UFMS
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM GEOGRAFIA

PRESENÇA DE HIDROCARBONETOS E NITRATO NAS ÁGUAS FREÁTICAS DE DOURADOS-MS

DANIEL ALVES DOS SANTOS

AQUIDAUANA/MS
2008

DANIEL ALVES DOS SANTOS

PRESENÇA DE HIDROCARBONETOS E NITRATO NAS ÁGUAS FREÁTICAS DE DOURADOS-MS

Dissertação apresentada à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFMS, para fins de avaliação, como exigência final para obtenção do grau de Mestre na área de concentração em Planejamento Ambiental.
Orientação: Prof. Dr. Ricardo Henrique Gentil Pereira.

AQUIDAUANA/MS
2008

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD

628.16860981727
S237p

Santos, Daniel Alves
Presença de hidrocarbonetos e nitrato nas águas freáticas de Dourados – MS. / Daniel Alves dos Santos. – Aquidauana, MS : UFMS, 2008.
57p.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Henrique Gentil Pereira
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

1. Águas freáticas – Dourados, MS – Qualidade. 2. Contaminação de águas por Nitrato. 3. Contaminação de águas por hidrocarbonetos. 4. Água – Qualidade – Aspecto ambiental I. Título.

BANCA EXAMINADORA

Professor Dr. Ricardo Henrique Gentil Pereira (Presidente da Banca)

Professor Dr. Pedro Alcântara de Lima (membro convidado – UFGD)

Professor Dr. Valter Guimarães

DEDICATÓRIA

Ao meu pai Deoclécio, um eterno incentivador que cumpriu o dever com muita responsabilidade e não pôde contemplar a conclusão deste trabalho, mas sei que de onde está sente-se feliz por este feito.

AGRADECIMENTOS

Ao Ser superior pela oportunidade concedida.

A toda minha família pelo apoio moral.

Aos membros da banca examinadora, pela atenção dispensada.

Ao meu orientador Professor Dr. Ricardo Henrique Gentil Pereira, por dividir seu tempo com minha orientação.

Ao Professor Dr. Pedro Alcântara de Lima, membro convidado – Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), por ter acompanhado minha formação desde o terceiro ano primário, repassando-me seus conhecimentos, a quem serei eternamente grato.

Aos companheiros de curso e aos funcionários do Centro Universitário de Aquidauana – CEUA, pelo apoio e companheirismo.

Ao Conselho Municipal de Defesa Ambiental – COMDAM, pelo suporte financeiro indispensável para a realização das análises de água.

Aos funcionários do Instituto do Meio Ambiente de Dourados - IMAM, meus companheiros de trabalho, pelo apoio.

Aos Químicos Fabiano Viana Storti e Leandro Honório do Laboratório Sanágua, pelo barateamento dos custos de análise dos hidrocarbonetos.

A todos que direto ou indiretamente, contribuíram para a conclusão desta dissertação.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS..... i

LISTA DE TABELAS..... ii

RESUMO..... iii

ABSTRACT..... iv

1 – INTRODUÇÃO..... 1

2 – MUNICÍPIO DE DOURADOS – ASPECTOS GERAIS..... 4

3 - AS RELAÇÕES DE PRODUÇÃO E O COTIDIANO NO ESPAÇO GEOGRÁFICO: NECESSIDADES E PROBLEMAS CRIADOS A PARTIR DE UM MODELO DE CONSUMO..... 6

4 - A ÁGUA NO BRASIL E NO MUNDO..... 11

4.1 - Qualidade das águas..... 11

4.2 - Geografia da saúde e o monitoramento da água subterrânea..... 12

4.3 - Gestão de recursos hídricos..... 16

4.3.1 - Contaminantes orgânicos..... 19

4.3.2 - Contaminantes tóxicos..... 19

4.4 - Doenças crônicas e tratamento de água..... 22

5 - REMEDIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS POR HIDROCARBONETOS: PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES GERAIS..... 23

5.1 - Revitalização de áreas contaminadas no município de São Paulo..... 26

5.2 - Tecnologias de remediação: qual abordagem é a correta?..... 27

5.3 - Análise de risco na remediação de áreas contaminadas..... 28

5.4 - Tipos de remediação de contaminação por hidrocarbonetos..... 30

5.4.1 – Fitorremediação..... 30

5.4.2 - Controle hidráulico..... 31

5.4.3 - Absorção, translocação e transformação..... 32

5.4.4 – Fitovolatilização..... 33

5.4.5 – Rizodegradação..... 33

5.4.6 - Biorremediação eletrocinética..... 34

6 - A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE DOURADOS – MÉTODOS DE COLETA E ANÁLISE DE ÁGUA..... 37

6.1 - Análise das amostras..... 41

6.1.1 - Análise do Nitrato..... 41

6.1.2 - Análise de BTEX, pH e condutividade elétrica..... 42

7 - RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 43

7.1 – BTEX..... 43

7.2 - Condutividade Elétrica e pH..... 48

7.3 – Nitrato..... 49

8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇOES DE POLÍTICAS PÚBLICAS.. 52

9 – BIBLIOGRAFIA..... 55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - aspecto da estrutura dos tanques jaquetados..... 13

Figura 2 - Modelo esquemático – complexidade da presença de substâncias no lençol freático..... 15

Figura 3 - Aspecto das formas de coleta em campo..... 37

Figura 4 – Uso do coletor durante coleta num poço..... 37

Figura 5 – Uso do coletor para poço – coletor com dosador para pequenos recipientes..... 38

Figura 6 – Uso do coletor durante coleta num poço..... 38

Figura 7 – Coleta diretamente na bomba..... 38

Figura 8 – Ponto 26, poço de coleta construído ao lado do terreno da Petrobras..... 39

Figura 9 - Planta com pontos de coleta de água..... 40

Figura 10 – Sazonalidade de um poço..... 43

Figura 11 – Sazonalidade de um poço (período chuvoso)..... 44

Figura 12 – Sazonalidade de um poço (período de seca)..... 44

Figura 13 – Imagem de satélite - ponto 11..... 45

Figura 14 – Pontos 23, 24 e 25 (entradas da lagoa no Parque Arnulpho Fioravanti)..... 46

Figura 15 – Pontos 19 e 26, próximo ao terreno da Petrobras..... 46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados de BTEX em mg/L..... 47

Tabela 2 – BTEX - Padrão de aceitação em águas para consumo humano..... 47

Tabela 3 – níveis de pH e condutividade..... 49

Tabela 4 - Resultados de Nitrato (NO3) em mg/L -1..... 50

RESUMO

Nos locais servidos por rede pública coletora de esgoto há um maior índice de utilização das águas freáticas para consumo humano em Dourados – MS, por causa do encarecimento da conta mensal pela taxa de esgoto que incide em 60% sobre os metros cúbicos de água consumida. Nas cidades há atividades próprias da rotina urbana, que contaminam as águas freáticas e fazem delas um fator de risco para a população que as utiliza. Postos de combustíveis, principalmente os mais antigos, são apontados pela comunidade técnica e científica como sendo um dos locais integrantes de um grupo que oferecem risco de contaminação das águas freáticas. O derramamento de combustíveis pode contaminar o lençol freático com hidrocarbonetos (BTEX), e dependendo de como será consumido essas águas, pessoas podem desenvolver leucemia (câncer no sangue) e doenças do sistema nervoso central. A existência de atividades tais como as residências ou até mesmo atividades comerciais e industriais que fazem deposição de matéria orgânica em fossas, também é um risco potencial para a saúde humana, uma vez que a decomposição da matéria orgânica causa a contaminação das águas freáticas por nitrato, sendo que essa substância é um dos causadores de câncer de estômago. Para investigar tal suspeita, durante a pesquisa foram efetuadas duas análises da água de 26 pontos, sendo 23 pontos em poços freáticos próximo a postos de combustíveis e 3 pontos de coleta foram numa lagoa artificial existente na área urbana. Os resultados das concentrações de hidrocarbonetos e nitratos detectadas nas amostras, apesar de encontrar-se em níveis abaixo dos valores máximos para consumo humano permitidos, pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, confirmam a suspeita que as águas freáticas quando consumidas sem conhecimento de sua qualidade, é um risco para a saúde humana.

Palavras chave: Hidrocarbonetos, BTEX, qualidade das águas freáticas, nitrato.

ABSTRACT

In places served by public sewage collector there is a higher rate of use of groundwater for human consumption in Dourados-MS, because of endearment account monthly fee for sewage which focuses on 60% on the cubic metres of water consumed. In the cities there are activities that the urban routine, which contaminate the waters treatises and make them a risk factor for the population that uses. Fuel Stops, especially the oldest, are pointed out by the technical and scientific community as one of the local members of a group that offer risk of contamination of groundwater. The spill of fuel can contaminate the water table with hydrocarbons (BTEX), and depending on how these will be consumed water, people may develop leukemia (blood cancer) and diseases of the central nervous system. The existence of activities such as homes or even commercial and industrial activities that are deposition of organic matter in ditches, it is also a potential risk to human health, because the decomposition of organic matter concerned the contamination of groundwater by nitrate, and this substance is one of the causes of cancer of the stomach. To investigate this suspicion during the search were two analyses of the water of 26 points, with 23 points in groundwater wells near the posts of fuel and 3 points of collection were an artificial lake in the existing urban area. The results of the concentrations of hydrocarbons and nitrates found in the samples, although to be at levels below the maximum allowed for human consumption by Order 518/2004 of the Ministry of Health, confirmed the suspicion that the groundwater when taken without the knowledge of his quality is a risk to human health.

Key words: Hydrocarbons, BTEX, quality of groundwater, nitrate.

1 – INTRODUÇÃO

Considera-se, hoje, que a quantidade total de água na Terra, de 1.386 milhões de km^3, tenha permanecido de modo aproximadamente constante durante os últimos 500 milhões de anos (REBOUÇAS, 2006).

As águas subterrâneas possuem reservas dezenas de vezes superiores ao volume de água doce disponível na superfície e possuem estreita inter-relação com as águas superficiais, tanto no aspecto quantitativo quanto no aspecto qualitativo (PINTO, 1976).

Vale ressaltar, todavia, que as quantidades estocadas nos diferentes reservatórios individuais de água da Terra variaram substancialmente ao longo desse período. Por exemplo, durante a Grande Idade do Gelo, cujo apogeu ocorreu há cerca de vinte mil anos, as massas de gelo cobriam grandes extensões de terras emersas. Este quadro resultou da transferência da ordem de 47 milhões de km^3 de águas dos oceanos para os continentes. Em conseqüência, os registros geológicos indicam um rebaixamento do nível dos mares e oceanos de cerca de 130 m. O volume de água que foi transferido é de quase o dobro da quantidade atual de água doce existente nos continentes (REBOUÇAS e outros, 2006).

A distribuição dos volumes estocados nos principais reservatórios de água da Terra é da seguinte forma: de toda água existente na Terra, pode-se verificar que 97,5% do volume total de água da Terra formam os oceanos e mares e somente 2,5% são de água doce. Ressalte-se que a maior parcela dessa água doce (68,9%) forma as calotas polares, as geleiras e neves eternas que cobrem os cumes das montanhas mais altas da Terra. Os 29,9% restantes constituem as águas subterrâneas doces. A umidade dos solos (inclusive daqueles gelados – *permafrost*[1]) e as águas dos pântanos representam cerca de 0,9% do total e a água doce dos rios e lagos cerca de 0,3% (REBOUÇAS, 2006).

O consumo de água no planeta apresenta escalada ascendente, superior inclusive aos níveis de crescimento populacional, ou seja, no último século, a população mundial multiplicou três vezes o seu tamanho e o consumo de água ampliou-se em cerca de nove vezes, enquanto o consumo per capita dobrou e a população cresceu três vezes. Vale lembrar, que o maior consumo de água não é para o abastecimento e, sim, para a agricultura irrigada.

Assim, as pressões sobre os aquíferos são crescentes, e os mesmos apresentam sinais de esgotamento efetivo em vários lugares no mundo.

[1]Umidade existente nos solos gelados. Grifo do autor.

Em 1950, as reservas mundiais de água doce representavam 16,8 mil m^3/pessoa, atualmente reduzida para 7,3 mil m^3/pessoa e estima-se que atinja 4,8 mil m^3/pessoa nos próximos 25 anos, como resultado do aumento da população, da industrialização, da agricultura e da poluição. Quando se comparam os usos, a quantidade de água e a necessidade humana pode-se concluir erroneamente que existe água suficiente; mas a variação temporal e espacial é muito grande e existem varias regiões vulneráveis, onde aproximadamente 460 milhões de pessoas (8% da população mundial) estão sujeitas a falta freqüente de água. Caso nada seja realizado em termos de conservação e uso racional da água, é possível que dois terços da população mundial sofram por razões ligadas a falta de água. A primeira escassez é a quantitativa logo em seguida vem a qualitativa (JÚNIOR, 2005).

Quando há abundância de água, ela pode ser tratada como bem livre, sem valor econômico. A partir da existência de demanda começa a surgir conflitos pela água que passa a ser escassa, e, então, precisa ser gerida como bem econômico, ao qual deve ser atribuído o valor. A escassez, também, pode ocorrer devido ao acelerado processo de poluição, afetando a qualidade de tal forma, que as concentrações máximas de compostos nocivos excedam aos admissíveis para determinados usos.

O homem aprimorou a tecnologia e com suas práticas acabou por alterar o regime hidrológico, como a regularização de vazões e a recarga de aquíferos. Quanto mais evolui a tecnologia, mais significativas são as intervenções e os efeitos das ações humanas sobre os recursos hídricos.

O controle do regime das águas é ponto importante, devendo haver uma preocupação com a realização de obras que possam afetar o comportamento hidrológico dos cursos d'água e hidrogeológico dos aquíferos subterrâneos (BARTH, 1987).

