência é de se utilizar um índice geral chamado de TPH ("Total Petroleum Hydrocarbons" - hidrocarbonetos totais, sendo usado até mesmo óleos e graxas). O uso de índices desta natureza não fornece, todavia, nenhuma informação sobre a característica dos compostos medidos neste valor geral. O uso de índices genéricos não dá noção da gravidade da contaminação. O que tem sido feito em muitas legislações no mundo como as da Holanda, dos Estados Unidos e do Canadá é selecionar algumas substância, as mais perigosas, as mais tóxicas, as mais inflamáveis, as carcinogênicas e analisar as amostras para estas substâncias adotando desta forma um critério a favor da segurança. Na seqüência é apresentada uma lista das substâncias geralmente selecionadas quando a contamina-

ção ocorre com gasolina ou óleo diesel e algumas informações sobre sua toxicologia e comportamento no meio ambiente.

Benzeno

A maior fonte de benzeno para o meio ambiente são as contaminações com gasolina. O benzeno pode entrar no ambiente, também, através de derramamentos de benzeno puro já que é um solvente usado em outras atividades indústrias. Entretanto há uma tendência em substituir esta substância por outras que não sejam carcinogênicas. As atividades com benzeno no Brasil são rigorosamente reguladas através de portaria do Ministério do Trabalho (Brasil, 1978). O benzeno também é liberado na fumaça do cigarro.

Quando derramado no solo, grande parte irá evaporar. Como pode ser visto na Tabela 3 apresenta um valor baixo do coeficiente de partição no carbono orgânico o que indica pouca tendência em adsorver a matéria orgânica e, conseqüentemente, alta mobilidade. Assim, além de evaporar, parte infiltra no solo podendo alcançar a água subterrânea.

Quando derramado diretamente na água a volatilização também se dá de forma rápida. Tem pouca tendência em adsorver aos sedimentos, em bioacumular ou em hidrolisar. Biodegrada em condições aeróbias (Santos, 1996), mas necessita de um período de aclimação em ambiente marinho (Howard, 1990). Em situações de água gelada, baixo nível de nutrientes ou outras condições limitantes, nas quais a volatilização e a biodegradação ficam prejudicadas, a fotodegradação pode ser uma fonte significativa de remoção do benzeno.

Na atmosfera o benzeno não é susceptível à fotólise mas reage com radicais hidroxil produzidos por processos fotoquímicos. Pode ser removido da atmosfera através da solubilização na água da chuva voltando assim para a água ou para o solo.

Os seres humanos são expostos ao benzeno especialmente através da inalação de ar contaminado próximo a postos de abastecimento de combustíveis, de fábricas que utilizam benzeno em sua produção sem as devidas precauções e em áreas com tráfego intenso de automóveis. Outra fonte significativa de exposição é a água subterrânea contaminada que geralmente tem como fonte os tanques de armazenamento subterrâneo de gasolina e aterros de resíduos. Na compilação de dados

Tabela 3. Constantes físico-químicas de alguns componentes dos derivados de petróleo.

Composto	H	S _a	K _{oc}	K _{ow}
Benzeno	5,5x10 ⁻³	1,75x10 ⁶	2,13	1,58
Tolueno	6,6x10 ⁻³	5,35x10 ⁵	2,65	2,13
Xileno (orto)	5,1x10 ⁻³	1,98x10 ⁵	3,26	2,38
Etilbenzeno	8,70x10 ⁻³	1,52x10 ⁵	3,04	3,15
Naftaleno	1,15x10 ⁻³	3,10x10 ⁴	3,11	3,01
1 - Metilnaftaleno	2,60x10 ⁻⁴	2,60x10 ⁴	2,86	>3,5
2 - Metilnaftaleno	5,18x10 ⁻⁴	2,80x10 ⁴	3,93	
Benzo(a)pireno	2,4x10 ⁻⁶	1,2	5,98	5,59
Pireno	1,87x10 ⁻⁵	132	4,88	4,58
Antraceno	6,51x10 ⁻⁵	450	4,45	4,15
Fenantreno	2,56x10 ⁻⁵	1x10 ³	4,46	4,15

H - Constante de Henry (m³.atm/mol);

S_a - Solubilidade na água (µg/l);

K_{oc} - Coeficiente de partição carbono orgânico (log);

K_{ow} - Coeficiente de partição octanol-água (log).

de Howard (1990), são listados valores a que um homem que reside na cidade normalmente está exposto: entre 9,1 e 65 µg/m³ de exposição diária no ar e 0,1 µg/l na água. Já os valores de exposição diária máxima permitida em padrões ocupacionais distribuída ao longo de 8 horas de jornada de trabalho são de 30 mg/m³ para a inalação, segundo Montgomery e Welton (1989). Segundo a EPA (1999), a concentração máxima admissível na água potável é de 0,005 mg/l e a concentração alvo na água potável é 0. Concentração alvo é o objetivo que se pretende alcançar na água potável.

Tolueno

O tolueno entra no meio ambiente principalmente através da gasolina, seja no seu transporte e armazenamento, seja através de sua combustão nos veículos automotores. Outra forma de entrada no ambiente é através do uso de tiner e solventes a base de tolueno. Também é um composto presente na fumaça do cigarro.

Em derramamentos no solo e na atmosfera o tolueno apresenta um comportamento muito similar ao do benzeno.

Na água o tolueno também se perde por volatilização e ou por biodegradação. Não é sujeito à hidrólise nem fotólise, não adsorve aos sedimentos e nem bioconcentra em organismos aquáticos, mas, foi encontrado em peixes e ostras de locais

contaminados com petróleo. Na água subterrânea, a biodegradação em condições aeróbias é relativamente rápida, ocorrendo em poucos dias. Entretanto, se a concentração for muito alta, pode ser tóxico para os microorganismos, dificultando a biodegradação.

O homem urbano está submetido a concentrações diárias médias no ar de $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e ingestão na água de $2 \mu\text{g}/\text{l}$ (Howard, 1990). Segundo Montgomery e Welton (1989) a concentração máxima para inalação em padrões ocupacionais em 8 horas é de 200 ppm ou $822 \text{mg}/\text{m}^3$. A máxima concentração admissível na água potável é de $1 \text{mg}/\text{l}$ e a concentração alvo também é a mesma (EPA, 1999).

Xileno

A principal fonte é a gasolina, mas, também, pode entrar no ambiente através de seu uso como solvente. Esse uso tem aumentado uma vez que o xileno está sendo usado como um substituto mais seguro para o benzeno. Apresenta três isômeros: orto, meta e para-xileno, que diferem um pouco em termos de suas propriedades físico-químicas. É um componente natural de várias plantas, sendo também liberado quando de sua combustão. Alguns agrotóxicos também apresentam concentrações de xilenos.

Quando derramado no solo apresenta grande volatilização, mas, uma parte infiltra podendo alcançar a água subterrânea. No solo é relativamente móvel, sendo sua adsorção de moderada a baixa. Apesar de ser sujeito à degradação natural, de acordo com estudos laboratoriais, pode persistir durante vários anos na água subterrânea (EPA, 1999). Foram reportados também biodegradação em condições anaeróbias denitrificantes (Howard, 1990).

Na água a maior fonte de remoção é a volatilização e não é sujeito à hidrólise. A bioconcentração não é significativa nos organismos aquáticos. Na atmosfera, reage com os radicais hidroxil e também é sujeito a ser removido pela chuva.

