

**UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO DE ESTUDOS TECNOLÓGICOS E SEQUÊNCIAS DE JUIZ DE FORA**

Debora Rodrigues Bambino

**ACIDENTES COM PRODUTOS QUÍMICOS E A CONTAMINAÇÃO DOS LENÇÓIS
FREÁTICOS**

M 06
2006
MEIO AMBIENTE

Juiz de Fora - MG

Junho de 2006

Debora Rodrigues Bambino

**ACIDENTES COM PRODUTOS QUÍMICOS E A CONTAMINAÇÃO DOS LENÇÓIS
FREÁTICOS**

Monografia apresentada ao Instituto de Estudos Tecnológicos da Universidade Presidente Antônio Carlos, como requisito parcial à obtenção do título de “Tecnólogo em Meio Ambiente”.

Orientadora: Prof^ª. MSc. Ana Maria Stephan

Biblioteca



M A 0 0 2 5 0

Alto dos Passos

Juiz de Fora - MG

Junho de 2006

Debora Rodrigues Bambino

**ACIDENTES COM PRODUTOS QUÍMICOS E A CONTAMINAÇÃO DOS LENÇÓIS
FREÁTICOS**

Monografia apresentada ao Instituto de
Estudos Tecnológicos da Universidade
Presidente Antônio Carlos, como requisito
parcial à obtenção do título de “Tecnólogo em
Meio Ambiente” e aprovada pela orientadora:



Prof.^a MSc. Ana Maria Stephan (Orientadora)

Universidade Presidente Antônio Carlos

Juiz de Fora - MG

20/06/2006

Dedico este trabalho aos meus pais, ao meu irmão, a minha avó e a todos os meus parentes e amigos que amo tanto. Obrigado pela força que todos me deram. E não poderia me esquecer dos amigos, amigas e professores, por tudo que passamos nos ajudamos nesses dois anos de faculdade. Gosto muito de todos vocês e espero que não percamos o contato. Vocês se tornaram pessoas muito importantes na minha vida!

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Prof^ª. Ana Stephan e aos demais professores por todo apoio e dedicação, fundamentais para o meu amadurecimento intelectual.

“A questão hídrica tem que ser vista sobre a
ótica abrangente, que considere os impactos
sociais como emprego e custo.”

KELMAN

SUMÁRIO

RESUMO.....	09
INTRODUÇÃO.....	10
1. GENERALIDADES DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	12
1.1. Água e Saúde.....	12
1.2. Propriedades das águas.....	14
1.2.1. Temperatura.....	14
1.2.2. Cor.....	15
1.2.3. Odor e sabor.....	15
1.2.4. Turbidez.....	16
1.2.5. Sólidos em Suspensão.....	17
1.2.6. Condutividade Elétrica.....	17
1.2.7. Dureza.....	18
1.2.8. Alcalinidade.....	18
1.2.9. pH.....	19
1.2.10. Sólidos Totais Dissolvidos (STD).....	19
1.3.Principais Constituintes Iônicos.....	20
1.3.1. Bário (Ba).....	20
1.3.2. Cádmio (Ca).....	21
1.3.3. Cálcio (Ca ⁺).....	21
1.3.4. Chumbo (Pb).....	22
1.3.5. Cloretos (Cl ⁻).....	22
1.3.6. Cobre (Cu).....	23
1.3.7. Ferro (Fe ⁻).....	23
1.3.8. Manganês (Mn ⁺).....	24
1.3.9. Flúor (F ⁻).....	25
1.3.10. Magnésio (Mg ²⁺).....	26
1.3.11. Níquel (Ni).....	27
1.3.12. Nitrato (NO ₃).....	27

1.3.13. Potássio (K^+).....	28
1.3.14. Sódio (Na^+).....	28
2. POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS RELACIONADO A AGENTES QUÍMICOS.....	30
2.1. Acidentes ambientais e tanques enterrados.....	32
2.2. Informações Ecotoxicológicas.....	33
2.3. Toxicidade.....	34
3. CONCLUSÃO.....	37
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido através de pesquisas literárias e destaca a importância da água para a vida humana, suas propriedades, constituintes iônicos, além dos impactos ambientais gerados por acidentes com produtos químicos comprometendo as águas subterrâneas e outros recursos naturais e ecotoxicologia.

A água é uma substância indispensável, porém não vem recebendo os devidos cuidados para que continue a nos servir. Ela percorre todo um ciclo para que possamos usá-la, de várias maneiras essenciais para o ser humano.

A poluição das águas vem aumentando a cada dia e na maioria das vezes através de alguma ação humana.

Os esgotos domésticos, os efluentes industriais e o uso de fertilizantes são os maiores vilões no que diz respeito à contaminação dos lençóis de água.

As águas contaminadas ou poluídas além de colocarem em risco a saúde humana, requerem formas diversas de tratamento e com custos elevados. E quando se trata de contaminação das águas subterrâneas na maioria das vezes é irreversível.

INTRODUÇÃO

A análise de risco ambiental de produtos químicos é de extrema importância por tratar-se de um instrumento de prevenção de acidentes que venham a prejudicar o meio ambiente, a vida e a saúde humana.

Durante um processo de análise de risco é importante que se faça o levantamento detalhado de todos os fatores e elementos envolvidos. No caso de produtos químicos o risco ambiental torna-se real desde a sua produção até o seu armazenamento, transporte e utilização. Portanto é importante que a análise de risco seja feita em cada fase do processo para que o seu resultado conclusivo sirva de forma a otimizar o gerenciamento ambiental.

O conhecimento das características físicas e químicas e grau de periculosidade de cada produto tornam-se indispensáveis para a sua consciência e adequada manipulação. Além disso, há cuidados especiais que devem ser tomadas para transportá-los como as fichas de identificação e noções de procedimentos e primeiros socorros.

Na manipulação destes produtos muitas vezes é necessária a utilização de EPI's e EPC's. O manipulador de cada produto deve ter treinamento específico e conhecimento pleno da composição química, toxicológica, procedimento de emergência e os equipamentos necessários na manipulação de cada produto químico, além de conhecer indicações, rótulos e símbolos, (NATURE, 2004).

O gerenciamento de risco ambiental de Produtos Químicos se dará de forma a contemplar todos os riscos iminentes observados no Processo de Análise de Risco e estes devem ser sanados ou reduzidos substituídos ou melhorando processos e procedimentos.