A escassez e a poluição e contaminação dos recursos hídricos têm conseqüências sociais, econômicas e ambientais, uma vez que provocam doenças por causa da má qualidade ou falta de água em quantidade suficiente para as necessidades mínimas. Atualmente estima-se que um terço da população da terra, viva em áreas com escassez de água por causa da degradação ou por se tratar de regiões áridas ou semi-áridas (JÚNIOR, 2005).

O principal objetivo da política de recursos hídricos é a garantia de que a água seja um bem assegurado, no sentido de estar disponível em quantidade e qualidade adequada para os respectivos usos, bem como salvaguardados para a sua utilização pelas futuras gerações (PETERS, 2005).

Segundo BARTH (1987), a questão dos recursos hídricos é toda fundamental para as indústrias, e que por ocasião da implantação de uma atividade, a primeira tarefa a ser executada é a perfuração de poços ou a captação de águas, sendo que na impossibilidade de obter uma quantidade e ou qualidade necessária, pode invibializar o empreendimento.

No Brasil, a situação também é preocupante, já que apesar de sua situação de disponibilidade hídrica privilegiada, pois grande parte da reserva de água doce no mundo concentra-se em nosso território, porém, não distribuída de forma uniforme. A Bacia Amazônica concentra cerca de 73% da água doce do país e é habitada por aproximadamente 5% da população brasileira.

O aquífero mais raso está mais vulnerável a influência da ocupação do terreno do que os aquíferos mais profundos. Atividades agrícolas, lançamento de esgotos e efluentes em fossas ou em cursos d'água, disposição inadequada de resíduos em valas precárias, enterramento de lixo em áreas urbanas proporcionando o aumento dos níveis de nitrato e vazamentos de produtos perigosos como por exemplo os compostos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos) são fatos extremamente danosos à qualidade da água, podendo provocar poluição e contaminação às vezes irreversíveis. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo principal pesquisar por amostragem, a possível contaminação do lençol freático de Dourados-MS por hidrocarbonetos aromáticos, os chamados BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno) resultante do vazamento de combustíveis, e apresentar os processos de remediação existentes, para uma futura adoção de medidas mitigadoras dos impactos ambientais nos locais contaminados por hidrocarbonetos e ainda detectar a contaminação do lençol freático de Dourados por nitrato resultante de atividades antrópica, tais como geração de esgotos e resíduos domésticos e industriais.

O trabalho foi desenvolvido em nove capítulos. Neste capítulo 1 trata-se da introdução, e fala sobre aspectos gerais da água no planeta, traz dados sobre a quantidade de água existente e como está distribuída, a demanda, algumas particularidades dos diversos aquíferos e a explicação dos capítulos. O capítulo 2 faz um breve comentário sobre os aspectos gerais do município de Dourados, incluindo aspectos históricos e físicos. As relações de produção e o cotidiano no espaço geográfico são tratados no capítulo 3. O capítulo 4 versa sobre a água no Brasil e no mundo. O capítulo 5 aborda a remediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos, princípios e aplicações gerais. O capítulo 6 discute a qualidade das águas subterrâneas de Dourados, métodos de coleta e análise de água. O capítulo 7 traz os resultados e discussão de cada parâmetro analisado, enquanto os resultados e discussão finalizam o trabalho com o capitulo 8. O capítulo 9 traz a bibliografia.

2 - MUNICÍPIO DE DOURADOS – ASPECTOS GERAIS

A região que hoje constitui o município de Dourados começou a formar o seu núcleo populacional na primeira metade do século XIX, por imigrantes gaúchos e paraguaios. Em 1900, foi criado no município de Ponta Porã a paróquia de Dourados, ex povoação de São João Batista de Dourados.

Em 1910 o povoamento recebeu grande quantidade de terra doada pelo fazendeiro Marcelino Pires, e após a construção da primeira casa pelo pioneiro Januário de Araújo, o local passou a denominar-se "Patrimônio de Dourados". No início o Patrimônio sofria a dificuldades de meios de transporte e deficiência de vias de comunicação, principalmente para Campo Grande, para onde era escoada a produção agrícola.

Naquele período houve migrações de paulistas, gaúchos, alagoanos, pernambucanos, baianos e muitos outros, à procura de "glebas", já que as terras eram férteis e ainda atraídos pela Colônia Agrícola Nacional de Dourados – CAND, criada na Era Vargas. Durante a ocupação das terras houve a derrubada de suas matas virgens para dar lugar às plantações de café, milho, arroz, mandioca, cana-de-açúcar, determinando um crescimento espantoso da população.

Em 20 de dezembro de 1935, foi elevado a categoria de município. A área total do município é de 3.820 km2 (Seplan/Fiplan, 1989).

Conhecida em seu passado por comportar produção ervateira e posteriormente agricultura e pecuária, Dourados é uma cidade que aos setenta anos de sua existência conta com uma população estimada de 182 mil habitantes conforme senso do IBGE 2007, possuidora de 64.491 veículos automotores cadastrados no município, segundo dados do Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN no ano de 2006. O relevo da cidade de Dourados está esculpido em derrames basálticos da Formação Serra Geral numa altitude de 430 metros, o que originou o Latossolo Vermelho Distroférrico Típico (Latossolo Roxo Distroférrico) com teores de ferro acima de 18%, solo este que proporcionou o desenvolvimento da agricultura (EMBRAPA, 1999).

A geologia da região de Dourados é a da Bacia Sedimentar do Paraná. Comporta-se como uma unidade geotectônica fanerozóica com evolução registrada a partir do Eo-Siluriano logo após a estabilização da Plataforma Brasileira. A sua atual configuração foi grandemente influenciada por fraturas, arqueamentos e flexuras do embasamento o que dificulta extrapolações que visem a total investigação sobre a evolução pretérita.

A sede do município de Dourados, geologicamente apresenta ocorrências minerais que datam de 195 milhões a 10 mil anos, sendo representativas na região as da Formação Serra Geral.

Derrames de basaltos toleíticos, creme-amarronzados, cinza-escuro esverdeados. Textura predominantemente afanítica, amigdalóide, e raramente vitrofírica. Presença de intertrapes areníticos, finos a muito finos, com estratificações cruzadas de pequeno porte. Diques e soleiras de diabásio granular, cinza-escuro e esverdeado.

A unidade geomorfológica predominante é o Planalto de Dourados, que abrange quase a totalidade da área do município, pertencente à região dos Planaltos Arenito-Basálticos Interiores, esculpido em rochas basálticas da Formação Serra Geral. Seu relevo apresenta modelados planos e dissecados com topos tabulares. A declividade das vertentes é inferior a 2 graus.

O relevo possui declividade de oeste para leste, as cotas dominantes são 400 a 500 metros e a séde do município de Dourados está numa altitude de 430 metros.

O clima é caracterizado como “Subtropical do Sul de Mato Grosso do Sul”. As temperaturas médias do mês mais frio estão entre 14° C e 15° C, as mínimas absolutas de inverno entre 4 °C e 6 °C; há ocorrência de geadas. As precipitações variam de 1.500 a 1.700 milímetros anuais, com um período seco inferior a quatro meses.

A vegetação natural da região constitui de cerrados e florestas estacionais semideciduais, tendo sofrido alterações no ecossistema a partir da década de 40, com a implantação das Colônias Agrícolas nas áreas florestais e com o início da urbanização (Governo MS/Fundação IBGE, 1990).

Dourados pertence à Bacia hidrográfica do Paraná, Sub-bacia do Ivinhema. O município possui na sua borda ao sul o rio Dourados que recebe maior parte da drenagem urbana de Dourados. A densidade de drenagem é de moderada a baixa, e no perímetro urbano os Córregos Rego D’água, Paragem, Olho D’água, e do Engano despejam suas águas no Córrego Água Boa, e este deságua no Rio Dourados. Os Córregos, da Lagoa e Laranja Hay, após desaguarem no Córrego Laranja Doce, despejam suas águas no Rio Brilhante (Seplan/Fiplan 1989).

3 - AS RELAÇÕES DE PRODUÇÃO E O COTIDIANO NO ESPAÇO GEOGRÁFICO: NECESSIDADES E PROBLEMAS CRIADOS A PARTIR DE UM MODELO DE CONSUMO

Há coisas que sempre existiram, mas que antes não tinham valor de compra, vieram à tona, como é o caso da água existente no Aquífero Guarani, só agora com os problemas de abastecimento de água é tratado com tanta ênfase, pois é necessário ao sistema de produção vigente, suas águas é uma mercadoria que passa a ter valor de compra.

No mundo moderno, as relações de troca ocorrem de tal forma que, ao se fazer barganha de um objeto (dinheiro) por outro (a mercadoria) os atores envolvidos não percebem as relações de produção, ou seja, fica esquecido o trabalho humano e o uso de recursos naturais, fato esse o qual passou a ser visto somente quando os trabalhadores começaram a lutar por seus direitos. A força de trabalho ficou tão materializada que mesmo com a luta por direitos trabalhistas o fato de alguém travar o debate ou a reflexão sobre a venda da força de trabalho, é um acontecimento inusitado, a não ser quando tratamos dos pesquisadores do assunto.

O crescimento do sistema capitalista de produção se deu com o aumento da exploração dos recursos naturais transformando-os em mercadoria, e dentro do processo de transformação da natureza o homem acaba por condicionar a forma como essa transformação vai ocorrer e as relações sociais é que define seu olhar sobre a natureza. Os problemas ambientais são decorrentes do processo de produção e não dos indivíduos e a mercadoria é própria do mundo moderno (HARVEY, 1993).

A Revolução Industrial gerou um grande aumento na produção de vários tipos de bens e grandes mudanças na vida e no trabalho das pessoas, destacando-se o crescimento desordenado da demanda localizada da água, grandes desperdícios e a degradação da sua qualidade em níveis nunca imaginados nas cidades, indústria e agricultura. Todos estes aspectos são, certamente, importantes fatores que determinam a “crise da água” (REBOUÇAS, 2004).

A mercantilização da problemática ambiental cria uma indústria ecológica a partir do discurso de uma crise ecológica, apropriado pelo sistema de produção através de ONG’s e empresas de consultorias ambientais. A ciência nessa problemática acaba sendo manipulada, pois produz pesquisas para o sistema de produção. Desta forma, o levantamento de polêmicas pode ser uma ação favorável ao sistema capitalista, que passa a obter vantagens e então se

adequando ao novo momento. Dentro do discurso da crise ecológica está intrínseco o desenvolvimento sustentável, termo formado por duas palavras antagônicas, pois se há desenvolvimento (termo estrito da economia) como poderá haver sustentabilidade se a sustentabilidade deduz que as transformações ocorram a partir da dinâmica natural? Enquanto oficialmente o termo desenvolvimento sustentável ficou definido como sendo: aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades, a geógrafa Arlete Moisés Rodrigues, 1998 afirma:

> *Até o momento o mercado não atendeu às necessidades de massas de famintos e empobrecidos no processo de produção, contudo, dilapidou o ambiente na medida em que o tornou mercadoria com valor de uso e troca. Quanto à preocupação com as gerações futuras cabe indagar se a atual geração e as passadas estavam presentes para dizer as suas necessidades. (...) em nome do progresso, do "desenvolvimento", muitas comunidades foram expropriadas de seu "lugar", de seu "espaço", de suas condições tradicionais de vida.*

A construção social traz a territorialização de um povo, pois esta se constitui no conjunto de sistemas naturais (espaço, chão), juntamente com as relações sociais daquele espaço. Ao mercantilizar o espaço geográfico, o sistema capitalista se apropria desse espaço, e nessa dinâmica, como diz Milton Santos, 1996, o dinheiro aparece em decorrência de uma vida econômica tornada complexa, quando o simples escambo já não basta.

As doenças são causa ou produto do desequilíbrio ambiental do homem, efeitos colaterais de um consumismo, em que "o fetiche da mercadoria"[2] ou mesmo as necessidades criadas pela humanidade, no caso aqui tratado, a partir de uma idéia capitalista de que tempo é dinheiro, faz com que o homem consuma grande quantidade de veículos automotivos individuais, em detrimento do uso do transporte coletivo, que traz um custo sócio-ambiental bem menor, mas a ineficiência do transporte coletivo, induz a tal comportamento. Essa ambição de consumo, no momento em que as pessoas a satisfaz, acarreta alguns problemas sócio-ambientais que às vezes lhe custará a própria existência, e mesmo assim a humanidade continua consumindo recursos naturais em quantidade maior que a necessária para sua existência.

No caso aqui tratado, abordamos a questão da contaminação do aquífero freático de Dourados-MS por BTEX e nitrato em função do uso do solo urbano.

A existência de postos e depósitos de combustíveis e a existência de fossas para esgotamento doméstico e vazamento em redes de esgoto, são fatores que podem levar a

---

[2] OLIVEIRA NETO, Antônio Firmino. *A rua, o fetiche da mercadoria e a produção da cidade*. In **Revista de Geografia/Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, ano VI, n.º 14**. Dourados: Editora da UFMS, 2001.

contaminação do lençol freático nas cidades, sendo assim, procurando pesquisar um dos efeitos colaterais de um consumo iniciado no fordismo e incorporado na produção moderna, envolvendo toda essa historicidade do espaço geográfico que possui lugares próprios de localização dessa fonte de energia, acabando por existir uma “hegemonia petrolífera”. Houve necessidade de se espacializar a pesquisa, em face à dificuldade de se realizar um estudo que abranja a problemática ambiental em todo o município de Dourados, sendo assim foi utilizado como referência de área de abrangência da pesquisa, os locais onde são servidos de rede de esgoto público na cidade de Dourados-MS. Nesses locais há encarecimento das contas de água em 60% por causa da taxa de esgoto, e há uma tendência por parte da população desses locais em construir poços freáticos para aproveitamento de suas águas para fins domésticos, e essas águas captadas dos poços possuem um grande risco de estar contaminados por hidrocarbonetos e nitrato, podendo causar leucemia e doenças do sistema nervoso central, nas pessoas que fizerem ingestão da água, já que há histórico de contaminação.