A concentração média diária no ar a que um homem urbano está exposto é de $3,5$ a $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e a ingestão de água com concentração média de 0 a $1 \mu\text{g}/\text{l}$ (Howard, 1990). Segundo Montgomery e Welton (1989) a concentração máxima para inalação em 8 horas é de $435 \text{mg}/\text{m}^3$. O valor indicado como concentração máxima tolerável como padrão para potabilidade e a concentração alvo da água são ambas de $10 \text{mg}/\text{l}$ (EPA, 1999)

Etilbenzeno

O etilbenzeno é um composto tóxico. O alto valor de sua constante de Henry indica que é um composto que se volatiliza com rapidez nas condições do ambiente subsuperficial. Sua moderada solubilidade e também moderada tendência a adsorver ao solo indicam que o etilbenzeno pode ser lixiviado até a água subterrânea. É biodegradável e possivelmente não bioacumula.

A degradação natural foi observada na água subterrânea no prazo de poucos dias, mas, não foi observada em condições denitrificantes ou anaeróbias. É resistente à hidrólise. Na atmosfera reage com radicais hidroxil e parte retorna para o solo e para as águas através da chuva.

A dose referência de exposição estabelecida em função de estudos com animais é de $0,1 \text{mg}/\text{Kg}/\text{dia}$. O valor de máxima concentração em que se considera que não há nenhum dano à saúde humana no caso de exposição através de água ingerida é de $700 \mu\text{g}/\text{l}$ (EPA, 1999). O valor estabelecido como máximo no caso de exposição através do ar é de $1 \text{mg}/\text{m}^3$. Todos os dados são adotados pela agência de proteção ambiental americana EPA (apud ASTM, 1995).

Naftaleno e metilnaftalenos

Pode ocorrer intoxicação quando da ingestão, inalação ou contato dérmico com doses muito altas. Podem causar náuseas, dor de cabeça, febre, suores, anemia, problemas no fígado, vômitos, convulsões e coma. No meio ambiente o problema mais grave se dá com os organismos aquáticos. Os valores padrões de exposição deste composto estão em fase de revisão (ASTM, 1995).

Apresenta uma constante de Henry alta, o que mostra sua capacidade em volatilizar. A solubilidade é moderada assim como a tendência a adsorver ao solo, indicando que o composto pode infiltrar ou ser lixiviado até a água subterrânea. Notar, na Tabela 3, que estes valores, apesar de serem considerados moderados, são bem menores do que os valores do etilbenzeno, que é mais móvel e mais solúvel que o naftaleno.

Os metilnaftalenos são menos tóxicos do que o naftaleno, causando nos seres humanos ape-

Tabela 4. Dados de toxicologia de compostos presentes nos derivados de petróleo.

Composto	Exposição cotidiana urbana		Padrão ocupacional Inalação em 8h/dia (mg/m ³)	Água potável	
	Ar (µg/m ³)	Água (µg/l)		Concentração máx. admissível (mg/l)	Concentração alvo
Benzeno	9,1 a 65 ⁽¹⁾	0,1 ⁽¹⁾	30 ⁽²⁾	0,005 ⁽³⁾	0
Tolueno	42 ⁽¹⁾	2 ⁽¹⁾	822 ⁽²⁾	1 ⁽³⁾	1 mg/l ⁽³⁾
Xileno	3,5 a 8,5 ⁽¹⁾	0 a 1 ⁽¹⁾	435 ⁽²⁾	10 ⁽³⁾	10 mg/l ⁽³⁾
Etilbenzeno	0,1 mg/Kg/dia*			700 µg/l** ⁽³⁾	
Benzo(a)pireno				0,2 µg/l ⁽⁴⁾	
Pireno	Dose referência de estudos toxicológicos 3x10 ⁻² mg/Kg/dia				

* Dose referência em estudos toxicológicos; ** Nível máximo (água ingerida) em que se considera nenhum dano à saúde; ¹ Howard (1990); ² Montgomery e Welcon (1989); ³ EPA (1999); ⁴ ASTM (1995).

nas sintomas como irritação e fotosensibilidade da pele. Entretanto, a inalação de vapores pode causar náuseas, dor de cabeça e confusão mental. Apesar de terem a capacidade de volatilizar nas condições do ambiente subsuperficial, este fenômeno se dá em menor escala do que com o naftaleno, como pode ser visto Tabela 3, em função de sua constante de Henry ser menor. A solubilidade na água é próxima daquela do naftaleno. São de moderadamente móveis para os naftalenos, a pouco móveis para os dimetilnaftaleno e trimetilnaftaleno. Esta propriedade diminui com o aumento da quantidade dos grupos metil. Apresenta também maior afinidade com a matéria orgânica do que com a água devido seu alto coeficiente de partição octanol-água, o que faz com que estes compostos particionem da água para a matéria orgânica depositada ou em suspensão. Apresentam também tendência a bioacumular. Quanto à biodegradação, estes contaminantes possuem um potencial moderado para serem transformados por organismos do meio ambiente.

Benzo(a)pireno

De acordo com estudos toxicológicos em animais o benzo(a)pireno é classificado como provável carcinogênico para o homem. A concentração máxima admissível na água é de 0,2 µg/l, segundo a EPA (apud ASTM, 1995) baseado nos limites de detecção da substância. A concentração alvo de remediação foi estabelecida em zero.

No ambiente, não volatiliza facilmente nas condições normais. Sua solubilidade é muito baixa como pode ser visto na Tabela 3. Tem alta tendência a ficar fortemente adsorvido ao solo, praticamente imobilizado devido ao seu alto coeficiente de partição na matéria orgânica. Apresenta também baixa biodegradabilidade e pode bioacumular. Juntamente com o benzeno são os únicos compostos tabelados nas legislações brasileiras.

Pireno

É um composto tóxico mas não carcinogênico. Sua dose de referência foi fixada pela EPA em 3x10² mg/kg/dia. Não tem padrões estabelecidos em água. Sua solubilidade é de moderada a baixa. Tem tendência a adsorver sendo muito pouco móvel.

LEGISLAÇÃO SOBRE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL

Esfra Federal

A primeira tentativa de disciplinar a exploração das águas subterrâneas se deu em 1934 com o Código de Águas, entretanto, apesar dos mais de 60 anos do código, os dispositivos que disciplinam o uso das águas subterrâneas nunca foram realmente aplicados, resultando no extrativismo não controlado vigente em grande parte do território brasileiro (Rebouças, 1999). A Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988) fez poucas alterações em relação ao Código de Águas na matéria de águas subterrâneas. A alteração mais marcante foi a extinção do domínio privado das águas passando os corpos d'água para o domínio público com sua gestão subordinada à esfera estadual. Anteriormente à Constituição, as águas subterrâneas tinham seu domínio indefinido.

Em 1995 a reestruturação do Estado cria a Secretaria Nacional de Recursos Hídricos subordinada ao Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, com o objetivo de formular e executar o planejamento de recursos hídricos do Brasil. Foi a criação da secretaria o ponto de partida que levou à criação e aprovação da Lei 9.433 da Política Nacional de Recursos Hídricos em 1997 (Brasil, 1997). Esta lei é uma tentativa de disciplinar, modernizar e democratizar o uso das águas no Brasil, tanto as superficiais quanto as subterrâneas. A água subterrânea passa a estar ligada ao limite da bacia hidrográfica em que está localizado o aquífero e deve ter sua gestão integrada a das águas superficiais. Nesta lei são introduzidos como instrumentos para disciplinar o uso das águas a cobrança e a outorga. Outra premissa estabelecida na lei é a gestão da qualidade conjunta com a gestão quantitativa dos recursos hídricos.