O desastre pode ser evitado com uma boa análise de risco. Levando-se em consideração que o risco trata-se de produtos químicos, o desastre ambiental ou prejuízo a saúde humana pode ser de grande magnitude ou até mesmo causar danos irreversíveis.

Muitos produtos possuem características que agravam o problema no caso de acidente como solubilidade e poder de combustão.

Durante o processo de análise de risco é importante avaliar todos os recursos ambientais, sociais e econômicos envolvidos além da área abrangente que será diretamente afetada. Nesta avaliação incluem solo, água, ar, clima, economia, área de entorno, sociedade, fauna, flora, entre outros fatores.

O presente trabalho pretende-se:

- Apontar as propriedades das águas, enfatizando para as questões das águas subterrâneas;
- Descrever as principais constituintes da água, fonte de origem e teores máximos presumíveis para o ser humano;
- Relacionar a problemática dos acidentes relacionados com agentes químicos com o lençol freático

A partir daí podemos verificar a importância de preservar as águas, fonte de vida para o ser vivo.

1. GENERALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

As características químicas das águas subterrâneas refletem os meios por onde percolam, guardando uma estreita relação com os tipos de rochas drenados e com os produtos das atividades humanas adquiridas ao longo de seu trajeto. Em áreas industrializadas encontra-se uma forte marca das atividades humanas na qualidade das águas. Esta relação é em particular marcante onde predominam os aquíferos do tipo fissural, passíveis de serem facilmente influenciados pelas atividades humanas. Nas proximidades dos grandes centros urbanos temos problemas associados às seguintes descargas de poluentes: efluentes líquidos industriais e domésticos, vazamentos de depósitos de combustíveis, chorumes provenientes de depósitos de lixo domésticos, descargas gasosas e de material particulado lançado na atmosfera pelas indústrias de veículos. Nas áreas onde se desenvolve algum tipo de agricultura, a química da água pode estar fortemente influenciada pelos produtos químicos utilizados: inseticidas, herbicidas, adubos químicos, calcário, entre outros.

1.1 Água e Saúde

Existem padrões muito bem conhecidos de relacionamento entre a incidência de moléstias no homem e nos animais, com a abundância ou deficiência de elementos maiores, menores e traços no meio ambiente, particularmente nas águas. Exemplos são: a relação entre o bócio (hipertrofia da tireóide) e a deficiência em iodo; anemias severas, nanismo e hiperpigmentação da pele e a deficiência em zinco; fluorose esquelética e dentária e excesso de flúor, maior incidência de cáries dentárias e deficiência em flúor; anencefalia e mercúrio; inapetência e selênio. Outras correlações com aceitação controversa ocorrem, como por exemplo, entre a dureza da água e algumas moléstias cardiovasculares; entre o chumbo e

a esclerose múltipla, entre o cádmio e a hipertensão e arteriosclerose; entre uma grama ampla de elementos e diversos tipos de câncer. Contudo estes relacionamentos são possíveis quando as manifestações clínicas são evidentes por estarmos diante de exposições anormais a produtos resultantes de atividades humanas. Muitas vezes o desequilíbrio em elementos traços se manifesta em debilitações subclínicas, sendo de difícil diagnose.

Contudo, os relacionamentos entre o teor dos elementos e substancias químicas, e a saúde do homem e dos animais podem ser dificultados por questões relativas a mobilidade e à dispersão destes elementos e substancias, governadas pelos princípios da geoquímica e da dinâmica das águas superficiais. Fatores como o pH, tipo e abundância de argilo-minerais, teor de matéria orgânica, hidróxido de ferro, manganês e alumínio, reatividade química, gradientes hidráulicos, porosidade e permeabilidade necessitam ser considerados nestes tipos de estudo. Muitas vezes os efeitos tóxicos de uma substância se manifestam distante de sua introdução no meio ambiente, podendo de dar em áreas pontuais ou ao longo de estruturas geológicas lineares, como falhas. Em alguns casos, o produto da degradação de uma substancia é mais tóxico e mais persistente no solo do que a substancia original (PINTO, 2000).

Na medida em que hoje tem-se como ideal a ser atingido o uso auto sustentado do meio ambiente, torna-se extremamente importante que um grande número de perguntas tenham respostas satisfatórias, o que só se conseguirá com investimentos em pesquisas técnicas e científicas.

É de se salientar que, neste particular, muito do conhecimento desenvolvido em países ricos não se aplica diretamente ao nosso caso, em virtude de diversas diferenças de climas, solos e coberturas vegetais.

Devido á sua estrutura molecular dipolar a água é um forte solvente (solvente universal). Nas águas naturais este poder de dissolução é muito aumentado pela presença de

ácido carbônico, formado pelo gás carbônico dissolvido, e ácidos orgânicos, principalmente húmicos, produzidos pela atividades dos seres vivos do solo. Num país tropical como o Brasil a abundância de água (umidade) e seu conteúdo em ácidos se coloca como o principal responsável pelo intemperismo das rochas, dando origem a mantos de decomposição (regolito) com espessura de dezenas de metros.

De acordo com MILAGRE (2000), todas as águas naturais possuem, em graus distintos, um conjunto de sais em solução, sendo que as águas possuem, em geral, teores mais elevados dos que as águas superficiais, por estarem intimamente expostas aos materiais solúveis presentes no solo e nas rochas. A qualidade e tipo de sais presentes na água subterrânea dependerá do meio percolado, do tipo e velocidade do fluxo subterrâneo, da fonte de recarga do aquífero e do clima da região. Em áreas com alto índices pluviométrico a recarga constante do aquíferos permite uma maior renovação das águas subterrâneas, com a conseqüente diluição dos sais em solução. Diferentemente, em climas áridos a pequena precipitação leva a uma salinização na superfície do solo através da evaporação da água sobre por capilaridade. Por ocasião das chuvas mais intensas ou sais mais solúveis são carregados para as partes mais profundas do aquífero aumentando sua salinidade. Isto é o que acontece no Nordeste Brasileiro, onde, em muitas áreas, o problema consiste muito mais na salinização excessiva da água do que na inexistência da mesma.