O Zoneamento Urbano tem por finalidade disciplinar a ocupação do solo, no sentido de evitar as incompatibilidades entre as funções urbanas: porém, casos se multiplicam em que tal disciplina não se estabeleça às vezes em razão da própria dinâmica regular ou irregular de crescimento da cidade, que pressiona mudanças na legislação urbanística, transformando usos antes permitidos em não permitidos e vice-versa, atingindo diretamente áreas já consolidadas.

Daí o fato de aeroportos, cemitérios, indústrias etc., inicialmente implantados em áreas não ocupadas por residências, com o passar do tempo, passarem a fazer parte de bairros residenciais, centrais ou periféricos, estabelecendo-se aí os conflitos, pois mesmo que tais atividades estejam ambientalmente controladas, obedecendo aos padrões estabelecidos, os ruídos e odores teoricamente suportáveis pelo ser humano, se freqüentes, representam perda da qualidade de vida (Guerra, 2005).

Em Dourados, convive-se com alguns problemas como os acima citados, havendo casos em que empresas que ocupavam um quarteirão, tiveram que mudar suas instalações para novas áreas e há outras em fase de negociação dessas adequações. Por outro lado há casos de manobras políticas para ampliação do perímetro urbano para atender investidores imobiliários, ao invés do incentivo à ocupação da grande quantidade de lotes vazios, acarretando gastos dispendiosos com a implantação de equipamentos de consumo coletivo.

Seja qual for o uso de um solo, mesmo aqueles para fins mais preservacionistas, sempre haverá impacto para o local, podendo ser impacto negativo ou positivo. Podemos

citar alguns exemplos: uma área de preservação permanente numa cidade, implica na existência de animais silvestres que podem transmitir doenças tropicais para a população que está em suas proximidades, uma área residencial pode causar desde o aumento da DBO, aumento do escoamento superficial por causa da impermeabilização, diminuição do nível de água no lençol freático, alteração na qualidade da água do lençol, etc. A instalação de fábricas muito próximas à área habitada, pode causar perturbações por níveis elevados de ruídos, odores fortes, tráfego pesado e intenso, e alteração da paisagem.

Conforme Guerra (2005) a complexidade dos processos de impacto ambiental urbano apresenta um duplo desafio. De um lado, é preciso problematizar a realidade e construir um objeto de investigação. De outro, é necessário articular uma interpretação coerente dos processos ecológicos (biofísico-químicos) e sociais à degradação do ambiente urbano.

A busca por padrões sustentáveis de desenvolvimento urbano, representa, sem dúvida, uma luta política pela reconstrução ou nova produção da cidade ou dos espaços urbanos em geral que requer um conhecimento da realidade que viabilize a emergência de soluções alternativas e sustentáveis para os problemas gerados no processo de mudanças sociais e ecológicas (impactos ambientais).

Crescem, assim, no âmbito inicial da cidade, mas com tendência de expandirem-se às áreas rurais, as demandas por participação nas decisões e ações por parte dos atores sociais, novos e antagônicos: governos (órgãos federais, estaduais e municipais) e empresas imobiliárias, de um lado, e os movimentos sociais, as organizações não-governamentais, de outro. Não obstante a gestão efetivamente reflita o tecido social (socialmente desigual e marcado por contradições de todos os tipos), idealmente, a gestão dos problemas sociais ambientais urbanos implica uma construção social em que o Estado-Governo compartilhe com a sociedade civil as responsabilidades das decisões e das execuções. (Guerra, 2005)

Durante séculos a água foi considerada um bem público de quantidade infinita, à disposição do homem por se tratar de um recurso natural auto-sustentável pela sua capacidade de autodepuração (JÚNIOR, 2005).

O significado do conceito “recurso hídrico” a partir da idéia de patrimônio, bem material ou riqueza, inicialmente estava relacionada à idéia de herança e pertencia antes aos procedimentos jurídicos: houve um grande espaço de tempo até que este recurso assumisse o valor sociocultural de hoje. A partir da expansão do cristianismo, a rede de santuários, imagens e relíquias, entendidas como patrimônio da cristandade, levou a um questionamento se os objetos possuíam um duplo caráter, o devocional e o artístico. A resposta estaria na dessacralização do mundo, que reduziu a cultura material a uma ilustração, salvo em meios

restritos. Hoje o conceito de patrimônio pode abarcar uma cidade, uma floresta, um documento, um bem móvel. Muito desse conceito deve ser creditado aos franceses de fins do século XVIII em diante. O chamado século das luzes formaria idéias filosóficas, postulando o progresso social que desembocaria na Revolução Francesa. Como toda cultura material, desde objetos até edifícios, representava referências de primeira grandeza, não se poderia deixá-la ao capricho de seus proprietários: passou a ser assumida como um bem comum (YÁZIGI, 2003).

No Brasil a questão de preservação dos bens públicos iniciou-se nos estados da Bahia em 1927 e de Pernambuco em 1928 que criaram suas Inspetorias de Monumentos Nacionais. Plínio Ayrosa[3] interpretava que o cosmopolitismo produzido pelas várias nacionalidades de imigrantes induzia ao desinteresse pelo passado. Sendo assim, o Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro produziu interpretações históricas de forte apelo simbólico. Logo após houve a incorporação de cuidados requeridos pelo patrimônio natural (YÁZIGI, 2003).

Ainda segundo YÁZIGI (2003), geograficamente, a extensão do patrimônio para seu entorno dá certa complexidade à questão, já que esse tipo de vizinhança abarca relações humanas de diversas naturezas. Ao falarmos de patrimônio ambiental, temos de considerar igualmente a idéia de ambiente que daí emana. As definições encontradas nos dicionários têm algo em comum: ambiente vem a ser a soma de todas as condições externas e influências que afetam o desenvolvimento e vida dos organismos. A noção de ambiente possui um sentido arquitetural e urbanístico muito forte, mas hoje se extravasou para outras áreas, a ponto de falarmos em ciências ambientais, que dizem respeito à ecologia, geografia, sociologia, psicologia ambiental, economia, etc. Essencial à vida, a água é um recurso destinado à coletividade e dotado de valor econômico, portanto deve ser protegido.

Dourados possui uma lei de uso do solo que foi oficializada em 1991 e encontra-se em fase de reformulação, conforme informações da Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente de Dourados durante pesquisa de campo.

A lei do uso do solo de Dourados faz um zoneamento procurando proteger áreas não edificáveis, e separar os usos diversos (comercial, industrial, residencial, áreas de preservação permanente, gerenciamento do tráfego urbano, etc.).

[3] Professor de Filosofia da USP. Ocupou a cadeira de Etnografia do Brasil e Língua Tupi-guarani.

4 - A ÁGUA NO BRASIL E NO MUNDO

4.1 - Qualidade das águas

A água é um dos recursos naturais mais intensamente utilizados. É fundamental para a existência e manutenção da vida e, para isso, deve estar presente no ambiente em quantidade e qualidade apropriadas.

A água usada para abastecimento doméstico deve apresentar características sanitárias e toxicológicas adequadas, tais como estar isentas de organismos patogênicos e substâncias tóxicas, para prevenir danos à saúde e ao bem-estar do homem.

Há compostos orgânicos que possuem uma taxa de biodegradação muito lenta, portanto estes compostos recebem a denominação de *recalcitrantes* ou *refratários*[4].

A digestão de uma determinada substância depende não somente da possibilidade de ela fornecer energia para os organismos, mas também da existência de organismos capazes de digeri-la. O impacto produzido por compostos orgânicos desse tipo está associado a sua toxicidade, e não ao consumo de oxigênio utilizado para sua decomposição (BRAGA e outros, 2005).

Quando uma massa de poluentes é introduzida no ambiente aquático, uma série de compostos agirá para diminuir a sua concentração: disposição, difusão, transformações químicas e microbiológicas. As substâncias podem ser transferidas: a) para atmosfera, na volatilização b) para sedimentos, via solução e subseqüente disposição de partículas e c) para macrobiota, no tecido dos organismos. Dessa forma nem sempre um poluente lançado na água é nela detectado, podendo vir a acumular-se nos sedimentos e em material biológico ou ainda ser volatilizado.

O monitoramento da qualidade da água pode ter os seguintes objetivos:

-avaliação da qualidade da água para determinar sua adequabilidade para os usos propostos (ex.: abastecimento público, recreação, irrigação);

-acompanhar a evolução da qualidade do manancial ao longo do tempo, como reflexo do uso do solo da bacia e de medidas de controle da poluição adotadas;

-avaliação do ambiente aquático como um todo, considerando, além da água, sedimentos e material biológico.

A localização dos pontos de amostragem, parâmetros a serem analisados, período e freqüência de amostragem são determinados em função dos objetivos que se pretende alcançar com a pesquisa.

---

[4]Grifo dos autores (BRAGA, et al. 2005).

4.2 - Geografia da saúde e o monitoramento da água subterrânea

É necessária a realização de inventários dos recursos geo-ambientais, nas escalas nacional, regional e local, com graus diversos de detalhamento para cada uma, e ainda a produção de trabalhos científicos atualizados e dentro de uma perspectiva integrada, que detectam potencialidades e limitações da exploração da natureza pelo homem a um nível de profundidade maior do que o permitido por um simples inventário (SILVA, 1987).

Ao longo da última década observou-se a retomada do interesse pelo espaço geográfico na área da saúde, como categoria da análise da distribuição espacial de agravos à saúde trazidos pela ocupação do espaço e formas de vida, e também como o aperfeiçoamento dos sistemas gestores de saúde. Por outro lado, a Geografia da Saúde, tem sido calcada na resolução de problemas, permitindo a identificação de locais e situações de risco, ou seja, a espacialização dos acontecimentos para que haja um planejamento de ações de saúde e o desenvolvimento das atividades e medidas de prevenção e promoção de saúde, uma vez que o papel do geógrafo é relacionar os acontecimentos com uma escala de espaço e tempo que possa proporcionar um melhor planejamento (LIMA, 2005).

Apesar do fato de que o estudo da contaminação dos aquíferos por combustível assumiu um importante espaço nas discussões políticas e administrativas, principalmente nas ultimas décadas do século passado, como exemplo podemos citar São Paulo e Curitiba que possuem legislações sobre o assunto, em Dourados - Mato Grosso do Sul bem como em todo o resto do território brasileiro, ainda há carência de pesquisa e trabalhos de monitoramento do lençol freático relacionadas com a contaminação por combustíveis orgânicos, uma vez que os custos de análise das amostras são altos.

A prefeitura de Joinville realizou um estudo com 65 postos de combustível da cidade e constatou que em apenas um deles não se detectou vazamentos (CORSEUIL & MARINS, 1997).

Já os tanques ecológicos possuem três paredes de revestimento, sendo uma de fibra de vidro externa uma intermediária e outra mais interna de aço carbono. Na camada intermediária existem sensores que por ocasião do rompimento da camada de aço carbono, acusará o ocorrido num sistema eletrônico montado acima do solo, havendo assim a possibilidade de se realizar a manutenção necessária antes do combustível atravessar a camada externa de fibra de vidro.

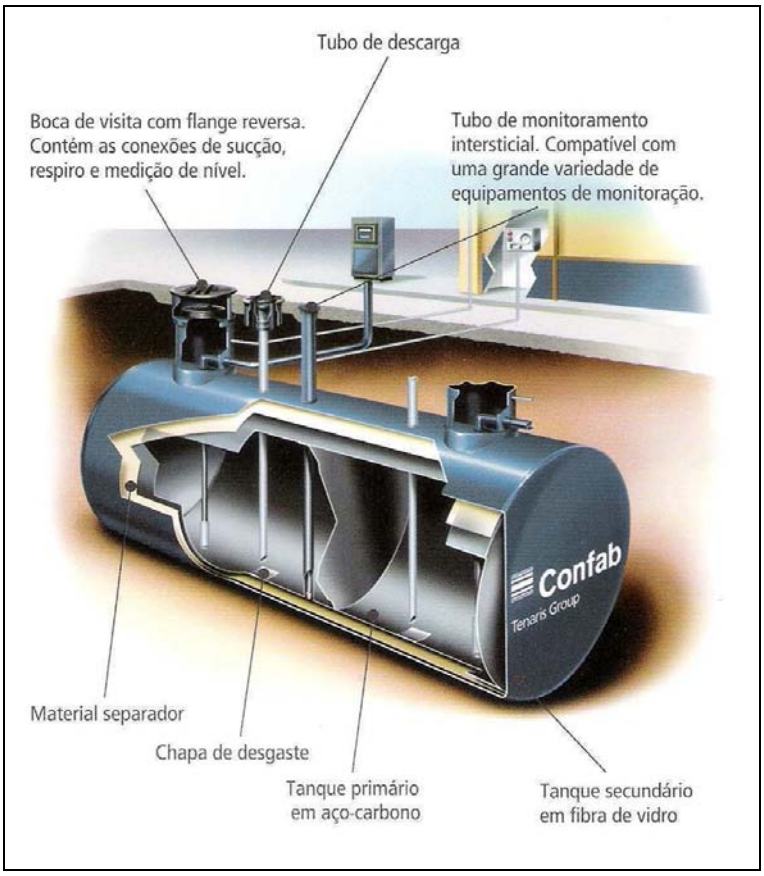


Figura 1 - aspecto da estrutura dos tanques jaquetados

Fonte: Confab – 2005

Uma das grandes preocupações com a contaminação da água com resíduos dos postos de combustíveis é a sua associação com a ocorrência de casos de leucemia que se trata de uma doença de caráter progressivo. Esta doença causa proliferação desordenada de leucócitos e de seus precursores no sangue e na medula óssea, sendo que o Benzeno, que é um hidrocarboneto aromático (formado por átomos de carbono e hidrogênio), utilizado na gasolina como antidetonante, é apontado como um dos principais causadores da leucemia e danos no sistema nervoso central.

O balanço hídrico na bacia urbana altera-se, com o aumento do volume do escoamento superficial e a redução da recarga natural dos aquíferos e da evapotranspiração.