Pontos da Lei Federal 9.433/97 relacionados com as águas subterrâneas - A Lei 9.433/97 tem como um de seus princípios a gestão da quantidade em conjunto com a gestão da qualidade dos recursos hídricos. A gestão da qualidade deve sem dúvida ter como uma das etapas o controle de fontes poluidoras. A poluição urbana é crescente e a poluição rural, geralmente difusa, tem sido negligenciada, apesar do Brasil ser o quinto país na lista mundial de consumidores de herbicidas e pesticidas que são comercializados e utilizados sem controle. No que diz respeito à quantidade há também o sério problema de uso descontrolado da água subterrânea colocando em risco o sistema aquífero. Um exemplo do aumento do uso deste recurso é o Estado de São Paulo que possui 70% das cidades e 99% das indústrias abastecidas por água subterrânea (Rebouças, 1999).

Dois dos instrumentos para a gestão integrada da qualidade e da quantidade das águas foram instituídos na atual legislação brasileira. São eles o enquadramento dos cursos de água em classes e o Plano de Recursos Hídricos. O enquadramento e o Plano de Recursos Hídricos tem seu ponto de tangência na Lei 9.433/97, na definição de que a outorga estará condicionada às prioridades de uso estabelecidas nos Planos de Recursos Hídricos e deverá respeitar a classe de enquadramento do corpo de água. Desta forma o plano e o enquadramento são indissociáveis porque não se pode adotar prioridades de uso sem que haja coerência com o enquadramento e não se pode estabelecer os planos sem que os corpos de água sejam enquadrados em classes de usos preponderantes. O enquadramento e a elaboração dos planos é de competência das Agências de Águas, sendo ambos submetidos ao

comitê de bacia. O enquadramento é posteriormente encaminhado ao Conselho Nacional ou Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos.

O enquadramento é disciplinado pela portaria nº 20/1986 do CONAMA que tem ditado os padrões de qualidade de águas no Brasil. Entretanto, segundo Barth (1999) há um desvio dos objetivos primordiais do enquadramento. Na portaria que o institui, o enquadramento é tido como uma meta de qualidade do corpo de água a ser atingida através de medidas de controle das fontes degradadoras. Porém, tem sido aplicado como se o corpo de água estivesse na condição da classe em que foi enquadrado e como se esta classe devesse ser mantida. Assim o enquadramento tem perdido seu caráter de instrumento de gestão da qualidade das águas e se transformado em fixador de padrões de diagnóstico da qualidade das águas.

Neste contexto as águas subterrâneas se encontram em situação mais complexa. A lei 9.433/97 se aplica também à gestão das águas subterrâneas por se referir a "recursos hídricos". O enquadramento na seção II da referida lei é remetido, através do art. 10, à legislação ambiental "*Art. 10 - As classes de corpos de água serão estabelecidas pela legislação ambiental (Lei 9.433/97)*". Desta forma o enquadramento fica regido pela Resolução nº 20/1986 do CONAMA. Esta resolução, entretanto, se refere ao enquadramento das águas superficiais. Fica criado, assim, um conflito. É preciso levantar a questão de que o enquadramento, mesmo sendo definido na lei 9433/97 como o instrumento para gestão da qualidade, não é aplicável às águas subterrâneas. Logo as águas subterrâneas não foram devidamente contempladas na lei de recursos hídricos.

Outro ponto da lei que merece destaque é o uso da bacia hidrográfica unidade de gestão dos recursos hídricos. O limite da bacia hidrográfica quase nunca coincide com os limites dos aquíferos que podem se estender por Estados inteiros e ultrapassar mesmo os limites das fronteiras dos países. Exemplo de aquífero com extensão muito grande é o aquífero Guarani que engloba toda a região Sul do Brasil, os Estados de Mato Grosso, Goiás, São Paulo além da Argentina, Uruguai e Paraguai. Podem surgir conflitos na gestão dos aquíferos e das bacias hidrográficas (Rebouças, 1999). Questiona-se também que, apesar de muito se falar em gestão

integrada dos recursos hídricos na Lei 9.433/97 são colocadas em destaque as águas superficiais. Assim a inclusão da água subterrânea na lei é apenas pró-forma o que de certo modo institucionaliza o extrativismo empírico e improvisado vigente na exploração deste recurso.

Um aspecto importante que é instituído na lei da política nacional de recursos hídricos está no art 3º § V “a articulação da gestão dos recursos hídricos com a do uso do solo”. Este ponto sim abre espaço para uma gestão adequada da qualidade das águas subterrâneas. Sendo o solo a matriz que encerra a água subterrânea, a qualidade desta está intimamente relacionada ao controle daquele e é impossível gerir a qualidade da água subterrânea sem gerir e controlar a poluição do solo. O Estado de São Paulo está preparando uma legislação neste sentido, a exemplo de países como Holanda, Canadá e Estados Unidos.

Dentro deste contexto é necessário esclarecer porque a contaminação com derivados de petróleo, mais especificamente gasolina, é importante na qualidade das águas subterrâneas. Para se ter uma idéia, em um levantamento da CETESB em 1996 as áreas do Estado de São Paulo já comprovadamente contaminadas somavam um total de 150. Destas, 45 eram postos de gasolina, 67 lixões e 38 áreas industriais (Casarini, 1996). Das áreas contaminadas os postos de gasolina representam quase 30% e deve-se considerar que o Estado de São Paulo é o mais industrializado do Brasil. Nos outros Estados, dada a menor industrialização, é de esperar que os casos de contaminação por postos de abastecimento de combustíveis podem representar percentuais até maiores que os apresentados por São Paulo.

Esfera Estadual

Na esfera estadual, a Tabela 5 demonstra a situação das águas subterrâneas e superficiais dentro das constituições dos Estados. Pode-se ver que dos 27 Estados brasileiros apenas seis dão destaque especial para as águas subterrâneas em seus textos constitucionais e somente 14 mencionam a gestão qualitativa de seus recursos. Entretanto, apesar desta preocupação legal, na prática a questão da qualidade é relegada e a contaminação dos mananciais se encontra bastante avançada em praticamente todo o território nacional.

De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos instituída na Lei Federal 9.433/97 o gerenciamento dos recursos hídricos deverá estar organizado nos Estados através da criação e aprovação das leis estaduais sobre gerenciamento dos recursos hídricos dentro dos moldes estabelecidos na lei federal. Dez Estados da união e o Distrito

Federal já aprovaram suas leis estaduais sobre gerenciamento de recursos hídricos. São eles: São Paulo, Ceará, Minas Gerais, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Sergipe, Bahia, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco.