1.2 Propriedades das águas

1.2.1 Temperatura

As águas subterrâneas têm uma amplitude térmica pequena, isto é, sua temperatura não é influenciada pelas mudanças de temperatura atmosférica. Exceções são os

aquíferos freáticos pouco profundos. Em profundidades maiores a temperatura da água é influenciada pelo grau geotérmico local (em média 1°C a cada 30 m). No aquífero Botucatu (Guarani) são comuns temperaturas de 40 a 50°C em suas partes mais profundas. Em regiões vulcânicas ou de falhamentos profundos águas aquecidas podem aflorar na superfície dando origem às fontes termais. (BAIRD, 2002)

1.2.2 Cor

O mesmo autor cita ainda que, a cor de uma água é consequência de substâncias dissolvidas. Quando pura, e em grandes volumes, a água é azulada. Quando rica em ferro, é arroxeadada. Quando rica em manganês, é negra e, quando rica em ácidos húmicos, é amarelada. A medida da cor de uma água é feita pela comparação com soluções conhecidas de platina-cobalto ou com discos de vidro corados calibrados com a solução de platina-cobalto. Especial cuidado deve ser tomado na anotação do pH em que foi realizada a medida, pois sua intensidade aumenta com o pH. Da mesma forma, a cor é influenciada por matérias sólidas em suspensão (turbidez), que devem ser eliminadas antes da medida. Para águas relativamente límpidas a determinação pode ser feita sem a preocupação com a turbidez. Neste caso a cor obtida é referida como sendo aparente.

Em geral as águas subterrâneas apresentam valores de cor inferiores a 5mg de platina. Para ser potável uma água deve apresentar nenhuma cor de considerável intensidade. Segundo a OMS o índice máximo permitido deve ser 20mg Pt/l.

1.2.3 Odor e sabor

Odor e sabor são duas sensações que se manifestam conjuntamente, o que torna

difícil sua separação, o odor e o sabor de uma água dependem dos sais e gases dissolvidos. Como o paladar humano tem sensibilidade distinta para os diversos sais, poucos miligramas por litro de alguns sais (ferro e cobre por exemplo) é detectável, enquanto que várias centenas de miligramas de cloreto de sódio não é percebida. Em geral as águas subterrâneas são desprovidas de odor. Algumas fontes termais podem exalar cheiro de ovo podre devido ao seu conteúdo de H_2S (gás sulfídrico). Da mesma maneira águas que percolam matérias orgânicas em decomposição (turfa por exemplo) podem apresentar H_2S . (BAIRD, 2002).

1.2.4 Turbidez

É a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessa uma certa quantidade de água. A turbidez é causada por matérias sólidas em suspensão (silte, argila, colóides, matéria orgânica, etc.). A turbidez é medida através do turbidímetro, comparando-se o espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra com o espalhamento de um feixe de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão. Quanto maior o espalhamento maior será a turbidez. Os valores são expressos em Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT). A cor da água interfere negativamente na medida da turbidez devido á sua propriedade de absorver luz. Segundo a OMS (Organização Mundial da Saúde), o limite máximo de turbidez em água potável deve ser 5 UNT. As águas subterrâneas normalmente não apresentam problemas devido ao excesso de turbidez. Em alguns casos, águas ricas em íons Fe, podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar. (BAIRD, 2002)

1.2.5. Sólidos em Suspensão

Segundo PINTO (2000) corresponde à carga sólida em suspensão e que pode ser separada possuem sólidos em suspensão e quando um poço está produzindo água com significativo teor de sólidos em suspensão é geralmente como consequência de mal dimensionamento do filtro ou do pré-filtro ou completção insuficiente do aquífero ao redor do filtro. Em aquíferos cársticos e fissurais as aberturas das fendas podem permitir a passagem das partículas mais finas (argila, silte) aumentando assim o conteúdo em sólidos em suspensão.

1.2.6. Condutividade Elétrica

Os sais dissolvidos e ionizados presentes na água transformam-na num eletrolítico capaz de conduzir a corrente elétrica. Como há uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a condutividade elétrica, podemos estimar o teor de sais pela medida de condutividade da água. A medida é feita através de condutivímetro e a unidade usada é o MHO (inverso de OHM, unidade de resistência). Como a condutividade aumenta com a temperatura, usa-se 25°C como temperatura padrão, sendo necessário fazer a correção da medida em função da temperatura se o condutivímetro não fizer o automaticamente. Para as águas subterrâneas as medidas de condutividade são dadas em microMHO/cm.

OBS: No Sistema Internacional de Unidades, adotado pelo Brasil, a unidade de condutância é Siemens, abreviando-se S (maiúsculo). Para as águas subterrâneas o correto seria nos referirmos a microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). (BAIRD, 2002)

1.2.7. Dureza

De acordo com BAIRD (2002), a dureza é definida de uma água em dissolver (fazer espuma) sabão pelo efeito do cálcio, magnésio e outros elementos como Fe, Mn, Cu, Ba e etc. Águas duras são inconvenientes porque o sabão não limpa eficientemente, aumentando seu consumo, e deixando uma película insolúvel sobre a pele, pias banheiras e azulejos do banheiro. A dureza pode ser expressa como dureza temporária, permanente o total.

À dureza temporária ou de carbonatos, é devida aos íons de cálcio e de magnésio que sob aquecimento se combinam com íons bicarbonatos e carbonatos, podendo ser eliminada por fervura. Em caldeiras e tubulações por onde passa a água quente (chuveiro elétrico, por exemplo) os sais formados devido a dureza temporária se precipitam formando crostas e criando uma série de problemas, como o entupimento.(BAIRD,2002)

A dureza permanente é devida íons de cálcio e magnésio que se combinam com sulfato, cloretos, nitratos e outros, dando origem a compostos solúveis que não podem ser retirados pelo aquecimento.

Por fim a soma da dureza temporária com a permanente. A dureza é expressa em miligrama por litro (mg/L) ou miliequivalente por litro (meq/L) de CaCO_3 (carbonato de cálcio) independentemente dos íons que estejam causando.