Além da precipitação e da correspondente recarga, o aquífero recebe parte da água da rede de abastecimento de água. Essa rede sofre perdas de parte do volume transportado. Esse volume abastece o aquífero com quantidade que pode estar na faixa entre 100 e 300 milímetros por ano, podendo chegar a 3000 mm/ano, de acordo com a densidade populacional e a rede de abastecimento (TUCCI, 1995).

Além da recarga da rede de abastecimento, existem as perdas da rede de esgotos cloacal e pluvial, quando separadas, ou a rede combinada. Quando não existe rede cloacal, todo o volume abastecido descarrega no aquífero através das fossas sépticas. Esse volume apresenta o agravante de contaminar o aquífero, criando condições ambientais indesejáveis (TUCCI, 1995).

A questão ambiental é hoje, uma das grandes preocupações da humanidade, quando se fala em melhoria das condições de vida e preservação do patrimônio natural. A necessidade da compreensão das relações entre o homem, a natureza e a sociedade trouxeram novos rumos para as pesquisas ambientais. Todas as ciências implementam trabalhos incorporados à questão ambiental e essa interdisciplinaridade forma uma rede em que cada objeto de estudo é peça chave para determinadas situações, não havendo hierarquia, mas sim, todas de igual importância (GUERRA, 2003).

Os nitratos em concentrações acima de 10 mg/L de NO3, podem ser perigosos para crianças causando methemoglobinemia. Como os nitratos se acham raramente em concentrações maiores de forma natural, concentrações anormais são geralmente indicadoras de poluição por materiais orgânicos, esgotos, despejos industriais e fertilizantes (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1977).

Conforme AYACH (2002) há uma preocupação em relação aos resíduos sólidos, já que a conduta da população menos informada e em outros casos negligentes, utilizam de antigos poços de captação de águas freáticas como verdadeiros depósitos de materiais, ocasionando o contato direto deste com o lençol freático.

Uma pesquisa desenvolvida por PINTO (1998) revelou que após analisar as águas freáticas da cidade de Anastácio em 1997, do total de 24 poços, 14 apresentavam índices de concentrações de nitrato acima de 10 mg/L, sendo que a maior concentração chegou aos 35,45 mg/L.

GOMES (2005) durante trabalhos de pesquisa, após analisar águas de 27 poços em Pereira Barreto, 9 apresentaram concentrações de nitrato acima dos padrões aceitáveis, sendo que parte desses recebeu, possivelmente, cargas nitrogenadas oriundas de atividades agrícolas, mas a maioria dos poços que apresentaram concentrações elevadas estão associados à influência do cemitério municipal, com índices que variam de 11 mg/L a 32 mg/L.

CAPPI (2002) detectou níveis de nitrato que atingiram até 31,7 mg/L, em águas freáticas no município de Anastácio – MS.

Por ocasião da pesquisa aqui proposta, foram analisados ainda outros parâmetros indicadores de qualidade da água como pH e condutividade e alem dos poços. Também foi feito a análise de água de um lago existente no Parque Arnulpho Fioravanti, nas proximidades do terminal rodoviário de Dourados, lago esse que recebe águas pluviais e freáticas de locais próximos a postos de abastecimento de veículos, e ainda foram analisadas as águas do lençol freático nas proximidades de dois antigos depósitos centrais de combustíveis de duas grandes distribuidoras (Ipiranga e Petrobras) que paralisaram suas atividades.

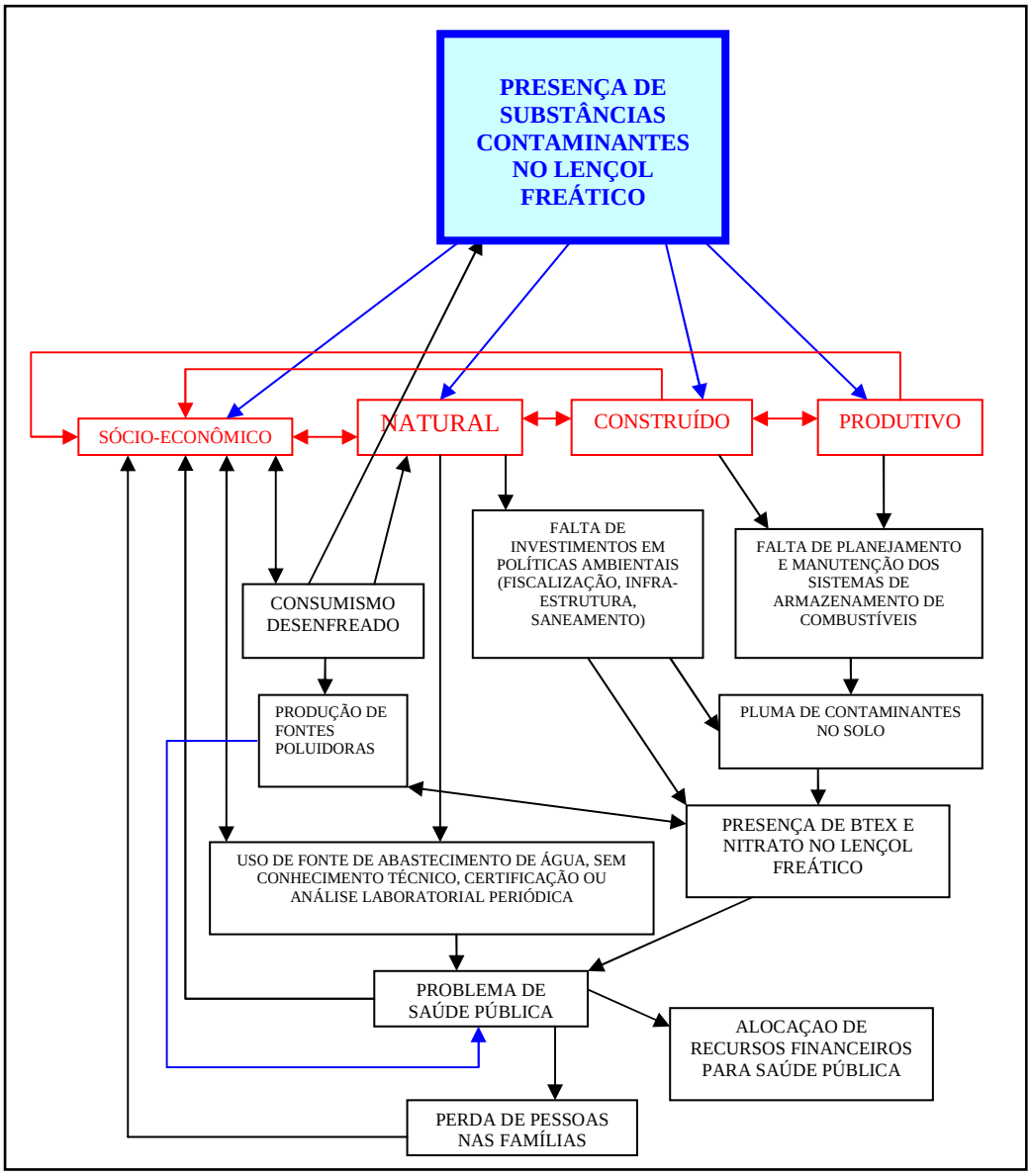


Figura 2 - Modelo esquemático - complexidade da presença de substâncias no lençol freático

Baseado em CHRISTOFOLETTI (1999), foi elaborado o modelo apresentado na figura 2, sendo que os objetivos mais comuns da modelagem são a comunicação de conceitos e a previsão a curto prazo, permitindo responder e prever ou comparar previsões de alternativas como sendo um instrumento de planejamento. O modelo aqui apresentado, descreve as inter-relações existentes entre a presença de substâncias no lençol freático, e suas implicações para a saúde pública. Mediante leitura do modelo, percebemos que a relação existente entre o sistema central e os subsistemas sócio-econômico, natural, construído e produtivo, abre leques para uma grande quantidade de variáveis nos quatro subsistemas e ainda traz inter-relações entre si. O sócio-econômico ao receber influência dos subsistemas natural, construído e produtivo, acaba por gerar problema de saúde pública. O natural ao sofrer intervenção do construído, acaba gerando problemas sócio-econômico e ambiental. O construído sofre intervenção do produtivo, acabando por refletir no natural e no sócio-econômico. O produtivo acaba gerando um impacto sócio-econômico após intervir no natural criando o espaço construído. O sistema fecha com a perda de pessoas nas famílias, pela presença de substâncias no lençol freático.

4.3 – Gestão de recursos hídricos

Há basicamente dois tipos de abastecimento de água que servem as pessoas: sistema coletivo onde um órgão executa os serviços de captação, tratamento e distribuição da água e o sistema individual onde as pessoas captam água subterrânea em lençol freático ou em lençol confinado para uso diário.

Conforme REBOUÇAS (2004), frente a grande preocupação mundial no que diz respeito à escassez de água no século XXI, há uma produção científica abundante a respeito do assunto e a grande quantidade de trabalhos publicados nos dá a oportunidade de fazer um estudo do material disponível, trabalhando a questão do consenso e discordâncias entre os cientistas e chegarmos numa conclusão do pensamento global a respeito do assunto. Ainda conforme Rebouças (2004), em cerca de 1/3 dos países membro das Nações Unidas a escassez de água é um problema milenar e nos quais, com exceção do Estado de Israel, nada de exemplar existe em termos de uso eficiente da gota d’água disponível. O conceito de substituição de fontes, formulado pelo Conselho Econômico e Social das Nações Unidas diz: “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser

utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior". No entanto temos que cuidar da procedência da água que consumimos para beber e preparar alimentos, pois ainda conforme Rebouças, 2004, as águas subterrâneas no Brasil continuam sendo extraídas por meio de poços de qualidade técnica duvidosa, para abastecimento de hotéis de luxo, hospitais indústrias e condomínios. Dessa forma, têm-se, com grande freqüência, casos de contaminação das águas extraídas: por esgotos domésticos, vazamento de combustíveis e produtos químicos.

A experiência já vivenciada da gestão integrada de bacias hidrográficas nos países desenvolvidos mostra que a grande novidade é acabar com a idéia de que todas as bacias e mananciais podem ser regidos por uma legislação única que, por natureza, não dá conta da complexidade de cada uma em particular.

Assim, a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas - ABAS deverá estimular seus membros para tomarem parte cada vez mais proeminente nos comitês de bacias hidrográficas e lutarem por leis estaduais ou federais que estabeleçam políticas públicas para águas subterrâneas natural ou artificialmente recarregadas. Alguns estados no Brasil, já possuem planos de gerenciamento de recursos hídricos, mas encontram dificuldades para colocá-los em prática. As idéias tradicionais de uso e proteção das águas subterrâneas deverão evoluir do estudo hidrogeológico que define as perspectivas de se perfurar poços para produção de água para abastecimento do consumo humano, industrial ou irrigação, para uma abordagem mais ampla dos sistemas de fluxos subterrâneos e das diversas funções que poderão ser desempenhadas pelos aquíferos de uma bacia hidrográfica, como unidade físico-territorial de planejamento (REBOUÇAS, 2004).

A água no meio urbano tem vários aspectos. O primeiro que qualquer pessoa tem sempre na mente, é o do abastecimento da população. No entanto, vários outros aspectos devem ser considerados, principalmente com o aumento e a densificação populacional que ocorre hoje.

Com o crescimento populacional e a densificação, fatores como a poluição doméstica e industrial se agravam, criando condições ambientais inadequadas, propiciando o desenvolvimento de doenças de veiculação hídrica, poluição do ar e sonora, aumento de temperatura, contaminação da água subterrânea, entre outros. Esse processo, que se agravou principalmente a partir do final da década de 1960, mostrou que o desenvolvimento urbano sem qualquer planejamento ambiental resulta em prejuízos significativos para a sociedade.

No Brasil, a população urbana é 76% do total. Os efeitos do processo de urbanização fazem-se sentir sobre todo o aparelhamento urbano relativos a recursos hídricos: abastecimento de água, transporte e tratamento de esgotos, havendo necessidade de proteção dos mananciais diante dos diferentes potenciais impactos (BRAGA, 2005).

O desenvolvimento urbano modifica a cobertura vegetal provocando vários efeitos que alteram os componentes do ciclo hidrológico natural. Com a urbanização, a cobertura da bacia hidrográfica é alterada para construções e pavimentações impermeáveis, gerando alterações no ciclo hidrológico. Há redução da infiltração no solo; por deixar de infiltrar no solo, há um aumento de escoamento superficial, aumentando as vazões máximas dos cursos d'água; a redução da infiltração tende a diminuir o nível do lençol freático por falta de alimentação; as redes de esgotos e as fossas acabam por contaminar o lençol freático e; há uma redução da evapotranspiração, por causa da redução da cobertura vegetal.

Não basta que uma população disponha de água em quantidade: é necessário que essa água se caracterize por um determinado padrão mínimo de qualidade. Os padrões de qualidade de água referem-se, pois, a uma quantidade de parâmetros capazes de refletir, direta ou indiretamente, a presença efetiva ou potencial de algumas substâncias ou microrganismos que possam comprometer a qualidade da água do ponto de vista de sua estética e de sua salubridade. Do ponto de vista da salubridade, exige-se que a água não contenha patogênicos, substâncias químicas em concentrações tóxicas ou que possam tornar-se nocivas à saúde pelo uso continuado. Do ponto de vista estético, as exigências se referem a aspectos físicos e organolépticos que tornem a água repugnante ao consumidor, induzindo-o a usar águas de melhor aparência, porém, sem controle de salubridade (BRAGA, 2005).