Lei de águas subterrâneas do Estado de São Paulo

- Apenas dois Estados possuem legislações específicas para as águas subterrâneas: São Paulo e Pernambuco. A Lei 6.134 de 1988 trata das águas subterrâneas no Estado de São Paulo. Foi promulgada antes da Constituição Federal de 1988 que determinou o domínio das águas subterrâneas como sendo estaduais. Uma das maiores contribuições desta lei foi exatamente dar domínio das águas subterrâneas ao Estado, antes da Constituição Federal o fazer, já que estas águas estavam sem domínio desde o Código de Mineração de 1967. A regulamentação desta lei só veio pelo Decreto Estadual nº 32.995 de 7/2/1991.

As atribuições dadas a cada órgão pela lei estadual podem ser vistas na Tabela 6. A CETESB compete o controle da poluição ambiental para garantia da qualidade das águas subterrâneas. Uma das alternativas que têm sido estudadas por este órgão para operacionalizar esta tarefa é a revisão da lei paulista 997/76, que institui políticas de controle ambiental do solo, da água e do ar, regulamentada pelo decreto 8466/76. Concomitante com esta revisão está a criação da lei de áreas contaminadas, que em 1997 estava em forma de minuta (Casarini, 1997a), além da criação dos padrões e guias para monitorar a qualidade dos solos e águas subterrâneas e avaliar as áreas contaminadas.

Na questão da gestão das águas subterrâneas no Estado de São Paulo os órgãos envolvidos na gestão das águas subterrâneas têm adotado uma metodologia própria que, apesar de ainda não regulada por leis, está sendo utilizada como instrumento da gestão deste recurso. Na publicação conjunta da CETESB, DAEE, IG e Secretarias Estadual do Meio Ambiente e Estadual de Recursos Hídricos, Saneamento e Obras (São Paulo, 1997) são lançadas algumas visões que merecem destaque como a Gestão Global e as abordagens para o estabelecimento de políticas e programas de prevenção e controle da poluição.

Tabela 5. Quadro resumo dos recursos hídricos nas constituições estaduais (adaptado de Barth, 1999).

Região	UF	Gestão por bacias hidrográficas;	Gestão integrada de águas superficiais e subterrâneas;	Gestão integrada de qualidade e quantidade;	Destaque para águas subterrâneas;
Sul	RS	S	S	S	S
	SC	-	-	-	-
	PR	N	N	N	N
Sudeste	SP	S	S	S	S
	MG	S	S	N	N
	RJ	S	N	S	N
	ES	S	S	S	S
Centro-oeste	GO	N	S	S	N
	MS	S	S	S	S
	MT	S	S	S	S
	DF	S	N	N	N
Nordeste	BA	N	S	S	N
	AL	S	S	S	N
	SE	S	S	S	N
	PE	N	S	S	N
	PB	N	S	S	N
	RN	N	N	N	N
	CE	N	N	N	N
	PI	S	N	S	N
	MA	-	-	-	-
Norte	TO	-	S	N	N
	PA	-	S	N	N
	AM	S	S	S	N
	RO	-	-	-	-
	AC	-	-	-	-
	AP	S	S	N	S
	RR	-	-	-	-

As dificuldades em se estabelecer políticas de proteção de águas subterrâneas são muitas: há pouco conhecimento de campo sobre as características físicas do meio; há incertezas quanto à escala do risco de contaminação no que se refere ao transporte e ao comportamento subsuperficial dos contaminantes; as fontes, tanto de poluição quanto de captação, estão espalhadas no território e muitas vezes não se tem seus cadastramentos; as análises necessárias para a caracterização dos aquíferos e das contaminações são caras; há problemas com as contaminações geradas antes da estruturação de uma nova política para as águas subterrâneas. São estes os motivos que justificam a utilização da gestão global. Este tipo de instrumento pretende englobar o controle das águas subterrâneas tanto no que se refere à questão da qualidade quanto da quantidade. Sua abrangência pretende se estender ao espaço amplo do Estado e não a unidades separadas como as bacias ou os aquíferos isolados.

Para contornar as dificuldades expostas acima faz-se a caracterização hidrogeológica do Estado através de dados já catalogados pelo DAEE ao longo de vários anos sobre os poços tubulares que, pela Lei 6.134/88, tiveram que ser registrados com

seu perfil geológico. Está sendo organizado também a catalogação e localização das possíveis fontes poluidoras. Através do cruzamento dos dois tipos de informações está sendo montado um mapa de vulnerabilidade dos aquíferos que vai orientar o licenciamento e a implantação de empreendimentos que de alguma forma possam afetar os aquíferos. Este é um exemplo de gestão global. O mapa de vulnerabilidade e risco está sendo montado para o Estado e não para uma bacia como sugere a lei federal que trata dos recursos hídricos de uma forma geral sem considerar as especificidades e dificuldades impostas pelas água subterrâneas.

Um dos instrumentos de gestão instituídos pelo Decreto 32.955/91, que regulamenta a Lei 6134/88, é a criação de áreas de proteção aos recursos hídricos subterrâneos “quando, (...) no interesse da conservação, proteção e manutenção do equilíbrio natural das águas subterrâneas, dos serviços de abastecimento de águas ou por motivos geotécnicos, se fizer necessário restringir a captação e o uso dessas águas”.

Dentro das estratégias para definição de políticas de gestão e qualidade existem duas visões diferentes: a que se concentra sobre a proteção da fonte de captação baseada em definição de perímetros de proteção e a que se concentra no controle das atividades geradoras ou potencialmente poluidoras (São Paulo, 1997). A primeira apresenta problemas de ordem espacial. Quando o número de poços é grande, é difícil estabelecer as áreas de proteção além disso os problemas gerados pela incerteza sobre a migração dos contaminantes, dificultam a instituição destas áreas. A segunda trabalha com o conceito da vulnerabilidade do aquífero à poluição, considerando a importância local do recurso hídrico subterrâneo no fornecimento de água. A política adotada em São Paulo procura combinar as duas alternativas através da proteção geral do aquífero com medidas de controle das atividades que o afetam e do mapeamentos da vulnerabilidade do aquífero para estabelecimento de áreas de proteção especial em torno de poços de abastecimento público.

O instrumento de estabelecimento de áreas de proteção aos recursos hídricos sugerido na lei estadual está, portanto, sendo aplicado dentro de uma política mais ampla de proteção do aquífero. Está-se criando um sistema de gestão que possivelmente balizará uma nova legislação de águas subterrâneas mais completa tanto no nível estadual quanto no nível federal.

LEI FEDERAL DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

O Brasil não possui aprovada ainda uma política ou legislação em nível federal para proteção ou remediação de solos e águas subterrâneas (Casarini, 1997b; Finotti, 1997). Desta forma os parâmetros usados para gestão da qualidade das águas subterrâneas têm sido os mesmos de potabilidade para águas superficiais. Em relação aos BTX, mesmo os padrões de potabilidade de águas superficiais referenciam apenas o benzeno com o valor máximo de 10 µg/l.

Existe no congresso nacional o projeto de Lei 7.127, de 1986 que trata da gestão específica das águas subterrâneas. Após mais de 10 anos decorridos de sua elaboração, o projeto já se tornou obsoleto e a tendência é que seja arquivado. Este projeto teve origem em um grupo de trabalho criado pelo Estado de São Paulo em 1980 e foi encaminhado e

Tabela 6. Competência dos órgãos estaduais estipuladas pela Lei 3.134/88 do Estado de São Paulo em relação às águas subterrâneas (baseado em Pompeu, 1999).