1.2.8. Alcalinidade

É a medida total das substâncias presentes numa água, capazes de neutralizarem ácidos. Em outras palavras, é a quantidade de substâncias presentes numa água e que atuam como tampão. Se numa água quimicamente pura ($\text{pH}=7$) for adicionada pequena quantidade

de um ácido seu pH mudará instantaneamente. Numa água com certa alcalinidade a adição de uma pequena quantidade de ácido fraco não provocará a elevação de seu pH, porque os íons presentes irão neutralizar o ácido. em águas subterrâneas a alcalinidade é devida principalmente aos carbonatos e bicarbonatos e, secundariamente, aos íons hidróxidos, silicatos, boratos, fosfatos e amônia.

1.2.9 pH

De acordo com BAIRD (2002), pH é a medida da concentração de íons H^+ na água. O balanço dos íons hidrogênio e hidróxido (OH^-) determina quão ácida ou básica ela é. Na água quimicamente pura os íons H^+ estão em equilíbrio com os íons OH^- e seu pH é neutro, ou seja, igual a 7. os principais fatores que determinam o pH da água são o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade. O pH das águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5.

1.2.10 Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

É a soma dos teores de todos os constituintes mineiras presentes na água. Como dito anteriormente, a medida de condutividade elétrica, multiplicada por um fator que varia entre 0,55 e 0,75, fornece uma boa estimativa do STD de uma água subterrânea. Segundo o padrão de potabilidade da OMS, o limite máximo permissível STD na água é de 1000 mg/l. (PINTO, 2000)

1.3 Principais constituintes iônicos

Como já foi dito, as águas subterrâneas tendem a ser mais ricas em sais dissolvidos do que as águas superficiais. As quantidades presentes refletem não somente os substratos rochosos percolados mas variam também em função do comportamento geoquímico dos compostos químicos envolvidos. Como há sensíveis variações nas composições químicas das rochas, é de se esperar uma certa relação entre sua composição da água e das rochas preponderantes na área. É necessário, contudo, frisar que o comportamento geoquímico dos compostos e elementos é o fator preponderante na sua distribuição nas águas. Desta forma o sódio e o potássio, dois elementos que ocorrem com concentrações muito próximas na crosta continental participam em quantidades sensíveis diferentes nas águas subterrâneas.

1.3.1. Bário (Ba)

SILVA (2004), aponta alguns elementos presentes na água, fontes de origem e limite máximo permissível segundo a resolução 20 do CONAMA. O Bário é um elemento raro nas águas naturais, em teores de 0,0007 a 0,9mg/l. As principais fontes naturais são: intemperismo e erosão de depósitos naturais. Entre as atividades humanas que introduzem bário no meio ambiente, podemos citar: perfuração de poços, onde é empregado em lamas de perfuração; produção de pigmentos, fogos de artifício, vidros e defensivos agrícolas. Em águas de abastecimento, é de 1,0 mg/l. É um elemento muito tóxico acima deste teor. Sua ingestão provoca elevação da pressão sanguínea, por vasoconstrição e bloqueio do sistema nervoso.

1.3.2. Cádmiu(Cd)

Normalmente está presente nas águas naturais em pequenas concentrações, geralmente inferiores a 0,001 mg/l. As principais fontes humanas de liberação de cádmio são: combustíveis fósseis, pigmentos, baterias, solda, equipamentos eletrônicos, lubrificantes, acessórios fotográficos, defensivos químicos, corrosão de tubos galvanizados e refinarias de minérios. É um metal de elevado potencial tóxico, que se acumula em organismos aquáticos, o que possibilita sua entrada na cadeia alimentar, podendo chegar ao homem. Sua ingestão provoca disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, inibição no crescimento, doenças crônicas em idosos e câncer. Teor máximo permitido é 0,001 mg/l.

1.3.3. Cálcio (Ca⁺)

O teor de cálcio nas águas subterrâneas varia, de uma forma geral de 10 a 100mg/l. As principais fontes de cálcio são os plagioclásios cálcicos, calcita, dolomita, apatita, entre outros. O carbonato de cálcio é muito pouco solúvel em água pura. O cálcio ocorre nas águas na forma de bicarbonato e sua solubilidade está em função da quantidade de gás carbônico dissolvido. A quantidade de CO₂ dissolvida depende da temperatura e da pressão, que são, portanto, fatores que vão determinar a solubilidade do bicarbonato de cálcio.

A reação resultante é a seguinte: $\text{Ca CO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca (CO}_3)_2 \text{H}_2$

Toda variação de temperatura e de pressão que levam à modificação do CO₂ dissolvido na água refletirá sobre seu conteúdo em Ca. No caso das águas subterrâneas estas variações ora levam à solubilização do carbonato de cálcio, ora levam a sua precipitação. A incrustação de um filtro de poço por Ca Co₃ é uma das conseqüências deste processo. O cálcio é o principal elemento responsável pela dureza de uma água .

1.3.4. Chumbo (Pb)

Apesar de não ser um elemento comum nas águas naturais, o chumbo tem sido responsável por sérios problemas de intoxicação, devido ao fato de que é introduzido facilmente no meio ambiente a partir de uma série de processos e produtos humanos, tais como: encanamentos e soldas, plásticos, tintas, pigmentos, metalurgia e etc.

No Brasil, o uso do chumbo tetraetila na gasolina foi substituído por álcool etílico, pois gera uma grande fonte de poluição.

É um metal que tem efeito cumulativo no organismo, provocando uma doença crônica chamada "saturnismo", hoje mais comum em trabalhadores que estão muito expostos à contaminação. No passado a taxa de intoxicação era muito elevada devido ao uso de canecas e vasilhames de chumbo. Os efeitos da intoxicação por chumbo são: tontura, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória. A intoxicação aguda caracteriza-se pela sede intensa, sabor metálico na boca, inflamação gastro-intestinal, vômitos e diarreias. Em crianças, o chumbo provoca retardamento físico e mental, perda da concentração e diminuição da capacidade cognitiva. Em adultos são comuns problemas nos rins e aumento da pressão arterial.

O teor máximo de chumbo na água de abastecimento deve ser em até 0,05mg/l.

1.3.5 Cloretos (Cl⁻)

O cloro está presente em teores inferiores a 100 mg/l. forma compostos muito solúveis e tende a se enriquecer junto com o sódio, a partir das zonas de recarga das águas subterrâneas. Teores anômalos são indicadores de contaminação por água do mar, e por aterros sanitários.