São inúmeros os componentes químicos e as espécies microbiológicas que podem comprometer tanto o aspecto estético quanto o sanitário propriamente dito. Conforme BRAGA, 2005, a determinação de cada um deles por meio de procedimento analítico chega, pois, a tornar-se inviável se considerarmos o crescente número de produtos sintéticos de uso industrial, agrícola, pecuário ou sanitário que, pelos efluentes dessas atividades, podem atingir um manancial. O mesmo se pode dizer com relação aos patogênicos que, embora não constituam produtos de síntese (apesar de que a chamada "engenharia genética" caminha a passos largos nessa direção), ainda não são todos bem conhecidos: particularmente os vírus. Assim, a análise sistemática de todos os contaminantes possíveis vem se tornando cada vez mais difícil, onerosa e, portanto impraticável, especialmente nas regiões de escassos recursos do País, que, entretanto, necessitam de águas de boa qualidade para o seu consumo.

A quantidade de resíduos perigosos presentes no meio ambiente atualmente, torna complexa a apresentação de uma classificação universalmente aceita. Além disso, novas substâncias têm sido dispostas no meio ambiente pelo homem a uma taxa elevada, o que torna tal classificação mais difícil. Os problemas quanto à classificação e quanto ao estabelecimento de valores de concentrações admissíveis prejudicam o estabelecimento de mecanismos legais sobre o assunto (BRAGA, 2005).

4.3.1 - Contaminantes orgânicos

Milhares de compostos orgânicos que atingem os sistemas aquáticos têm muitas propriedades físicas, químicas e toxicológicas. Óleos minerais, produtos de petróleo, fenóis, pesticidas, compostos de bifenila policlorados, são importantes exemplos desses compostos orgânicos. A determinação desses compostos na água requer equipes altamente treinadas. A determinação de compostos orgânicos na água deve, portanto, considerar hidrocarbonetos aromáticos e policromáticos, grupos diversos de pesticidas fenóis, nitrosaminas, derivados de benzidina e ésteres.

4.3.2 - Contaminantes tóxicos

Conforme REBOUÇAS 2006, a concentração de substâncias tóxicas nos ecossistemas terrestre e aquático tem aumentado consideravelmente nas ultimas décadas. Essas substâncias tóxicas resultam de atividades industriais, agrícolas e da produção de toxinas pela cianobactérias. Todo o conjunto de elementos dissolvidos na água e distribuídos e acumulados na cadeia alimentar por meio do processo de bioacumulação tem feitos de toxicidade crônica e aguda sobre os organismos aquáticos e, em último caso, sobre a espécie humana.

O conjunto de substancias tóxica e elementos acumulados em águas naturais são muito elevados, devido à variedade e à diversidade das atividades industriais e agrícolas, causando efeitos danosos a quaisquer sistemas biológicos, injuriando seriamente qualquer função biológica, ou produzindo a morte. Esses efeitos podem resultar de condições agudas (exposição de curto prazo a uma dosagem elevada), condições crônicas (exposição de longo termo a doses muito baixas) ou condições subcrônicas (doses e períodos de exposição intermediários);

Apesar de que no Brasil não há grande quantidade de publicações tais como outros assuntos que são pesquisados com mais freqüência, há publicações, em sua maioria bastante recente, que servem como referencial aos novos trabalhos sobre contaminação por combustíveis.

Um artigo publicado por CORSEUIL & MARINS no Boletim Técnico da PETROBRAS no ano de 1998, fez um apanhado geral no mundo e no Brasil, sobre a questão da contaminação de águas subterrâneas por combustíveis, remediação natural, análise de riscos e efeitos da presença de etanol na gasolina brasileira.

No território norte-americano, mais de 250.000 casos de vazamentos já foram identificados e mais de 97.000 remediações foram completadas. Semanalmente 1.000 novos vazamentos estão sendo encontrados em todo território norte-americano (CORSEUIL & MARINS, 1998).

A aplicação do método eletromagnético *Radar de Penetração do Solo* (GPR) em 20 postos de abastecimento da região metropolitana de Fortaleza permitiu a detecção e mapeamento em subsuperfície de plumas de contaminação de hidrocarbonetos advindas de vazamentos de tanques de combustível subterrâneos. A análise hidrogeoquímica de amostras de água coletadas em piezômetros juntos aos postos comprovaram de sobremaneira os resultados do levantamento geofísico. Dos postos pesquisados, quatro estavam comprovadamente impactados, nove são suspeitos de contaminação com base apenas nos dados GPR e sete mostraram-se livres de vazamentos, considerando os níveis de detecção da metodologia aplicada. Ou seja, cerca de 65% dos postos de abastecimento na região pesquisada tem uma preocupante probabilidade em ser atualmente uma fonte real de contaminação do lençol freático urbano por elementos químicos nocivos ao ser humano, mesmos em baixas concentrações (PEDROSA e outros, 2005).

No Brasil, existem aproximadamente 27.000 postos de gasolina. No ano de 1995, o consumo de álcool, gasolina e diesel no País foi de 33, 38 e 82 milhões de litros/dia, respectivamente. As preocupações relacionadas ao potencial de contaminação de águas subterrâneas por derramamento de combustíveis vêm crescendo em São Paulo, e em diversas outras cidades do País, como Curitiba, que já possui legislação sobre o tema.

Um estudo realizado por JÚNIOR E COSTI (2004) através do Serviço Geológico do Brasil, revelou que um posto de combustível em Porto Velho capital de Rondônia, causou contaminação do lençol freático do qual a população mantinham poços rasos e retirava água para consumo humano. O estudo foi solicitado após a denúncia de moradores de um bairro ao Ministério Público Estadual, de que a água dos poços residenciais apresentava um forte

cheiro de combustível, proveniente provavelmente de um posto de abastecimento localizado a cerca de 150 metros de distância da vila. O resultado das análises de água mostraram presença de contaminação do lençol freático por combustíveis.

A questão da contaminação das águas freáticas por benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno – BTEX é agravada no Brasil pela presença do etanol na gasolina, uma vez que a gasolina consumida no Brasil possui uma mistura de 25% de etanol. O etanol é completamente solúvel em água, sendo assim, a sua concentração deverá ser maior do que a dos compostos BTEX em águas subterrâneas contaminadas com misturas de etanol e gasolina. Como compostos altamente solúveis tem menor potencial de sorção, o etanol terá uma mobilidade maior do que a dos compostos BTEX na água subterrânea. O etanol, quando presente em altas concentrações, pode diminuir o retardo no deslocamento dos BTEX na água subterrânea causado pela sorção no solo. O etanol pode também ser biodegradado em preferência aos BTEX e consumir todo o oxigênio necessário para a degradação dos hidrocarbonetos monoaromáticos e pode ser tóxico ou inibitório para os microorganismos degradadores (CORSEUIL & MARINS, 1998).

No caso da gasolina brasileira existem poucos estudos que relacionem o impacto da presença do etanol na biodegradação dos compostos BTEX. No experimento realizado no aquífero experimental de Bordem, Canadá, após 500 dias do início dos testes, a pluma de BTEX estava muito maior na área onde foi aplicado metanol do que na área sem a sua adição. A contaminação de aquíferos por misturas de álcool e gasolina será mais complexa da que a produzida somente pela gasolina pura (CORSEUIL & MARINS, 1998).

Os hidrocarbonetos têm origem pirolítica[5] natural e estiveram em contato com os microorganismos ao longo da evolução. Portanto, não é de surpreender que diversas bactérias tenham adquirido a capacidade de utilizar hidrocarbonetos como alimento. A capacidade dos microorganismos em degradar BTX é conhecida desde 1908, quando Stormer isolou a bactéria *Bacillus hexabovorum* por sua capacidade de crescimento em condições aeróbias em tolueno e xileno. Num levantamento recente, Zobel identificou mais de 100 espécies de microorganismos de 30 gêneros que podiam degradar hidrocarbonetos. A existência de decompositores de BTEX é um fato amplamente aceito. Alem do mais, esses microorganismos tem uma vasta distribuição na natureza (MOERI, 2004).

[5] Está associado à queima de biomassa vegetal, combustíveis fósseis e derivados.

4.4 - Doenças crônicas e tratamento de água

O desenvolvimento da tecnologia de tratamento de águas ocorrido na segunda metade deste século levou à aceitação indiscriminada da idéia de que os mananciais que recebem efluentes industriais contendo micropoluentes sintéticos, orgânicos e inorgânicos, poderiam ser convenientemente tratados, permitindo a produção de uma água absolutamente segura. Independentemente dos níveis de poluição desses mananciais, acreditava-se que os processos e operações unitárias de coagulação-floculação, sedimentação, filtração e desinfecção seriam suficientes para tornar a água segura para abastecimento doméstico, eliminando os agentes etiológicos causadoras das doenças contagiosas transmitidas pela água, que eram, naquela época, a principal preocupação de saúde publica associada ao abastecimento público.

Entretanto, como conseqüência da revolução química, que logo após a Segunda Guerra Mundial introduziu na sociedade, no ambiente e nos corpos de água superficiais e subterrâneos milhares de compostos orgânicos sintéticos, surgiram os riscos de doenças crônicas associadas às concentrações muito baixas de micropoluentes, orgânicos e inorgânicos, que não são absolutamente removidos por meio de sistemas convencionais de tratamento, como os acima mencionados (REBOUÇAS, 2006).

Na cidade de Dourados, no perímetro urbano existem 34 postos de combustíveis, e em parte desses já foi efetuado, recentemente, a troca dos tanques de armazenamento subterrâneo que estavam com seu tempo de vida útil (25 anos) ultrapassados, no entanto, mesmo em locais que hoje há tanques novos, pode existir um passivo ambiental de derramamentos de combustíveis dos tanques antigos, sendo assim pode-se assumir que existe a possibilidade destes locais serem áreas de potencial risco ambiental. No entanto, deve-se levar em consideração que alguns dos postos ainda não efetuaram a substituição dos “tanques comuns” para os “tanques ecológicos ou tanques jaquetados”, no entanto, segundo a Secretaria Estadual do Meio Ambiente, por ocasião da renovação da Licença Ambiental, os empreendedores recebem uma licença com validade de um ano, para que durante esse período seja efetuada a troca dos tanques. Os tanques comuns possuem apenas uma parede de aço carbono, que com o contato direto com o solo úmido ocorre oxidação, acabando por romper-se causando vazamento de combustível. A corrosão dos tanques de combustíveis não e a única forma em que ocorre a contaminação das águas, sendo que há outras causas como a de transbordamento e falhas na estrutura de transporte, armazenagem e abastecimentos que podem causar derramamentos.

5 – REMEDIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS POR HIDROCARBONETOS: PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES GERAIS

A questão da remediação natural das águas subterrâneas vem ganhando aceitação, principalmente quanto à contaminação por derivados de petróleo, como são os casos de acidentes onde há derramamentos em postos de combustíveis. A remediação natural é uma estratégia de gerenciamento que se baseia nos processos naturais para remover ou conter os contaminantes dissolvidos na água, utilizando de processos físicos, químicos e biológicos. A remediação natural não é “nenhuma ação de tratamento”, e sim uma forma de minimizar os riscos para a saúde humana e para o meio ambiente, monitorando a pluma de contaminantes e estabelecendo um sistema de informações que visam evitar que água de poços contaminados seja utilizados para usos que necessitam de boa qualidade da água. Após atingir o lençol freático, a pluma irá se deslocar e será atenuada por diluição, volatilização e biodegradação.

A questão de gerenciamento dos passivos ambientais, que são as ações de coleta de informações e monitoramento do comportamento das plumas de contaminantes e administração das contaminações para que seja possível planejar ações de controle, têm sido muito debatida no meio empresarial por envolver despesas elevadas e muitas dificuldades de caráter legal, comunicacional e institucional. Mais que uma preocupação local, o gerenciamento desses passivos é também um problema global, já que a degradação ambiental compromete a preservação do planeta e, consequentemente, a vida das gerações futuras.

Nas discussões realizadas durante o Seminário Internacional sobre Remediação *In-Situ* de Sites Contaminados promovido pelo Instituto Ekos Brasil em novembro de 2003, ficou claro que a aproximação entre o setor público e a iniciativa privada é fundamental para a revitalização de áreas contaminadas no Brasil. Exemplos dos Estados Unidos, da Alemanha e da Suíça, mostraram que a tendência dos projetos de revitalização – novos usos para terrenos contaminados, com risco zero – inclui a definição do tipo de ação de remediação que é necessária para cada terreno contaminado. Nestes países, projetos de revitalização que contemplem novos usos que sejam de interesse da comunidade são passiveis de financiamento público (MOERI, 2004).

A necessidade de um cadastro sistemático de áreas suspeitas de contaminação foi outro ponto destacado durante o Seminário, considerado como o mecanismo mais eficiente para evitar usos inadequados de terrenos, priorizar investimentos em revitalização e estimular a geração de negócios e empregos no mercado imobiliário e de consultoria. A elaboração

deste cadastro é também boa oportunidade para aproximar os municípios dos estados, na medida em que exige intercâmbio sistemático de informações.

Numa planta petroquímica, após bombeamento das águas subterrâneas contaminadas por hidrocarbonetos e extração de vapores do solo, Air Sparging[6] e biorremediaçao a partir de 1999, houve redução de 90% da fase dissolvida e 75% da fase livre presente no aquífero freático.

Numa antiga área de pré-tratamento de efluentes de uma planta petroquímica em São Paulo, entre maio e agosto de 1997 foi realizado no período de 100 dias um ensaio piloto de Extração de Vapores do Solo, Air Sparging, Biorremediação e, paralelamente, a injeção periódica de nutrientes em uma área de 100 m2 para as fases adsorvidas e dissolvidas nas águas subterrâneas (MOERI, 2004).

Após 100 dias de funcionamento do piloto observou-se em amostras de solo uma redução média de 79% de benzeno, 82% de tolueno, 82% de xilenos. Em amostras de água foi possível observar uma redução média de 62% de benzeno, 60% de tolueno e desaparecimento do etilbenzeno. Em contrapartida, a população bacteriana chegou a aumentar em até 3 ordens de grandeza devido à adição de nutrientes (cloreto de amônio e fosfato de potássio) e redução de toxicidade do meio, deixando assim as águas com outro tipo de contaminação.