Órgão estadual	Competência em relação às águas subterrâneas
Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE)	Administrar as águas subterrâneas na área da pesquisa, captação, fiscalização e acompanhamento de sua interação com as águas superficiais e com o ciclo hidrológico; Manter registros indispensáveis à avaliação, conhecimento dos depósitos naturais e ao controle e fiscalização da extração da água.
Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB)	Prevenir e controlar a poluição das águas subterrâneas mantendo os serviços indispensáveis para este fim.
Secretaria de Saúde	Fiscalizar as águas subterrâneas destinadas ao consumo humano, quanto aos padrões de potabilidade e aplicar as sanções previstas na legislação sanitária.
Instituto Geológico	Pesquisas e estudos geológicos, controle e arquivo de dados geológicos dos poços para conhecimento dos aquíferos e da geologia do Estado.
Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH)	Baixar as normas para o cumprimento do regulamento.
Grupo Técnico em Águas Subterrâneas (GTAS)	Vinculado ao Conselho, com competência de coordenar a ação dos organismos administrativos envolvidos.

discutido pelo Ministério de Minas e Energia e pela ABAS (Associação Brasileira de Águas Subterrâneas) em várias oportunidades. Entretanto, quando foi encaminhado em 1986 ao congresso nacional apenas remeteu a gestão das águas subterrâneas para o regime jurídico instituído pelo Código de Minas (Barth, 1999).

Hoje, o panorama é diverso. A Lei 9433/97 e as leis estaduais correspondentes já disciplinam o gerenciamento das águas de um modo geral no Brasil, porém, a lei de águas subterrâneas, mesmo após a criação da lei e da política de gestão das

águas brasileiras, ainda necessita ser criada. Deve ser uma lei de normas gerais de aproveitamento, avaliação, controle, proteção, utilização racional, direitos e obrigações dos usuários das águas subterrâneas, além da instituição de uma política de gerenciamento voltada especificamente para as peculiaridades da água subterrânea (Barth, 1999). Uma outra alternativa é que sejam incorporados instrumentos adequados à gestão das águas subterrâneas na lei federal que disciplina a gestão das águas no Brasil.

Além das leis estaduais de águas subterrâneas de São Paulo e Pernambuco existe, também, uma minuta de Anteprojeto de Lei de Águas Subterrâneas elaborada pela Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – ABAS de setembro de 1997 como uma forma de sugestão de dispositivos que poderiam ser adotados pelos Estados brasileiros.

O tratamento das águas subterrâneas, no que se refere aos dispositivos legais de sua regulação, já está há muitos anos carecendo de maior atenção no Brasil, para que se possa abandonar a prática de criar legislação para a água superficial e estendê-las para a água subterrânea, o que é absolutamente inadequado, demonstrando profundo desconhecimento e descaso com o recurso, além de criar risco para a população. Entretanto as experiências com a gestão das bacias hidrográficas e dos recursos subterrâneos vão contribuir para que esse erro seja corrigido no futuro.

PADRÕES USADOS NO BRASIL

A falta de legislação específica para as águas subterrâneas traz um agravante para a seleção de parâmetros a serem adotados na qualidade destas águas. Há duas resoluções que normatizam os critérios de qualidade de águas no Brasil: a resolução nº 20 do CONAMA de 1986, que estabelece os critérios de enquadramento dos cursos de água e a Portaria nº 36 do Ministério da Saúde de 1990 que estabelece os padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Na falta de padrões específicos e de uma política voltada para a proteção dos recursos hídricos subterrâneos os padrões acima citados têm sido usados pelas consultorias também para as águas subterrâneas. Entretanto, a aplicação destas resoluções às águas subterrâneas se faz por não existirem os padrões específicos, sendo desta forma uma adaptação nem sempre adequada e muitas vezes casuística.

Portaria nº 36/90 do Ministério da Saúde

A Portaria nº 36 do Ministério da Saúde (Brasil, 1990) fixa os padrões de potabilidade das águas para consumo humano e as normas que regulam o controle dessa potabilidade como tipo e frequência de amostragem. Os valores dos compostos químicos que podem estar presentes numa água potável segundo a portaria em questão, podem ser vistos na Tabela 7. Estes valores se referem à água distribuída para o consumo. A aplicação destes valores para as águas *in natura* ou como padrões a serem atingidos em remediações de solos e águas subterrâneas é quase impraticável por serem valores muito restritivos. Entretanto, a falta de parâmetros para as águas subterrâneas tem levado à adoção destes valores, o que não tem se mostrado adequado. Os valores apresentados nesta resolução podem adequadamente se aplicar às águas subterrâneas, mas, considerando alguma forma de tratamento para que possa ser consumida.

Notar que, dos compostos referidos no item sobre a toxicologia dos compostos, são considerados nos padrões de potabilidade, valores apenas para benzeno e para benzo(a)pireno. Os outros compostos, alguns com toxicidade até mais baixa do que os dois citados, como é o caso do tolueno e do xileno, não são mencionados. Estes padrões brasileiros de potabilidade precisam ser revistos por não contemplarem compostos que estão presentes nas contaminações mais comuns e que deveriam ser incorporados à lista. A falta de regulação de alguns compostos pode estar expondo a população a riscos não toleráveis, porque, não estando os compostos presentes na lista, não existe um limite legal para sua detecção na água considerada potável.

Resolução nº 20 do CONAMA

A Resolução nº 20 do CONAMA (Brasil, 1986) trata do enquadramento dos cursos de água em classes de usos preponderantes. Representa um dos principais instrumentos de gestão da qualidade das águas no Brasil, o enquadramento. Para que um corpo de água seja enquadrado em determinada classe, os valores de concentrações apresentadas na Tabela 8 não podem ser excedidos. Além dos compostos químicos listados, devem ser respeitadas outras características relacionadas com propriedades físico-químicas que fogem ao objetivo deste trabalho e por este motivo foram omitidas.

Tabela 7. Valores máximos permitidos na água potável (Portaria 36).

Características	Unidade	VMP
II. Químicas		
II.a) Componentes inorgânicos que afetam a saúde		
Arsênio	mg/L	0,05
Bário	mg/L	1,0
Cádmio	mg/L	0,005
Chumbo	mg/L	0,05
Cianetos	mg/L	0,1
Cromo total	mg/L	0,05
Fluoretos	mg/L	(*1)
Mercúrio	mg/L	0,001
Nitratos	mg/L N	10
Prata	mg/L	0,05
Selênio	mg/L	0,01
II.b) Componentes orgânicos que afetam a saúde		
Aldrin e Dieldrin	ug/L	0,03
Benzeno	ug/L	10
Benzo-a-pireno	ug/L	0,01
Clordano (Total de Isômeros)	ug/L	0,3
DDT (p-p'DET; o-p'DDT; p-p'DDE; o-p'DDE);	ug/L	1
Endrin	ug/L	0,2
Heptacloro e Heptacloro epóxido	ug/L	0,1
Hexaclorobenzeno	ug/L	0,01
Lindano (Gama HCH)	ug/L	3
Metaxicloro	ug/L	30
Pentaclorofenol	ug/L	10
Tetracloroeto de Carbono	ug/L	3
Tetracloroeteno	ug/L	10
Toxafeno	ug/L	5,0
Tricloroeteno	ug/L	30
Trihalometanos	ug/L	100 (*2)
1,1 Dicloroetano	ug/L	0,3
1,2 Dicloroetano	ug/L	10
2,4 D	ug/L	100
2,4,6 Triclorofenol	ug/L	10 (*3)
II.c) Componentes que afetam a qualidade organoléptica		
Alumínio	mg/L	0,2 (*4)
Agentes Tensoativos (regentes ao azul de metileno);	mg/L	0,2
Cloretos	mg/L Cl	250
Cobre	mg/L	1,0
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	500
Ferro Total	mg/L	0,3
Manganês	mg/L	0,1
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	1000
Sulfatos	mg/L SO ₄	400
Zinco	mg/L	5

*1 Valores recomendados para fluoreto, função da média das temperaturas do ar deverão atender à legislação em vigor; *2 *4 Sujeito a revisão por estudos toxicológicos em andamento; *3 Concentração limiar de odor de 0,1 ug/L.