1.3.6 Cobre (Cu)

O cobre é um elemento que ocorre, em geral, em baixas concentrações na água subterrânea, devido sua pequena solubilidade. Nas águas superficiais são, normalmente, bem menores que 0,020 mg/l e nas águas subterrâneas é inferior a 1µg/l. a injeção de altas doses pode acarretar, no homem, irritação e corrosão da mucosa, problemas hepáticos, renais, irritação do sistema nervoso e depressão. Os portadores da Doença de Wilson podem ser seriamente afetados pela presença de cobre na água. As atividades humanas responsáveis pela introdução de cobre na água são: corrosão de tubos de cobre e de latão por águas ácidas, algicidas, fungicidas usados na preservação da madeira e indústria de mineração, fundição, galvanoplastia e refino. O teor máximo permitido em águas de abastecimento público é 0,5 mg/l. Para os portadores da Doença de Wilson, este teor tem substancialmente menor, porque eles não conseguem eliminar o cobre do organismo, que tem, pois, um efeito cumulativo nestes pacientes.

1.3.7 Ferro (Fe²⁺)

É um elemento persistentemente presente em quase todas as águas subterrâneas em teores abaixo de 0,3 mg/l. Suas fontes são minerais escuros (máficos) portadores de Fe: magnetita, biotita, pirita, piroxênios e anfibólios. Em virtude de afinidades geoquímicas quase sempre é acompanhado pelo Manganês. O ferro no estado ferroso (Fe²⁺) forma compostos solúveis, principalmente hidróxidos. Em ambientes oxidantes o Fe²⁺ passa a Fe³⁺ dando origem ao hidróxido férrico, que é insolúvel e precipita, tingindo fortemente a água. Desta forma, águas com alto conteúdo de Fe, ao saírem do poço são incolores, mas ao entrarem em contato com o oxigênio do ar ficam amarelada, o que lhes confere uma aparência nada

agradável. Apesar do organismo humano necessitar de até 19 mg de ferro por dia, os padrões de potabilidade exigem que uma água de abastecimento público não ultrapasse os 0,3 mg/l.

Este limite é estabelecido em função de problemas estéticos relacionados à presença do ferro na água e do sabor ruim que o ferro lhe confere. O ferro, assim como o manganês, ao se oxidarem se precipitam sobre as louças sanitárias, azulejos, roupas, manchando-as. Águas ferruginosas são aeradas antes da filtração para eliminar o ferro. Outra forma de evitar os inconvenientes da precipitação de sais deste elemento químico é usar substâncias complexantes, à base de fosfato, que encapsulam as moléculas dos sais de Fe e Mn, formando compostos estáveis, não oxidantes nem através de forte cloração, e desta forma mantendo-as permanentemente em solução. O inconveniente deste processo é que ele não elimina o ferro e o manganês presentes na água, e ainda adiciona mais produto químico (fosfato) à mesma.

Estas substâncias complexantes são também usadas para evitar a precipitação de sais de Ca e Mg em águas duras, evitando as indesejáveis incrustações, e diminuindo o consumo de sabão.

A precipitação de ferro, presente nas águas, é a principal responsável pela perda da capacidade específica de poços profundos. Estas incrustações são produtos da atividade das ferro-bactérias. O uso de substâncias orgânicas emulsificantes e polifosfatos nos processos de perfuração e desenvolvimento dos poços criam condições para que as ferro-bactérias, naturalmente ocorrente nos aquíferos, proliferem com mais facilidade fazendo-se necessário uma boa limpeza no processo de completação do poço.

1.3.8 Manganês (Mn)

É um elemento que acompanha o ferro em virtude de seu comportamento

geoquímico. Ocorre em teores abaixo de 0,2 mg/l, quase sempre como óxido de manganês bivalente, que se oxida em presença do ar, dando origem a precipitados negros.

1.3.9 Flúor (F⁻)

O flúor é um elemento que ocorre naturalmente e em pequenas quantidades nas águas naturais (0,1 a 2,0 mg/l). É produto do intemperismo de minerais no qual é elemento principal ou secundário: fluorita, apatita, flúor-apatita, turmalina, topázio e mica. O flúor liberado pelo intemperismo destes minerais passa para as soluções aquosas supergênicas na forma do íon fluoreto, de alta mobilidade. Diversamente de outros halogênios ele pode formar complexos estáveis com elementos como Al, Fe, B e Ca. Desta forma no ciclo geoquímico o flúor pode ser removido das águas pela coprecipitação com óxidos secundários de Fe, podendo também ser complexado tanto com o Fe como com o Al na forma de fosfato. Como produto da ação humana o flúor é originado de atividades industriais: siderúrgicas, fundições, fabricação do alumínio, de louças e esmaltados, vidro, teflon, entre outras. Estas atividades são responsáveis pela sua introdução no ciclo hidrológico pelo lançamento na atmosfera ou em corpos hídricos superficiais. Na forma de clorofluorcarbono (CFC) o flúor foi amplamente utilizado como propelente de aerossóis. Este uso está em declínio devido a restrições legais, pois o CFC agride e destrói a camada de ozônio que circunda a Terra. É sabido que o flúor, em pequenas quantidades, é benéfico à saúde humana, principalmente em crianças, promovendo o endurecimento da matriz mineral dos dentes e esqueleto e tem se mostrado como o agente químico mais eficiente na prevenção da cárie dentária, daí sua adição nos sistemas de abastecimentos públicos de água ser uma prática muito difundida. Contudo, acima de certos teores, passa a ser prejudicial, causando fluorose dental e esquelética, tanto em seres humanos como em minerais. A fluorose se caracteriza pelo escurecimento dos

dentes e a perda de resistência dos dentes e ossos. Os teores máximos permitidos são estabelecidos em função da idade do consumidor e da quantidade de água ingerida diariamente. Nos países tropicais, onde a ingestão diária de água é maior, admite-se que se deva ser mais rigoroso no controle de flúor nas águas de abastecimento público. Segundo a OMS (Organização Mundial de Saúde) o teor de flúor estabelecido como ótimo na água potável varia entre 0,7 a 1,2 mg/l, segundo as médias de temperaturas anuais ($18^{\circ}\text{C} = 1,2\text{ mg/l}$, $19-26^{\circ} = 0,9\text{ mg/l}$).