As concentrações dos parâmetros químicos inorgânicos efetuados no decorrer do trabalho não apresentaram nenhuma alteração relevante, mostrando que o processo de biorremediação assimilou todos os nutrientes.

A presença do produto em fase livre confere ao meio um caráter tóxico prejudicial ao desenvolvimento da população bacteriana, sendo necessário removê-la a fim de aceitar a recuperação da área.

A remediação designa as ações de recuperação ambiental realizadas em áreas contaminadas. Eventualmente a remediação pode levar à restauração do sítio, tornando possíveis todas as formas de uso que já seriam possíveis se não tivesse havido a contaminação. Por outro lado, a remediação pode conduzir à reabilitação, em que o sítio fica apto para novos usos, mas pode haver restrições. Por exemplo, uma área remediada pode ser adequada para um uso industrial ou para a implantação de um estacionamento pavimentado, mas não para um parque infantil, devido à qualidade do solo (MOERI, 2004).

[6] Air Sparging - injeção de ar comprimido na camada subsuperficial contaminada para suprir de oxigênio e arrastar os BTEX para um sistema de captura de vapores. É uma abordagem de biorremediação de BTEX relativamente eficiente e barata, não sendo tão eficiente em solos de baixa permeabilidade que aprisionam e redirecionam o fluxo de ar.

Desta forma, a revitalização, é a reabilitação de um *brownfield*[7] que, como sabemos, muitas vezes também é uma área contaminada, que poderia ser remediada até o ponto em que é seguro o novo uso pretendido (MOERI, 2004).

No passado, as discussões científicas e políticas sobre gerenciamento de áreas contaminadas geralmente se concentravam nos problemas ambientais.

O gerenciamento e eliminação dos riscos ambientais, conforme o uso do terreno é o objetivo principal do gerenciamento de áreas contaminadas.

Terrenos contaminados que põe em risco a saúde humana e do meio ambiente ou causam danos aos recursos naturais é um problema ambiental. Por outro lado, as áreas abandonadas, que envolvam ou não riscos imediatos, podem ser consideradas como um problema de planejamento urbano com implicações econômicas e sociais específicas. Do ponto de vista geral, a revitalização de áreas degradadas é um assunto com implicações para a sustentabilidade. Envolve questões ambientais, sociais e econômicas, que são os principais aspectos da sustentabilidade.

O primeiro passo é que se faça uma investigação histórica da área com suspeita de contaminação, com coleta de dados sobre o antigo setor industrial, as tecnologias usadas e os resíduos resultantes dos processos de produção. Essas informações podem ser encontradas, por exemplo, em documentos sobre a produção, arquivos, documentos das autoridades ambientais, cartórios de registros de imóveis, histórias contadas por moradores do local ou entrevistas com contemporâneos. A partir dessas investigações e havendo razões para suspeitar de contaminação, é feita então uma investigação exploratória.

Se a investigação exploratória também confirmar a suspeita de contaminação, será iniciada uma investigação mais detalhada. Como resultado desta última, uma proposta de remediação será compilada, utilizando a melhor tecnologia de remediação para cada área e os valores-alvo da remediação. A proposta pode também incluir diferentes alternativas para a remediação ou uma combinação de várias tecnologias de remediação.

---

[7] *Brownfields* ("campos marrons") é um termo de origem estadunidense que designa "instalações industriais e comerciais abandonadas, ociosas ou subutilizadas cuja expansão ou revitalização é complicada por contaminações ambientais reais ou percebidas". No Reino Unido e na Austrália, o termo é aplicado para qualquer tipo de terreno já utilizado. Em planejamento urbano, *brownfield* é um terreno previamente usado para fins industriais ou para determinados fins comerciais, e que pode estar contaminado por baixas concentrações de lixo tóxico ou poluição e que possui o potencial para ser reutilizado desde que seja limpo. Terrenos que apresentem graus de contaminação maiores ou altas concentrações de lixo tóxico não podem ser enquadrados na classificação de *brownfields.*

Após a investigação exploratória, tendo sido detectado a contaminação, há três opções para eliminação de riscos:

- Medidas de descontaminação, eliminação ou redução da fonte de contaminação;
- Medidas de proteção/contenção: prevenção/redução da propagação e disseminação de contaminantes;
- Outras medidas que previnem ou reduzem os riscos, desvantagens ou incômodos substanciais para pessoas ou público em geral, especialmente restrições de uso (nos casos em que as medidas não forem apropriadas em termos de custo e tempo) (MOERI, 2004).

5.1 - Revitalização de áreas contaminadas no município de São Paulo

O histórico da reocupação de antigas áreas industriais ou de deposição de resíduos, potencialmente contaminadas, por novos usos e atividades, com riscos à saúde pública, é marcado pelo não reconhecimento do poder público em relação aos passivos ambientais dessas áreas.

Mesmo em países que há mais tempo implantaram um gerenciamento de áreas contaminadas nota-se que o processo de urbanização foi marcado pelo avanço da mancha urbana em direção às áreas livres (*greenfields*) em detrimento de áreas já urbanizadas, não utilizadas (*brownfields*), aumentando gastos com infra-estrutura e perda de qualidade ambiental. Em conseqüência, esses países criaram programas de incentivo para a reutilização destas áreas.

No passado, o não reconhecimento do poder público em relação ao trato de passivos ambientais levou a ignorá-los na reocupação de antigas áreas industriais ou de deposição de resíduos. Tal postura possibilitou a instalação de novas atividades em possíveis áreas contaminadas, com riscos à saúde pública. Na maioria dos casos a degradação do espaço urbano não chegou a ocorrer por falta de constatação da contaminação de tais áreas.

Nesse sentido, a SVMA – Secretaria Municipal do Verde e Meio Ambiente, da Prefeitura Municipal de São Paulo – está desenvolvendo o projeto: “Modelo de Gerenciamento de Recuperação de Áreas Degradadas por Contaminação”, através do Projeto Gestão Ambiental Urbana – ProGAU – fruto da cooperação técnica Brasil-Alemanha, coordenado pelo Ministério de Meio Ambiente. O projeto visa fortalecer a capacidade de atuação da SVMA na recuperação de espaço urbano sub-utilizado e iniciar processos de

recuperação em conjunto com outros atores locais, como por exemplo, os empreendedores privados ou públicos.

No Brasil, a questão de áreas contaminadas é marcada pela atuação do poder público que, em geral, se dá apenas em situações emergenciais, pela ausência de uma política para áreas contaminadas, pelos altos custos das ações de investigação e a falta de recursos e incentivos econômicos para ações de remediação.

Os Projetos Demonstrativos são o meio principal da atuação do ProGAU e são assim denominados, pois devem servir de exemplo e de modelo para outros municípios, contendo propostas criativas e inovadoras.

A implementação de um modelo de gerenciamento para a recuperação de áreas degradadas possibilitará e estimulará a Prefeitura de São Paulo a adotar uma postura mais ativa nesta temática complexa. O projeto irá analisar, elaborar ou apropriar instrumentos legais, econômicos, jurídicos ou técnicos, necessários para a viabilização de uma revitalização de uma área piloto.

Através de um plano de recuperação são detalhadas as possíveis intervenções físicas e é estabelecido o grau de remediação necessário em relação ao uso futuro previsto. Outro resultado esperado visa à elaboração e aplicação de instrumentos de cooperação com os atores locais que facilitarão o gerenciamento das atividades múltiplas. Finalmente, com a elaboração de uma estratégia de comunicação o projeto pretende aumentar o grau de informação sobre a temática, tanto no setor público, quanto no setor privado (MOERI, 2004).

Apesar de todos os esforços quanto à questão, a análise dos instrumentos existentes no Município de São Paulo mostrou que hoje os mesmos não permitem uma aplicação específica para o fomento à revitalização de áreas contaminadas, embora em algumas regiões em reestruturação as ações de recuperação possam ser facilitadas, principalmente através do instrumento da outorga onerosa. Nesse sentido a continuidade do projeto deve prever um detalhamento e divulgação destas possibilidades aos empreendedores.

Provavelmente, os recursos obtidos através dos Fundos Municipais citados que não são específicos para áreas contaminadas não serão suficientes para obras de remediação, em geral de alto custo, mas poderão financiar ações de investigação ou projeto (MOERI, 2004).

5.2 - Tecnologias de remediação: qual abordagem é a correta?

A cada ano aparece uma tecnologia de remediação da “moda”, e o mercado se interessa por essa tecnologia inovadora acreditando que ela resolverá todos os problemas de

um determinado conjunto de contaminantes. Este foi o caso de tecnologias com Air Sparging, Barreiras Reativas *in situ* ou Oxidação *in situ*, por exemplo. Mais recentemente, a Atenuação Natural, a Atenuação Natural Intensificada, a Limalha de ferro ou a Injeção de Melaço.

Normalmente, um ou dois anos depois os casos de sucesso são apresentados, mas ainda à sombra de outros métodos ainda mais inovadores. O que normalmente não e discutido é o que aconteceu neste período, quando a tecnologia "inovadora" foi vendida e aplicada por consultores e empresas de engenharia no mercado.

A proteção ambiental não deveria ser governada pela moda, e sim pela preocupação com nosso futuro. Entretanto, como sabemos, as tendências da moda têm certa fascinação e é frequentemente um redirecionador da economia (MOERI, 2004).

Em alguns casos o uso das tecnologias inovadoras fez com que as pessoas negligenciassem ou ignorassem o fato de que o sucesso da remediação está diretamente ligado a uma compreensão abrangente das condições locais e uma avaliação cuidadosa da aplicabilidade de uma determinada tecnologia em uma região específica do mundo, e não apenas ao uso da tecnologia mais recente.

O número de tecnologias disponíveis ainda dá uma boa noção da variedade de possibilidades para fazer uma escolha veja alguns exemplos:

Tecnologias Convencionais – extração de vapores do solo, bombeamento e tratamento (*pump & treat*) e estabilização.

Tecnologias em transição, de inovadoras para convencionais – *air sparging in situ* e extração multifásica.

Inovadoras: barreiras reativas *in situ*, zonas reativas *in situ*, fraturamento hidráulico e pneumático e ainda a fitorremediação (MOERI, 2004).

5.3 - Análise de risco na remediação de áreas contaminadas

Análise de risco é a caracterização científica sistemática de efeitos adversos em potencial da exposição humana ou ecológica a agentes ou atividades perigosas. Está inter-relacionada com o gerenciamento dos riscos, que compreende o processo de identificação, avaliação, seleção e implementação de ações visando reduzir os riscos à saúde humana e ao ecossistema.

A análise de risco tem se tornado amplamente reconhecida como uma ferramenta eficaz e essencial para auxiliar nas decisões na remediação de áreas contaminadas nos

Estados Unidos durante os últimos 15 anos. Avanços significativos têm acompanhado a crescente confiança da análise de risco na remediação de áreas contaminadas e outras normas ambientais nos Estados Unidos. Embora os avanços científicos tenham intensificado a aplicação da análise de risco, esta não é a principal razão para o aumento na necessidade de sua utilização. A razão principal está relacionada ao reconhecimento de que a análise de risco proporciona uma base de conhecimento comum para os atores de diferentes necessidades poderem racionalizar decisões em situações com incertezas inevitáveis, podendo determinar se a ação de remediação é garantida. Contudo, os resultados da análise de risco base são também pertinentes para a seleção da remediação e a identificação dos objetivos de uma ação de remediação específica. Isso significa que numa área contaminada onde a necessidade de remediação é óbvia sem a análise de risco, ainda assim, uma análise de risco base deveria ser conduzida cuidadosamente, pois seu resultado pode influenciar na seleção da remediação.

A remediação de áreas contaminadas nos Estados Unidos se tornou cada vez mais baseada na análise de risco, não somente nas situações normativas, mas também em situações não-normativas, tais como transações com propriedades privadas e revitalização de *brownfields*. A análise de risco se tornou uma parte importante na remediação de áreas contaminadas não normativas porque quando utilizada de forma apropriada, pode avaliar eficientemente as opções de reutilização destas áreas, e restituí-las mais rapidamente para reutilização benéfica.

Numa análise de risco, os dois fatores “exposição e perigo”, são avaliados separadamente: uma análise da exposição e uma análise do perigo, respectivamente. Os resultados das análises de cada fator são então combinados para caracterizar o nível de risco – avaliação da exposição, análise do perigo e caracterização do risco.

Uma avaliação da exposição consiste em dois elementos principais: cenário da exposição e dose calculada. Um cenário de exposição é uma descrição qualitativa de exposições em potencial que devem ser avaliadas numa área contaminada. Descreve as áreas de contaminação e os caminhos pelos quais os contaminantes podem alcançar os humanos e/ou populações ecológicas. Uma dose calculada é a quantidade estimada total de contaminantes que podem atingir um indivíduo num cenário específico de exposição (MOERI, 2004).

5.4 - Tipos de remediação de contaminação por hidrocarbonetos

5.4.1 – Fitorremediação

É um processo tecnológico biológico que utiliza processos naturais de plantas na aceleração da degradação e remoção de poluentes no solo ou águas contaminadas. De modo geral, a fitorremediação pode ser economicamente viável em a) grandes áreas com baixos níveis residuais de contaminação por poluentes orgânicos, nutrientes ou metálicos, em que a contaminação não ofereça perigo iminente e em que haja apenas a necessidade de um "acabamento estético"; e b) onde se utiliza vegetação para uma cobertura final e fechamento da área. Dentre as vantagens da fitorremediação incluem-se a eficácia em termos de custos, vantagens estéticas e aplicabilidade a longo prazo. Adicionalmente, o uso da fitorremediação como passo secundário ou acabamento *in situ* minimiza a perturbação do terreno e elimina os custos associados ao tratamento e descarte fora da área como transporte e responsabilidade. Entretanto, deve-se levar em conta os riscos associados com a introdução de contaminadores nas cadeias alimentares. A aceitação crescente do público e da legislação tende a estender a utilização da fitorremediação para além das aplicações atuais (MOERI, 2005).