Tabela 8. Limites máximos das substâncias nos corpos d'água - Resolução nº20 do CONAMA.

Composto (mg/l)	Classe			
	1	3	5	7
Alumínio (mg/1 Al)	0,1	0,1	1,5	
Amônia não ioniz. (mg/1 NH ₃)	0,02.		0,4	0,4
Arsênio (mg/1 As)	0,05	0,05	0,05	0,05
Bário (mg/1 Ba.)	1,0	1,0	1,0	
Berílio (mg/1 Be)	0,1	0,1	1,5	
Boro (mg/1 B)	0,75	0,75	5,0	
Benzeno	0,01	0,01		
Benzo-a-pireno	0,00001	0,00001		
Cádmio (mg/1 Cd)	0,001	0,01	0,005	0,005
Cianeto (mg/1 CN)	0,01	0,2	0,005	0,005
Chumbo (mg/1Pb)	0,03	0,05	0,01	0,01
Cloretos (mg/1Cl)	250	250		
Cloro Residual (mg/1Cl)	0,01		0,01	
Cobalto (mg/1 Co)	0,2	0,2		
Cobre (mg/1 Cu)	0,02	0,5	0,05	0,05
Cromo Trivalente (mg/1Cr)	0,5	0,5		
Cromo Hexavalente (mg/1Cr)	0,05	0,05	0,05	0,05
1,1dicloroeteno (mg/1)	0,0003	0,0003		
1,2dicloroetano (mg/1)	0,01	0,01		
Estanho (mg/1 Sn)	2,0	2,0	2,0	
Índice de Fenóis (mg/1 C ₆ H ₅ OH)	0,001	0,3	0,001	0,001
Ferro solúvel (mg/1 Fe)	0,3	5,0	0,3	
Fluoretos (mg/1 F)	1,4	1,4	1,4	1,4
Fosfato total (mg/1 P)	0,025	0,025		
Lítio (mg/1 Li)	2,5	2,5		
Manganês (mg/1 Mn)	0,1	0,5	0,1	
Mercúrio (mg/1Hg)	0,0002	0,002	0,000	0,000
			1	1
Níquel (mg/1 Ni)	0,025	0,025	0,1	0,1
Nitrato (mg/1 N)	10	10	10,0	
Nitrito (mg/1 N)	1,0	1,0	1,0	
Nitrogênio amoniacal (mg/1N)		1,0		
Prata: (mg/1 Ag)	0,01	0,05	0,005	
Pentaclorofenol (mg/1)	0,01	0,01		
Selênio (mg/1 Se)	0,01	0,01	0,01	
Sólidos dissolv. Totais (mg/1)	500	500		
Substâncias tenso-ativas reagem ao azul metileno (mg/1 - LAS)	0,5	0,5	0,5	
Sulfatos (mg/1SO ₄)	250	250		

Continua...

Tabela 8. Continuação.

Composto (mg/l)	Classe			
	1	3	5	7
Sulfetos (H ₂ S não dissociado) (mg/1 S)	0,002	0,3	0,002	0,002
Tálio (mg/1 Tl)			0,1	
Tetracloroeteno (mg/1)	0,01	0,01		
Tricloroeteno (mg/1)	0,03	0,03		
Tetracloroeto carbono	0,003	0,003		
2, 4, 6 triclorofenol	0,01	0,01		
Urânio total (mg/1 U)	0,02	0,02	0,5	
Vanádio (mg/1 V)	0,1	0,1		
Zinco (mg/1 Zn)	0,18	5,0	0,17	0,17
Aldrin (ug/1)	0,01	0,03	0,003	0,003
Clordano (ug/1)	0,04	0,3	0,004	0,004
DDT (ug/1)	0,002	1,0	0,001	0,001
Demeton (ug/1)			0,1	0,1
Dieldrin (ug/1)	0,005	0,03	0,003	0,003
Endrin (ug/1)	0,004	0,2	0,004	0,004
Endossulfan	0,056	150	0,034	0,034
Epóxido de Heptacloro	0,01	0,1	0,001	0,001
Heptacloro	0,01	0,1	0,001	0,001
Lindano (gama.BHC)	0,02	3,0	0,004	0,004
Metoxicloro	0,03	30,0	0,03	0,001
Dodecacloro + Nonacloro	0,001	0,001	0,001	0,04
Bifenilas Policloradas (PCB'S)	0,001	0,001		
Toxafeno	0,1	14,0	0,005	10,0
Demeton	0,005	0,005		
Gution	0,1	100,0	0,01	0,01
Malation	0,04	35,0	0,1	0,03
Paration	0,02	70,0		0,005
Carbaril	10,0			
Organofosforados e carbamatos totais em Paration	4,0	100,0	10,0	
2,4 - D	10,0	20,0	10,0	10,0
2,4,5 - TP	2,0	10,0	10,0	10,0
2,4,5 - T		2,0	10,0	10,0

Classe especial – Não são admitidas substâncias listadas; Classe 2 – Mesmos limites estabelecidos para Classe 1; Classe 4 – Só o teor de fenóis é limitado em 1,0 mg/l; Classe 6 e Classe 8 – Não têm limites para substâncias.

Pode-se perceber que a quantidade de compostos listados nesta resolução é bem maior que a da Portaria 36/1990 do Ministério da Saúde. Entretanto, dos compostos mais comuns em contaminações com gasolina e diesel, apenas aparecem novamente o benzeno e o benzo(a)pireno com as mesmas concentrações do padrão de potabilidade.

Tabela 9. Padrões holandeses de concentrações em solo e águas subterrâneas para alguns compostos aromáticos (adaptado de Visser, 1993).

Substância	Solo (mg/kg)		Água subterrânea (µg/l)	
	C	A	C	A
Benzeno	1	0,05	30	0,2
Etilbenzeno	50	0,05	150	-
Tolueno	130	0,05	1000	0,2
Xileno	25	0,05	70	-
Naftaleno	-	0,015	70	0,1
Antraceno	-	0,05	5	0,02
Fenantreno	-	0,045	5	0,02
Fluoranteno	-	0,015	1	0,005
Benzo(a)antraceno	-	0,02	0,5	0,002
criseno	-	0,02	0,05	0,002
benzo(a)pireno	-	0,02	0,05	0,001
Benzo(k)fluoranteno	-	0,025	0,05	0,001

Valores calculados para solo considerado com 25% de argila e 10% de matéria orgânica.