1.3.10 Magnésio (Mg^{2+})

O magnésio é um elemento cujo comportamento geoquímico é muito parecido com o do cálcio e, em linhas gerais, acompanha este elemento. Diferentemente do cálcio, contudo, forma sais mais solúveis. Os minerais mais comuns fornecedores de magnésio para as águas subterrâneas são: biotita, anfíbólios e piroxênios. Estes minerais são mais estáveis diante do intemperismo químico, do que os minerais fornecedores de cálcio, por isso seu teor nas águas subterrâneas é significativamente menor do que aquele. Em região de rochas carbonáticas, o mineral dolomita é um importante fornecedor de Mg. Nas águas subterrâneas ocorre com teores entre 1 e 40 mg/l. O magnésio, depois do cálcio, é o principal responsável pela dureza das águas.

Na água do mar o magnésio ocorre em teores de cerca de 1400mg/l, bem acima do teor de cálcio (cerca de 480 mg/l). Em águas subterrâneas de regiões litorâneas, a relação Mg/Ca é um elemento caracterizador da contaminação por água marinha.

1.3.11 Níquel (Ni)

O teor de níquel nas águas está ao redor de 0,1 mg/l. Concentrações superiores a 11,0 mg/l podem ser encontradas em áreas de mineração. As principais fontes antropomórficas de níquel são: queima de combustíveis fósseis, fundição e ligas, galvanoplastia. No ser humano, altas doses levam à intoxicação, afetando nervos, coração e sistema respiratório. Pode causar dermatites em pessoas sensíveis. O teor máximo permitido em águas de abastecimento é 0,025 mg/l.

1.3.12 Nitrato (NO_3^-)

O nitrogênio perfaz cerca de 80 por cento do ar que respiramos. Como um componente essencial das proteínas ele é encontrado nas células de todos os organismos vivos. Nitrogênio inorgânico pode existir no estado livre como gás, nitrito, nitrato e amônia. Com exceção de algumas ocorrências como sais evaporíticos, o nitrogênio e seus compostos não são encontrados nas rochas da crosta terrestre. O nitrogênio é continuamente reciclado pelas plantas e animais. Nas águas subterrâneas os nitratos ocorrem em teores em geral abaixo de 5 mg/l. Nitritos e amônia são ausentes, pois são rapidamente convertidos a nitrato pelas bactérias. Pequeno teor de nitrito e amônia é sinal de poluição orgânica recente, segundo o padrão de potabilidade da OMS, uma água não deve ter mais do que 10 mg/l de NO_3^- .

No sistema digestivo o nitrato é transformado em nitrosaminas, que são substâncias carcinógenas. Crianças com menos de três meses de idade possuem, em seu aparelho digestivo, bactérias que reduzem o nitrato a nitrito. Este se liga muito fortemente a moléculas de hemoglobina, impedindo-as de transportarem oxigênio para as células do

organismo. A deficiência em oxigênio leva a danos neurológicos permanentes, dificuldade de respiração (falta de ar) e em casos mais sérios à morte por asfixia. Aos seis meses de idade a concentração de ácido hidrolórico aumenta no estômago, matando as bactérias redutoras de nitrato.

Pesquisa realizada pela USEPA (U. S. Environmental Protection Agency) no decorrer do ano de 1992, em todo território norte-americano, constatou que cerca de 75 000 crianças com menos de dez meses de idade estavam expostas ao consumo de água com mais de 10 mg/l de nitrato. No Brasil, não se tem idéia da extensão do problema. Aparentemente, aqui o problema está mais associado a poços poluídos por esgotos domésticos do que ao uso intensivo de fertilizante.

1.3.13 Potássio (K^+)

O potássio é um elemento químico abundante na crosta terrestre, mas ocorre em pequena quantidade nas águas subterrâneas, pois é facilmente fixado pelas argilas e intensivamente consumido pelos vegetais. Seus principais minerais fontes são: feldspato potássico, mica moscovita e biotita, pouco resistentes aos intemperismo físico e químico. Nas águas subterrâneas seu teor médio é inferior a 10 mg/l, sendo mais freqüente valores entre 1 e 5 mg/l.

1.3.14 Sódio (Na^+)

O sódio é um elemento químico quase sempre presente nas águas subterrâneas. Seus principais minerais fonte (feldspato plagioclásios) são pouco resistentes aos processos intempéricos, principalmente os químicos. Os sais formados nestes processos são muito

solúveis. Nas águas subterrâneas o teor de sódio varia entre 0,1 e 100 mg/l, sendo que há um enriquecimento gradativo deste metal a partir das zonas de recarga. A quantidade de sódio presente na água é um elemento limitante de seu uso na agricultura. Em aquíferos litorâneos, a presença de sódio na água poderá estar relacionada à intrusão da água do mar. Segundo a OMS, o valor máximo recomendável de sódio na água potável é 200 mg/l.

2. POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS RELACIONADA AOS AGENTES QUÍMICOS

À ocorrência de acidentes com produtos químicos podem transformar-se em eventos agudos de poluição. Descargas e vazamentos geram atmosferas contaminadas, tóxicas, inflamáveis e explosivas, envolvendo uma ou mais substâncias perigosas, com potencial para causar, simultaneamente, múltiplos danos ao meio ambiente e à saúde.

De acordo com MILARE (2000), algumas fábricas despejam seus resíduos líquidos no terreno, permitindo que se infiltrem, e levem a poluição ao subsolo. Os agricultores usam fertilizantes e agrotóxicos para que a plantação cresça bonita e forte, mas quando usam estas substâncias em excesso, uma parte poderá ser levada até o nível da água subterrânea.

Os depósitos de lixo, também podem ser fontes de poluição dos aquíferos, devido à infiltração do chorume. A água subterrânea demora anos para circular e depois que o aquífero foi contaminado, é muito difícil recuperá-lo.

Os acidentes com produtos químicos também podem ampliar-se e causar grande número de óbitos. O potencial da gravidade e extensão dos efeitos desses eventos pode ultrapassar limites espaciais, como o perímetro da indústria, dos bairros, das cidades e até das fronteiras entre os países. Causam ainda efeitos temporais, com danos imediatos à saúde, e também danos mediatos às gerações futuras, como má formação em recém-nascidos, desenvolvimento de doenças, degradação ambiental, entre outros.