Há várias formas com enorme potencial de fitorremediação que podem ser usadas no gerenciamento de uma ampla variedade de problemas de poluição ambiental, incluindo a limpeza de solos contaminados por derramamentos químicos.

Os hidrocarbonetos totais de petróleo (HTP) compreendem uma variedade de hidrocarbonetos que ocorrem em áreas petroquímicas e áreas de estocagem, depósitos de descarte de resíduos, refinarias e locais de derramamento de óleo. Os HTPs são considerados poluentes perigosos persistentes, e incluem compostos que podem bioconcentrar e bioacumular em cadeias alimentares , são extremamente tóxicos e alguns, como benzeno e benzo[a]pireno são conhecidamente mutagênicos e carcinogênicos. Como este grupo inclui substâncias com características químicas e físicas que variam em ordens de magnitude, os HTPs são divididos em duas categorias. Orgânicos do Grupo da Gasolina, que correspondem a alcanos de cadeia curta (C6-C10) com baixo ponto de ebulição (60-170ºC), tais como isopentano, 2,3-dimetil butano, *n*-butano e n-pentano, e compostos aromáticos voláteis, tais como os hidrocarbonetos monoaromáticos benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX). Os Orgânicos do Grupo do Diesel incluem alcanos de cadeias mais longas (C10-C400) e químicos hidrofóbicos, tais como hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP).

A maioria desses contaminantes tem fontes naturais, mas a concentração e a liberação deles através de atividades antropogênicas têm causado contaminação significativa de solo e

de águas subterrâneas. Diferentes contaminantes têm diferentes comportamentos. Alguns, como compostos BTEX, têm grande mobilidade no ambiente, enquanto outros como HAPs tendem a ligar-se fortemente à partículas de solo próximo a fonte da contaminação ou a permanecer presos numa fase orgânica.

Considerando que os vazamentos nas diferentes áreas representam misturas variadas de hidrocarbonetos, é muito difícil encontrar um método único e eficiente de descontaminação. As técnicas correntes de tratamento geralmente envolvem a escavação e o tratamento *ex situ* do material contaminante e dos solos contaminados. Entretanto, a contaminação residual frequentemente excede os limites legais por uma margem relativamente pequena e ocorre sobre áreas extensas. O grande volume de solo afetado descarta a possibilidade de tratamento *ex situ*, devido a restrições econômicas e requer a utilização de esquemas de remediação relativamente baratos, como a fitorremediação (MOERI, 2005).

Nos últimos quinze anos, pesquisas e aplicações de fitorremediação para tratamento de contaminação por hidrocarbonetos de petróleo, têm gerado muita informação útil que pode ser usada no planejamento de sistemas eficazes de remediação e levar a maiores avanços e inovações. Este trabalho se propõe a oferecer um alicerce sólido para a compreensão da fitorremediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos de petróleo, dos princípios à prática.

A fitorremediação utiliza processos físicos, químicos e biológicos para remover, degradar, transformar ou estabilizar contaminantes presentes no solo ou em águas subterrâneas. Controle hidráulico, absorção, transformação, volatilização e rizodegradação são processos importantes utilizados durante a fitorremediação e são discutidos a seguir.

5.4.2 - Controle hidráulico

As aplicações da fitorremediação podem ser projetadas para capturar plumas de contaminantes em aquíferos, de forma a evitar sua migração para fora da área e/ou reduzir a migração dos contaminantes para a jusante. Árvores e gramíneas atuam como uma “bomba” solar, bombeando água dos solos e aquíferos através da transpiração.

A captação de uma pluma de contaminação decorre da formação de um cone de depressão no interior do aquífero, causado pela absorção e subseqüente transpiração da água pelas plantas.

A chave para a formação de uma barreira eficaz contra a migração da pluma é o enraizamento das árvores num lençol de água raso. Freatófitas, plantas com raízes profundas, como o álamo híbrido e o salgueiro, são mais frequentemente utilizadas para controle hidráulico. Quando plantados adensadamente (mais de 1.500 árvores por hectare), álamos e salgueiros geralmente atingem as condições ideais de eficácia após 3-4 anos, com o fechamento do dossel e o bloqueio de quase toda a insolação direta.

A aplicação da fitorremediação exige que o fundo do aquífero esteja confinado por materiais de baixa condutividade hidráulica, como argila xisto ou rocha (condutividade hidráulica < 10-6 cm/s) e não tenha “vazamento” vertical para uma camada inferior.

A migração dos contaminantes para baixo, em função da percolação da água de a chuva, também pode ser controlada através da fitorremediação. Na região superior de um aquífero, gramíneas com sistemas radiculares densos e fibrosos são utilizadas para transpirar a água e limitar a percolação dos contaminantes pela zona vadosa e para interceptar a água de chuva que poderia impedir a penetração das raízes da árvore no lençol (MOERI, 2005).

5.4.3 - Absorção, translocação e transformação

Hidrocarbonetos moderadamente hidrofóbicos, incluindo BTEX, podem ser removidos do solo e de águas subterrâneas através da absorção direta pelo vegetal. O fator de concentração da corrente transpiratória (FCCT), uma medida indireta de eficiência de absorção, tem sido usado para prever adequadamente se os contaminantes serão absorvidos pelas plantas. Estudiosos adaptaram equação para descrever a absorção de uma variedade de contaminantes orgânicos (inclusive BTEX) por álamos híbridos.

O índice de remoção do contaminante está diretamente relacionado à eficiência de absorção, ao índice de transpiração, e a concentração na água e no solo. A eficiência da absorção varia com a espécie, idade e saúde da planta, e com as propriedades físico-químicas ao redor das raízes. O índice de transpiração também varia significativamente e depende do tipo de planta, área foliar, nutrientes, umidade do solo, temperatura, condições de vento e umidade relativa do ar.

Uma vez no sistema da planta, o xenobiótico orgânico é direcionado as diferentes partes da planta por meio da translocação. Diferentemente de espécies microbianas que metabolizam contaminantes orgânicos, transformando-os em dióxido de carbono e água, as plantas utilizam mecanismos de desintoxicação que transformam os compostos originais em metabólitos não fitotóxicos (MOERI, 2005).

5.4.4 – Fitovolatilização

A capacidade natural que as plantas têm de volatilizar um contaminante absorvido por suas raízes pode ser aproveitada como uma bomba num sistema natural de remoção por ar. A fitovolatilização é aplicável principalmente para contaminantes tratados pelo método convencional de remoção por ar (air-stripping).

Os poluentes voláteis dispersam para a atmosfera através dos estômatos abertos nas folhas. A difusão radial através dos tecidos do caule também já foi observada.

Depois de lançados na atmosfera, compostos com dupla ligação, podem ser rapidamente oxidados na atmosfera por radicais de hidroxila. No entanto, sob certas circunstancias (por exemplo, baixa circulação de ar), a fitovolatilização pode não oferecer uma solução final. A taxa de liberação de compostos orgânicos voláteis dos tecidos vegetais é geralmente baixa em comparação com outras emissões. A fitovolatilização é uma estratégia de remediação potencialmente viável para muitas substâncias orgânicas voláteis (MOERI, 2005).

5.4.5 – Rizodegradação

A degradação microbiana na rizosfera talvez seja o mecanismo mais significativo para remoção de orgânicos do grupo do diesel em solos contaminados cobertos por vegetação. Isso porque os contaminantes como os HAPs são altamente hidrofóbicos e sua sorção ao solo diminui sua biodisponibilidade para a absorção pela planta e posterior fitotransformação. A rizosfera da maioria das plantas promove uma riqueza de microorganismos que podem contribuir significativamente com a degradação dos hidrocarbonetos de petróleo durante a fitorremediação. Assim, embora uma planta possa não agir diretamente sobre esses contaminantes, ela pode em grande parte influenciar a comunidade microbiana dentro de sua zona radicular.

As interações potenciais na rizosfera que podem ser importantes para a fitorremediação de hidrocarbonetos de petróleo incluem:

1. Crescimento microbiano prolífico
2. Repressão/indução de enzimas catabólicas
3. Co-oxidação de contaminantes
4. Alterações na biodisponibilidade
5. Quimiotaxia de linhagens competentes

A deposição de fontes de carbono de origem vegetal através de exsudação radicular e/ou na renovação das raízes fornece as bactérias da rizosfera numerosos substratos orgânicos. A rizodeposição pode ser responsável pela liberação de 7 a 27 por cento do total do carbono fixado durante a fotossíntese e varia conforme a planta.

A biodisponibilidade de contaminantes hidrofóbicos pode também ser alterada pelo ambiente da zona radicular. A exsudação de ácidos orgânicos poderia promover a dessorção do contaminante do solo e sua solubilização, mas a re-sorção as raízes provavelmente compete com a utilização microbiana. Para o benzo[a]pireno, carcinogênico e altamente hidrofóbico, a sorção as raízes poderia revelar-se como um destino aceitável quanto ao risco humano e ambiental, mas nenhum estudo avaliou o potencial desse mecanismo de atenuação (MOERI, 2005).

5.4.6 - Biorremediação eletrocinética

A demanda crescente de ações de remediação do solo tem resultados no desenvolvimento de tecnologias alternativas.

A biorremediação eletrocinética é uma das técnicas mais promissoras e vem sendo aprimorada e aplicada para diversas finalidades por várias décadas. A técnica eletrocinética é uma tecnologia de remediação inovadora e particularmente indicada para aplicação em solos de baixa permeabilidade. Sua aplicação não requer uma alta permeabilidade, mas sim a condutividade elétrica do meio, que é mais elevada em solos finos, devido à presença de argila. O processo é baseado nos fenômenos eletrocinéticos que ocorrem quando um campo elétrico é aplicado ao solo pela inserção de eletrodos e o fluido intersticial é usado como meio condutivo. O campo elétrico induz a mobilização deste fluido e de espécies químicas dissolvidas, o qual pode promover o transporte de contaminantes, íons, microrganismos e compostos químicos para os eletrodos visando sua remoção/extração e futuro tratamento ou armazenamento (MOERI, 2005).

Estudos de remediação de solos contaminados vêm sendo desenvolvidos na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Os estudos foram realizados com amostras de solo contaminado por óleo proveniente de uma área de exploração de petróleo tendo como fonte de contaminação vazamentos ocorridos em dutos. A técnica de Biorremediação Eletrocinética se mostrou uma boa alternativa para o local, visto que o solo possui baixa permeabilidade e a contaminação é superficial. Essa tecnologia baseia-se na aplicação de corrente contínua por eletrodos inseridos no solo através de um campo elétrico gerado. Com

isso, os nutrientes podem ser mobilizados e introduzidos no solo estimulando o crescimento da microbiota e assim favorecendo a biodegradação dos contaminantes.

A técnica eletrocinética é considerada mais barata que as convencionais, causando menos perturbações para o meio ambiente externo e também possibilita o tratamento de uma maior quantidade de solo. Outra vantagem a ser considerada é a possibilidade de uma maior eficiência no transporte e extração de contaminante em relação a outras técnicas mais comumente utilizadas como *pump and treat*[8].

Com base nos resultados obtidos nos ensaios eletrocinéticos, a técnica se apresentou viável e eficaz para uma futura aplicação *in situ* no local de estudo. A grande vantagem desta técnica é a simplicidade dos equipamentos necessários à sua aplicação no sítio (gerador, cabos, eletrodos, etc. disponíveis comercialmente) e por ser facilmente construído e operado no próprio local (MOERI, 2005).

Os diferentes mecanismos descritos acima podem ser utilizados para a remediação de uma grande variedade de contaminantes. A fitorremediação pode, portanto, ser aplicada a remediação de inúmeras áreas contaminadas. Entretanto, não é bem conhecido o destino final dos contaminantes e os trajetos de transformação, incluindo a identidade dos metabólitos. Também são poucos os dados existentes sobre os índices e eficiência da remoção dos contaminantes diretamente atribuídos às plantas em condições de campo. Portanto, mais pesquisa é necessária antes que uma arvore possa ser planejada como um sistema reator projetado e otimizado para a eficiência em escala de campo.

Nos últimos 15 anos, a fitorremediação tornou-se uma tecnologia mais bem sucedida para a remediação de solos e aquíferos poluídos com concentrações residuais de hidrocarbonetos de petróleo. Entretanto, tanto os agentes reguladores como os consumidores ainda estão cautelosos em relação à eficiência, previsibilidade e aplicações da técnica.

Mesmo assim, a fitorremediação é uma tecnologia emergente baseada em princípios sólidos de engenharia ecológica. A fitorremediação é prática e economicamente eficiente, com benefícios estéticos e auxilio no seqüestro de carbono atmosférico, e particularmente atraente para utilização em áreas rurais com contaminação residual e rasa. A fitorremediação também carrega um grande potencial para tratar de uma variedade de problemas de poluição ambiental, inclusive a descontaminação de solos e aquíferos contaminados com hidrocarbonetos e outras substâncias perigosas (MOERI, 2005).

---

[8] *pump and treat*- Neste procedimento, a água contaminada por poluentes orgânicos é retirada por bombeamento, submetida a um processo de remoção de poluentes e descarregada, às vezes, de volta ao reservatório natural.

Desde que a área afetada permita a fitorremediação é geralmente menos onerosa do que as alternativas concorrentes, como escavação do solo, bombeamento para tratamento (*pump-and-treat*), lavagem de solo, ou extração otimizada. Além dos custos incidentes durante a implantação da vegetação na área, relatórios, monitoramento, operação e manutenção.

Incluindo todas as despesas, o custo inicial de uma fitorremediação, em média U$42.000 por hectare ainda é consideravelmente menos caro do que outras tecnologias concorrentes. No entanto, como a fitorremediação geralmente requer cinco ou mais anos, é muito importante garantir os recursos para a operação e manutenção durante a vida do projeto (MOERI, 2005).