Em outras legislações os valores são diferentes como é o caso da legislação Holandesa. Valores demonstrativos destas normas podem ser vistos na Tabela 9, apenas para título de comparação já que a forma de interpretar os valores máximos permitidos nas duas legislações é diferente. Quanto aos outros compostos perigosos encontrados nas contaminações com os derivados de petróleo, também não aparecem especificados nesta resolução do CONAMA.

Outros regulamentos

Um outro regulamento de padrões de tolerância a compostos perigosos no Brasil é a Portaria nº 3.214 de 1978 do Ministério do Trabalho, que regulamenta questões relativas à saúde e à segurança do trabalho. A Norma nº 15 desta portaria se refere às atividades e operações insalubres. São reguladas nesta NR as exposições máximas permitidas dos trabalhadores a compostos químicos. Da lista apresentada anteriormente, dos compostos presentes nos derivados de petróleo, só aparecem regulados o tolueno e os xilenos respectivamente com exposições máximas permitidas de 290 mg/m³ e 340 mg/m³ no ar para jornadas de trabalho de até 48 horas semanais representando um grau de insalubridade médio.

O benzeno também é regulado nesta NR-15 no anexo 13-A que proíbe seu uso em atividades exceto: laboratórios que o produzem ou utilizem em análises químicas; atividades que empreguem combustíveis; atividades em laboratórios quando não puder ser substituído por outro produto; na produção de álcool anidro. O benzeno, para efeito desta norma, é considerado puro ou em misturas em que seu teor seja superior a 1% do volume. Há uma recomendação para que seu uso seja substituído e, nas atividades em que isto não seja possível, seu uso é totalmente regulado com medidas de segurança e inspeção do local de trabalho para que não haja contato de nenhuma forma dos trabalhadores com o produto.

Os outros compostos presentes na composição da gasolina e do diesel não estão listados nas normas do Ministério do Trabalho.

PADRÕES USADOS EM OUTROS PAÍSES

A incorporação da avaliação de risco nas regulamentações de padrões

Países que já apresentam legislações sobre contaminações há mais tempo geralmente, adotam padrões não fixos para os solos e as águas subterrâneas, mas, dependentes de alguns critérios principalmente de risco. Risco é a quantificação de perigo. Perigo é uma ameaça às pessoas ou ao que elas valorizam (propriedades, meio ambiente, saúde, futuras gerações...) (Finotti, 1997). O risco tem sido incorporado ao gerenciamento de contaminações em função da dificuldade (em alguns casos até impossibilidade) de remediar sítios já contaminados até os níveis dos padrões de potabilidade. Mesmo utilizando altos volumes de recursos financeiros na remediação dos sítios muitas vezes não se consegue baixar as concentrações dos poluentes até se atingir a potabilidade. A dificuldade em se proceder a remediação completa de um local contaminado está ligada às limitações tecnológicas. O meio poroso apresenta peculiaridades, que muitas vezes impedem o acesso à contaminação. Mecanismos que podem ser citados como responsáveis por este agravamento são a saturação residual dos contaminantes do meio poroso, as forças capilares e a adsorção dos contaminantes ao solo, dentre outros.

A incorporação do risco tem a finalidade de alocar mais racionalmente os recursos na remediação de áreas contaminadas, garantindo segurança para a população. Naqueles sítios, em que o risco para a população e o meio ambiente é mais alto, maior investimento será feito até que seja controlado o problema. Com a incorporação do risco não há

a necessidade de atingir os padrões de potabilidade se, ao se conservar concentrações dos contaminantes acima desses valores, não houver danos.

A seguir são apresentadas legislações que se referem à instituição de padrões de águas e solos ligados à contaminação, em especial com hidrocarbonetos de petróleo.

Estados Unidos

Nos Estados Unidos não existe uma legislação nacional única para remediação de locais contaminados com resíduos perigosos. Existe uma instrução nacional na matéria, mas os Estados podem usar legislações próprias. A Agência de Proteção Ambiental (EPA) estabeleceu um procedimento para avaliar locais contaminados que indicam níveis de contaminação do solo que determinam uma intervenção no local ou uma análise de risco. Os valores denominados de SSL (*Soil Screening Level*) foram desenvolvidos para 107 compostos químicos que podem entrar em contato com os indivíduos através de 3 vias: ingestão de solo, ingestão de água subterrânea contaminada e inalação de voláteis (Casarini, 1996).

Existe também uma norma nacional para contaminações específicas com derivados de petróleo. Esta norma foi criada pela ASTM (*American Society for Testing and Materials*) (ASTM, 1995). Não tem força de lei e é adotada e adaptada pelos Estados por opção. A grande maioria dos Estados adotou esta norma. Trata-se de um guia para pesquisa, intervenção e controle em contaminações desta natureza indicando procedimentos, modelos matemáticos, avaliação de risco e os passos a serem seguidos. Não sugere valores fixos de padrões para solo ou água subterrâneas. O grau de remediação a ser implantado vai depender do risco que a contaminação representa. Para a avaliação do risco são estudados: a fonte de contaminação; os mecanismos de transporte que podem movimentar os contaminantes da fonte; e o tipo de receptores que podem entrar em contato com a contaminação (Finotti, 1997). A intervenção para a remediação pode se dar tanto na fonte, quanto no mecanismo de transporte, quanto no receptor.

Holanda

Foi o primeiro país a desenvolver um programa nacional de avaliação e controle das contaminações de solo e águas subterrâneas. Seus padrões são estabelecidos de forma a garantir o princípio de multifuncionalidade do solo, ou seja, os padrões devem ser tais que não restrinjam o uso do solo. São especificados os valores ABC tanto para solos quanto para águas subterrâneas. Abaixo do valor A o solo pode ser considerado não contaminado, acima deste valor uma investigação preliminar pode ser requerida. Valores acima do valor B indicam que podem ser necessárias investigações para definir a extensão da contaminação e os riscos. Acima do valor C são requeridas intervenções e remediação. O estabelecimento dos valores ABC se vale de uma metodologia em que o teor de argila e de matéria orgânica do solo são fundamentais. Não são, portanto, valores fixos e únicos mas dependentes das características do solo e dos contaminantes. Na concepção deste sistema ABC não se previa que estes valores fossem padrões, mas seu uso tem se dado desta maneira.

Para os compostos orgânicos aromáticos e clorados foram adotados os valores: para A o limite de detecção do método de análise; para B foi omitido e para C, calculado com a ajuda de um modelo matemático chamado C-soil em que entram dados do contaminante e características ecotoxicológicas e toxicológicas. Um exemplo dos padrões para os compostos hidrocarbonetos aromáticos pode ser visto na Tabela 9.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade de definição de padrões de remediação de solos e águas contaminadas está se mostrando cada vez mais urgente. O poder público está ficando sem alternativas para legislar sobre a matéria nos casos de conflito jurídico que envolvam problemas ambientais do solo e das águas subterrâneas. A fixação dos padrões como sendo os de potabilidade pode estar levando à falsa imagem de que estes padrões são sempre possíveis de serem atingidos e como na realidade não são, o problema do risco imposto à população nem sempre fica adequadamente tratado.

A simples fixação dos padrões permitidos de solos e águas subterrâneas também não é suficiente já que os instrumentos para sua gestão não estão adequadamente estabelecidos na política nacional de recursos hídricos do Brasil. O estabelecimento dos padrões deve surgir dentro de um âmbito mais geral, o da instituição da forma de gestão dos recursos hídricos subsuperficiais.