Numa explosão, a súbita liberação de energia pode causar efeitos locais. Porém, as explosões químicas tendem a apresentar repercussões mais graves sobre a saúde, uma vez que ocasionam incêndios e emissão de substâncias tóxicas perigosas. Em ambos os casos, há ainda

a possibilidade da projeção de fragmentos que provocam queimaduras e traumatismos, bem como sufocação nas pessoas, devidos aos gases liberados após a explosão.

No caso de incêndios, o calor liberado pelas chamas pode causar danos a outros equipamentos, com a possibilidade de ocorrência de novos incêndios e explosões, intensificando os efeitos destrutivos.

Além disso, dependendo de vários fatores, entre eles a temperatura, a combustão incompleta das substâncias químicas pode gerar inúmeros poluentes indiretos. Essa característica do incêndio químico torna difícil estabelecer induções causais entre a possível exposição e os sintomas registrados, tal como evidenciam os estudos sobre bombeiros e populações expostos a esses eventos. As águas residuárias contaminadas dos combates aos incêndios químicos são outra fonte de riscos. As equipes de emergência entram em contato com elas durante o combate e a população consome a água e os peixes dos rios contaminados.

As emissões líquidas acidentais, que decorrem de vazamento ou derramamento, têm extensão determinada, entre outros fatores, pela existência de cursos d'água e barreiras naturais ou artificiais. A gravidade e a extensão dessas emissões dependem das propriedades físicas, químicas, toxicológicas e ecotoxicológicas das substâncias que as compõem, das condições atmosféricas e das características geológicas. A exposição aos vapores tóxicos gerados pelas emissões líquidas acidentais podem provocar efeitos agudos e crônicos, como carcinogenicidade, teratogenicidade, mutagenicidade e causar danos a órgãos específicos. (MILARE, 2000)

Praticamente qualquer substância presente no meio ambiente de forma descontrolada, devido a: descartes diretos sobre o solo ou para o ar ou esgoto, ou diretamente em córrego, rios ou mar, em concentrações inaceitáveis; acidentes de transporte, ou dentro da empresa, que muitas vezes atravessa os seus muros; derramamentos acidentais; vazamentos muitas vezes não percebidos; etc. podem causar danos ao meio ambiente.

Cada vez mais devemos ter em conta a ação das substâncias químicas não só sobre os trabalhadores como também sobre o meio ambiente. Não existe separação rígida entre o ambiente de trabalho e o ambiente externo, desta forma é importante conhecermos e evitarmos este tipo de ação, das substâncias químicas.

No sentido de identificar os riscos representados pelas indústrias deve se procurar identificar a presença de substâncias químicas potencialmente perigosas, mas também as condições em que elas chegam na empresa, são armazenadas, manipuladas, transportadas, descartadas ou enviadas como produto final. Além disso, procurar saber se a empresa até capacitada para situações de emergência devido à ocorrência de acidentes.

Lembrar, então, que estas situações podem estar presentes em todo o ciclo de vida do produto, na empresa: entrada da empresa/compra, armazenagem, transporte, utilização/manuseio, venda/distribuição e tratamento/disposição.

Podem ainda ocorrer em situações acidentais, como nos vazamentos, derrames, etc.

2.1 Acidentes ambientais e tanques enterrados

Um dos mais freqüentes casos de contaminação de aquíferos em centros urbanos refere-se a tanques enterrados contendo líquidos perigosos, incluindo os combustíveis.

O grande número de contaminações por postos de serviço decorre da quantidade de empreendimentos, da estocagem de produtos perigosos e altamente tóxicos, que mesmo em pequenas perdas causam potencialmente grandes plumas contaminantes, da dificuldade da detecção de vazamentos em tanques subterrâneos e da falta de fiscalização adequada. Atualmente, em áreas de maior risco ambiental, vários tanques tradicionais estão sendo substituídos por tanques de paredes duplas, com detectores de fugas e poços de monitoração.

O vazamento de tanques e tubulações, choques de caminhões transportando compostos perigosos, falta de cuidado na carga e descarga de produtos são alguns possíveis vetores de contaminação.

2.2 Informações ecotoxicológicas

De acordo com SAVARIZ (1994), a ecotoxicologia preocupa-se com o estudo das ações e efeitos nocivos de agentes físicos e químicos presentes no meio ambiente sobre os constituintes vivos dos ecossistemas, tendo como principal finalidade avaliar o risco resultante da presença de tais agentes.

Para cumprir tal objetivo, ela necessita do maior número possível de informações sobre cada um dos agentes. Assim, existem várias fontes de obtenção do conhecimento da toxicidade das substâncias químicas e da relação risco-segurança. Entre elas temos a experimentação animal, a experimentação com voluntários e a pesquisa epidemiológica.

O tipo de pesquisa mais utilizada é a experimentação com animais. Ela permite:

- prever o tipo de lesão causada por uma exposição excessiva, particularmente quando se trata de novas substâncias para as quais não se dispõe ainda de informações clínicas;
- definir o mecanismo de ação das substâncias químicas, isto é, a natureza das alterações bioquímicas ou fisiológicas, responsáveis pelo desenvolvimento dos sinais e sintomas clínicos;
- descobrir possíveis antídotos;
- determinar o grau de exposição ao qual nenhuma manifestação tóxica ocorre; e
- estudar as interações entre diferentes substâncias químicas.

Apesar de muitas restrições, é com base no trabalho com animais que é elaborada a maior parte dos limites e padrões de exposição. Deve-se ressaltar que, sendo as investigações detalhadas freqüentemente impraticáveis com o homem, há a necessidade de extrapolar os resultados, sendo por isso necessário aplicar sempre fatores de segurança.

2.3 Toxicidade

Limites e padrões: entende-se por toxicidade como a capacidade inerente a uma substância química de produzir um efeito deletério sobre um sistemas biológico.

Toxicidade ao homem e animais superiores (vertebrados): dentre os meios que a toxicidade dispões para conhecer a toxicidade dos agentes químicos merecem destaque as pesquisas experimentais que freqüentemente utilizam animais de laboratório, as pesquisas de caráter epidemiológico e a observação crítica de dados que ocorrem de certa maneira ao acaso no meio ambiente.

A experimentação com animais de laboratório pode elucidar importantes mecanismos de ação dos agentes tóxicos e os aspectos qualitativos das relações daqueles agentes com os organismos vivos.

Porém, escassamente gerará dados quantitativos que possam ser direta e imediatamente aplicados ao homem. Neste trabalho os itens MTD (menor dose tóxica publicada) e MCT (menor concentração tóxica publicada) poderão ser preenchidos à medida que haja dados disponíveis. FUNDACENTRO, (2000)

Toxicidade aos organismos aquáticos: a toxicidade aquática estuda os efeitos tóxicos de agentes físicos e químicos sobre os organismos representativos do ambiente aquático.

O meio aquático é considerado o mais importante compartimento receptor, pois substâncias químicas lançadas no ar ou no solo irão atingi-lo através das chuvas, lavagem do solo e infiltrações.

O estudo dos efeitos de agentes tóxicos sobre a vida aquática pode ser realizado através de ensaios biológicos “in loco” ou em condições laboratoriais, sendo estes últimos mais utilizados por permitirem um controle mais efetivo dos fatores ocasionais (exemplo: temperatura, pH, duração de exposição, meio, concentração). Ao se avaliar a toxicidade de agentes tóxicos ou misturas destes, frente a um reativo biológico (geralmente se utiliza uma população homogênea, possuindo uma sensibilidade definida) determinando-se a concentração responsável por um efeito tóxico (efeito letal, sub-letal, crônico, imobilização ou modificação do comportamento, entre outros). Estes podem ser realizados utilizando-se sistemas de fluxo contínuo, semi-estáticos ou estáticos. Quanto ao meio, pode-se utilizar meio aquático do tipo água continental (água dura – rica em bicarbonatos e sulfatos dissolvidos; água mole – isenta de íons cálcio e magnésio), marinha ou salobra, que podem ser provenientes de uma fonte natural ou preparadas adequadamente, misturando-se os componentes necessários.

Com relação ao organismo-teste, por razões técnicas e econômicas, é impossível testar todas as espécies que fazem parte do ecossistema aquático. O critério mais amplamente aceito é o de se escolher espécies representativas de diferentes níveis tróficos (posição na cadeia alimentar).

No caso de organismos aquáticos, devido a grande variedade de espécies estudadas e a dificuldade de se obter testes de padronização, a indicação da toxicidade de substâncias é fornecida em faixas que variam de 1 a 1000 ppm. FUNDACENTRO, (2000)

Toxicidade a outros organismos: decorrente da dificuldade de estabelecimento de valores de toxicidade para o ser humano e animais superiores, lança-se mão de testes e

bioensaios com outros organismos. Estes experimentos se realizam principalmente com as bactérias, por serem elas de triagem simples, desenvolvimento rápido e de grande aplicabilidade no monitoramento de substâncias tóxicas, cancerígenas e mutagênicas.

Entende-se por mutação como uma alteração no material genético hereditariamente transmissível.

3. CONCLUSÃO

A utilização substancial de produtos químicos é essencial para alcançar os objetivos sociais e econômicos da comunidade mundial e as melhores práticas modernas demonstram que eles podem ser amplamente utilizados com boa relação custo-eficiência e com alto grau de segurança. Entretanto, ainda resta muito a fazer para assegurar o manejo ecologicamente saudável das substâncias químicas tóxicas dentro dos princípios de desenvolvimento sustentável e de melhoria da qualidade de vida da humanidade. Dois dos principais problemas, em particular nos países em desenvolvimento, são a falta de dados científicos para avaliar os riscos inerentes à utilização de numerosos produtos químicos e a falta de recursos para avaliar os produtos químicos para os quais já dispomos de dados.

A análise de risco é um processo complexo e custoso e deve ser abrangente. Nela estão envolvidos o gerenciamento de riscos onde são aplicados treinamentos periódicos e inseridos Planos de Emergência dentro de empresas em locais de estocagem de produtos químicos ou na sua rota de transporte.

Existem legislações específicas para cada procedimento e para cada tipo de produto e estas devem ser rigorosamente seguidas no processo de Análise e Gerenciamento de Riscos Ambientais de Produtos Químicos.

A contaminação em grande escala por substâncias químicas, com seus graves danos à saúde humana, às estruturas genéticas, à reprodução e ao meio ambiente, prosseguiu nesses últimos anos em algumas das principais zonas industriais do mundo. A recuperação dessas zonas necessitará de grandes investimentos e do desenvolvimento de novas técnicas. Apenas se começa a compreender os efeitos a longo prazo da poluição que atinge os processos químicos e físicos fundamentais da atmosfera e do clima da Terra e a reconhecer a importância desses fenômenos.

Os resíduos podem ser tratados antes de serem despejados no terreno. Os tratamentos fazem com que os poluentes se transformem em substâncias neutras ou menos perigosas. Por isto é muito importante que as indústrias conheçam os líquidos que produzem como resíduos e lhes dêem tratamento adequado. Os aterros sanitários e outras atividades poluidoras, devem ser controladas pelos governos locais. Os governos têm uma grande responsabilidade de cuidar da água subterrânea. Contudo, devemos ter em conta que cada um de nós pode dar sua contribuição.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAIRD, Colin. **Química Ambiental**. 2 ed. Porto Alegre, Bookman, 2002

FUNDACENTRO. **Acidentes Químicos Ampliados: A Visão dos Trabalhadores – relatório final dos anais do Seminário Nacional sobre os Riscos de Acidentes Maiores**, Atibaia 29/11-01/12/1995. São Paulo, 2000. 130 p.

MILARE, Edis. Direito do ambiente, Revista dos Tribunais. **Prevenção e controle da Poluição do solo e da água subterrânea**, CETESB, agosto 2000.

NATURE. **Contaminação de águas subterrâneas**. São Paulo, nº 310, 2004. Disponível em: <<http://www.bbc.co.uk/portuguese/ciencia/story.natureamt.com.br>> Acesso em 02 abr. 2004

PINTO, Nelson. **Hidrologia Básica**. 7 ed. Edgard Blucher Ltda. São Paulo, 2000

SAVARIZ, M. C. **Manual de Produtos Perigosos – Emergência e Transporte**. 2ª Edição. Sagra – DC Luzzatto – Porto Alegre – RS – 1994

SILVA, Rosa. **Como se dá a poluição do solo e das águas**. In _____. (Org). **Agentes poluidores**. Abril, 2001. Disponível em: <<http://www.areaverde.com.br>> Acesso em 02 abr. 2004