Na formulação das políticas de uso e proteção dos recursos hídricos subsuperficiais devem estar contempladas a gestão da qualidade e da quantidade de maneira indissociável. O controle do uso do solo e de sua preservação também são fundamentais, assim como da gestão integrada das águas superficiais e subsuperficiais. Estes princípios gerais já constam da política nacional de recursos hídricos porém os instrumentos ainda não estão adequados. A cobrança e a outorga são facilmente extensivos aos dois tipos de recursos mas os planos de bacia e o enquadramento não parecem ser os mais indicados para a gestão dos subsuperficiais.

Um plano geral de caracterização das águas subterrâneas para os Estados com o mapeamento das potencialidades e riscos de contaminação parece mais eficiente na gestão das águas subterrâneas, assim como a gestão da qualidade baseada na vulnerabilidade, com a instituição de padrões não fixos mas balizados por risco. A experiência de São Paulo está sendo implantada nestes moldes e poderá servir de laboratório com conclusões que irão balizar a regulamentação da gestão das águas subsuperficiais no Brasil.

As distorções apontadas na atual legislação brasileira poderão ser pivô de muitos problemas e necessitam de uma reflexão urgente em nível nacional. A discussão da lei nacional de águas subterrâneas deve ser retomada e os Estados brasileiros devem começar a discutir legislações estaduais e políticas adequadas a seus problemas específicos no que se refere a contaminações subsuperficiais e proteção dos seus recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, P. J. J. (1997). *Comunicação pessoal*. 3 fev.
- ASTM (1995). *Standard guide for risk-based corrective action applied at petroleum release sites*. E 1739-95. Estados Unidos: ASTM, nov.
- BARTH, F. T. (1999). Aspectos institucionais do gerenciamento de recursos hídricos. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B. e TUNDISI, J. G. (orgs) *Águas doces no Brasil – Capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Ed. Escrituras.
- BRASIL (1997). Câmara dos Deputados. Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília.

- BRASIL (1986). CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 20 de 18 de junho de 1986. Estabelece a classificação das águas do Território Nacional e disciplina o enquadramento dos cursos de água nas classes. Brasília.
- BRASIL (1988). Congresso Nacional Constituinte. Constituição Federal da República Federativa do Brasil. Brasília.
- BRASIL (1990). Ministério da Saúde. Portaria nº 36 de 19 de janeiro de 1978. Institui as normas e os padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Brasília: Gabinete do Ministro da Saúde.
- BRASIL (1978). Ministério do Trabalho. Portaria nº 3214 de 08/06/1978. Norma Regulamentadora nº 15 – Atividades e Operações Insalubres. Brasília: Gabinete do Ministro do Trabalho.
- CASARINI, D. C. P. (1997a). *Lei de áreas contaminadas para o Estado de São Paulo: minuta*. Comunicação Pessoal em julho.
- CASARINI, D. C. P. (1997b). Soil and groundwater protection – the state-of-the-art of pollution prevention and control in São Paulo state, Brazil. Ad Hoc *International Working Group on Contaminated Land*. Amsteden, 28-30 may.
- CASARINI, D. C. P. (1996). Padrões de qualidade de solos e águas subterrâneas. *Anais Workshop sobre biodegradação*, p. 21-38. EMBRAPA. Campinas - SP, 14 a 16 out.
- CORSEUIL, H. X.; ALVAREZ, P. J. J. (1996). Natural bioremediation perspectives for BTX-contaminated groundwater in Brazil: effect of ethanol. *Water Science and Technology*, v.34, nº7-8, p. 311-318.
- CORSEUIL, H. X.; MARINS, M. D. M. (1997). Contaminação de águas subterrâneas por derramamento de gasolina: O problema é grave? *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*. Mar.
- CORSEUIL, H. X.; AIRES, J. R.; ALVAREZ, P. J. J. (1996). Implications of the presence of ethanol on intrinsic bioremediation of BTX plumes in Brazil. *Hazardous Waste & Hazardous Materials*, v.13, nº2, p. 213-221.
- EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1999). *National primary drinking water regulations*. Technical Factsheet. United States.
- FERNANDES, M.; CORSEUIL, H. X. (1997). Contaminação de águas subterrâneas por derramamento de gasolina e etanol: efeito co-solubilidade, 3º *Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental* (SIBESA), Gramado, jun.
- FINOTTI, A. R. (1997). *Estudo da aplicabilidade do modelo da ação corretiva baseada no risco (RBCA) em contaminações subterrâneas com gasolina e etanol*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental.
- HOWARD, P. H. (1990). (ed) *Handbook of environmental fate and exposure data for organic chemicals*. V.2 – Solvents. Michigan: Lewis Publishers Inc.
- MONTGOMERY, J. M.; WELKOM, L. M. (1989). *Groundwater chemicals desk reference*. Michigan: Lewis Publishers Inc.
- PETROBRAS (1998). *Relatório anual de atividades*. Rio de Janeiro.
- POMPEU, C. T. (1999). Águas doces no direito brasileiro. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B. e TUNDISI, J. G. (orgs) *Águas doces no Brasil – Capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Ed. Escrituras.
- PORTO ALEGRE (2000). Secretaria Municipal do Meio Ambiente. Comunicação pessoal em 28 de março.
- REBOUÇAS, A. C. (1999). Águas subterrâneas. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B. e TUNDISI, J. G. (orgs) *Águas doces no Brasil – Capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Ed. Escrituras.
- SANTOS, R. C. F.; MONTENEGRO, M. A.; LUZ, L. B.; CORSEUIL, H. X. (1996). Influência do etanol na biodegradação do benzeno em aquíferos contaminados com derramamentos de gasolina. In: 3º *Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental* (SIBESA), Gramado, jun.
- SANTOS, R. C. F. (1996). *Impacto do etanol na biodegradação de compostos monoaromáticos em aquíferos contaminados por derramamento de gasolina*. UFSC, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (Dissertação de mestrado). Brasil, Santa Catarina, Florianópolis.
- SÃO PAULO (1997). Instituto Geológico. *Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo*/Instituto geológico, CETESB, DAEE, Secretaria de Estado do Meio Ambiente. v. 1. São Paulo: Instituto Geológico: CETESB.
- VISSER, W. J. F. (1993). *Contaminated land policies in some industrialized countries*. Netherlands: Technical Soil Protection Committee, p. 45-55.

***Petroleum Fuels Underground
Contamination: Environmental
Toxicity and Brazilian Legislation***

ABSTRACT

Subsurface contamination by petroleum fuels is an environmental problem that is becoming very frequent, especially concerning diesel and gasoline in Brazil. Brazilian legislation and most of the environmental protection agencies are still not fully prepared to face the problem. Remediation patterns are not clearly described in laws or regulations. Two laws are the most used in the country, CONAMA 20 and Ministério da Saúde (Ministry of Health)(36/90). As they are not specific for subsurface water they have a very restrictive character. The lack of specific laws for subsurface water leads to the use of foreign regulations, that are sometimes not adequately used, or not appropriate to Brazilian conditions. In this paper we describe the environmental toxicity of petroleum fuels and discuss the Brazilian environmental legislation related to subsurface water and contamination.

Key-words: subsurface contamination, fuels, petroleum products, Brazilian environmental legislation.