6 - A QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE DOURADOS – MÉTODOS DE COLETA E ANÁLISE DE ÁGUA

Foram efetuadas duas coletas (uma no final do período chuvoso e outra no final do período seco) de amostras de água em poços freáticos existentes nas proximidades dos postos de combustíveis de Dourados, nos locais servidos de rede de esgoto público, exceto nos dois depósitos de combustíveis das distribuidoras que paralisaram as atividades, estes não possuem rede de esgoto público e no lago do Parque Arnulpho Fioravanti que foram feitas coletas em águas superficiais. As amostras foram enviadas para o laboratório para análise de detecção de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno. Foram analisados ainda os parâmetros nitrato, pH e condutividade. Não foi coletado água nos poços de monitoramento dos postos de combustíveis para que possamos ter uma análise estatística da qualidade da água que flui dos poços dos habitantes à jusante e às vezes é usada para fins domésticos em geral de forma a evitar qualquer envolvimento ou interferência dos empreendedores na pesquisa.

Figura 3 - Aspecto das formas de coleta em campo

Figura 4 – Uso do coletor durante coleta num poço

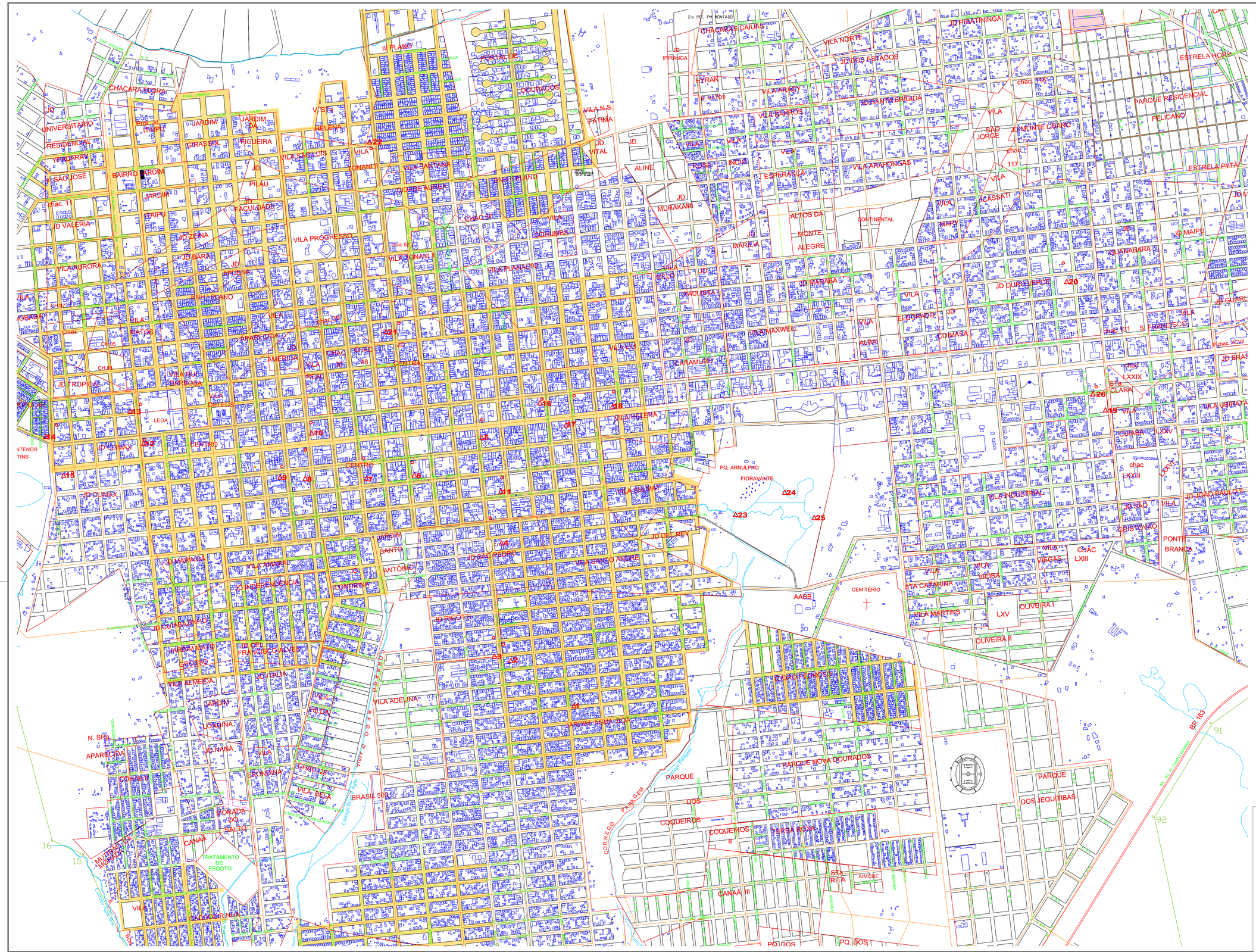
Figura 5 – Uso do coletor para poço – coletor com dosador para pequenos recipientes

Figura 6 – Uso do coletor durante coleta num poço

Figura 7 – Coleta diretamente na bomba

Figura 8 – Ponto 26, poço de coleta construído ao lado do terreno da Petrobras

Segundo SILVA (1987) os pontos de coleta de água em uma rede de monitoramento são estabelecidos principalmente para verificar o impacto que fontes de poluição apresentam sobre a água, ou se sua qualidade é adequada para o uso pretendido. Por isso, é conveniente a escolha de um ponto branco, isto é, um local que não está sob influência ou não recebeu impacto de possíveis fontes de poluição, para comparar os resultados obtidos. No presente trabalho o referido “ponto branco”, é o ponto 1.


N.V.
Sul
LEGENDA
Ponto de Coleta de Água
Posto de Combustível
Local Servido de Rede de Esgoto
PLANTA COM PONTOS DE COLETA DE ÁGUA
Localização
Área Urbana de Dourados
Delimitação da Área
Rede de Esgoto Público
Fonte
Prefeitura Municipal de Dourados
SEPLAN - Secretaria de Planejamento
Data
Fevereiro/2008
Escala
1 : 7.000
Adaptação
DANIEL ALVES DOS SANTOS
Orientador
Prof. Dr. RICARDO HENRIQUE GENTIL PEREIRA
Biólogo
Mestrando
DANIEL ALVES DOS SANTOS
Geógrafo

6.1 - Análise das amostras

Após a coleta foram enviadas as amostras ao laboratório na cidade de Campo Grande-MS para detecção da presença de hidrocarbonetos aromáticos, através de cromatografia gasosa. Foram analisados ainda outros parâmetros indicadores de qualidade da água tais como: pH, condutividade, e nitrato, sendo que este último parâmetro foi analisado no laboratório da UFMS campus de Aquidauana. Durante a escolha dos locais de coleta das amostras, foi estimada a direção do fluxo das águas, apenas com o critério de declividade do terreno, para que sejam determinados os locais e o sentido do percurso da pluma de contaminação e ainda efetuou-se um estudo através de leituras bibliográficas, sobre a distância em que esse tipo de contaminação percorre até sua diluição e biodegradação em níveis seguros para a saúde pública.

Existe um intervalo de tempo entre a coleta de amostras e a realização das análises feitas em laboratório. Nesse intervalo de tempo ocorrem mudanças químicas e biológicas na água. Para retardar essas mudanças faz-se a preservação das amostras. Os métodos de preservação utilizados são: controle de pH, adição química, refrigeração e congelamento. Dessa forma é possível: a) retardar a ação biológica; b) retardar a hidrólise dos complexos e compostos químicos; c) reduzir a volatilidade de constituintes d) reduzir efeitos de absorção na superfície do recipiente amostrador.

Uma preservação completa não é possível e por isso existe um prazo máximo de tempo em que a análise deve ser feita, variável em função da determinação. Poderão ser desde 48 horas no caso de DBO até 6 meses para metais pesados. Entretanto, tanto menor o intervalo de tempo entre coleta e análise mais confiável será o resultado (TUCCI, 2004).

6.1.1 - Análise do Nitrato

As amostras para determinação de nitrato foram coletadas diretamente nos locais estudados e em seguida foram acondicionadas em frascos de polietileno, resfriadas e congeladas. As amostras para análise foram previamente filtradas em filtros GF/C WHATMAN com porosidade de 45µm. O material coletado foi mantido em freezer, e posteriormente analisado em laboratório. A metodologia utilizada para análise das concentrações nitrato, obedeceu a critérios descritos na literatura, onde o nitrato é reduzido a nitrito pela reação com cádmio amalgamado. O nitrito é então determinado pela reação com a

sulfanilamida em meio fortemente ácido, formando um composto que reage com o bicloridrato de N – 1 – naftil – etilenodiamina e resulta no composto róseo, cuja absorbância é medida espectrofotometricamente a 543n. Do valor final obtido, subtrai-se a quantidade de nitrito presente na amostra antes da redução.

6.1.2 - Análise de BTEX, pH e condutividade elétrica

As amostras para determinação de BTEX, pH e condutividade elétrica, foram coletadas diretamente nos locais estudados e acondicionadas em recipientes de vidro âmbar. As amostras foram conservadas em baixa temperatura para transporte até a cidade de Campo Grande – MS para análise no laboratório da empresa Sanágua. A metodologia utilizada, para análise das concentrações de BTEX, obedeceu a critérios descritos na literatura, onde se utiliza o modelo americano para cromatografia gasosa – headspace, “stand methods for the examination of water and wastewater”, onde o valor mínimo de detecção é acima de 0,001 mg/L.

7 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 - BTEX

Conforme resultados revelados nas análises das águas quanto aos parâmetros btex, as amostras não apresentaram presença dos compostos na primeira coleta, sendo que o resultado apresentado pelo laboratório, foi o de que não foi detectado ou se caso alguma amostra tenha apresentado, foi de quantidade insignificativa, e dentro da escala de análise não foi possível detectar. Na segunda coleta, no final do período seco, os pontos 11, 19 e 26 apresentaram níveis de o-xileno em quantidades abaixo do valor máximo permitido, mas deve-se ficar alerta que o ponto 26 que é um poço que foi perfurado durante a pesquisa, com a finalidade exclusiva para a coleta de água para análise, apresentou dois terços do valor máximo permitido. Sendo assim, quanto aos parâmetros BTEX, todas as amostras apresentaram condições satisfatórias ao que estabelece a Portaria do Ministério da Saúde n° 518/2004.

Quanto à questão da não detecção de contaminantes BTEX no final do período chuvoso, o fato vai de encontro com a proposição feita por Breslin e Negrão, 1996 no Boletim Técnico da Clean Environment, quando falam que a estação das chuvas traz consigo um mistério que intriga a comunidade envolvida com a remediação de aqüíferos subterrâneos contaminados por hidrocarbonetos: o desaparecimento temporário do produto dos poços de monitoramento e bombeamento.

Quando ocorre uma chuva prolongada ou intensa, a água caminha mais facilmente para dentro de um poço do que para o solo ao seu redor, por encontrar um canal preferencial e maior superfície aberta a atmosfera. Desta forma a água escorre pela parede do poço e pelo lençol freático, para seu interior. (figura 10)

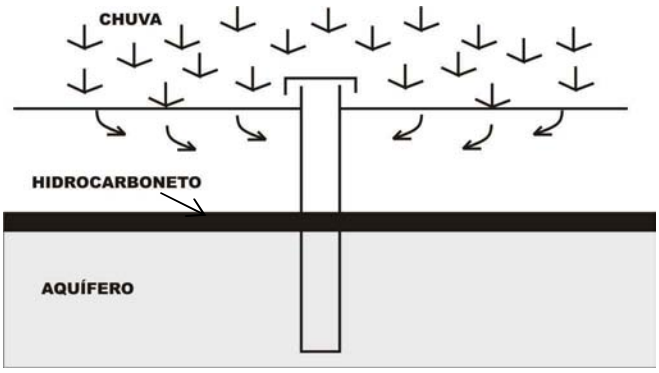


Figura 10 – Sazonalidade de um poço
Fonte: Breslin e Negrão, 1996. (Redesenhado)

O nível d’água no interior do poço se eleva em comparação ao nível verificado no solo, criando então um cone. O hidrocarboneto escorrega por este cone, afastando-se do poço, ocupando as partes mais baixas da zona saturada. (figura 11)

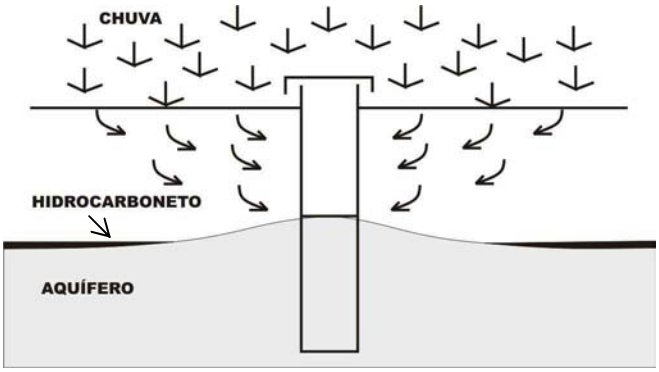


Figura 11 – Sazonalidade de um poço (período chuvoso)
Fonte: Breslin e Negrão, 1996. (Redesenhado)

Portanto, a coluna de hidrocarboneto presente no poço antes da chuva, agora diminui de espessura e desaparece temporariamente.

Quando a chuva pára e acontece uma estiagem, o solo absorve a água e ainda outros processos físicos subterrâneos contribuem para a diminuição do nível de água presente no poço. O poço perde água devido à evaporação, exposição à pressão atmosférica e à temperatura levemente maior do que a do solo. O aquífero sofre um rebaixamento natural, reduzindo então o nível d’água nas imediações do poço. Por estar numa superfície aberta a atmosfera, o nível d’água no poço sofre um rebaixamento mais rápido em relação à zona saturada do solo. O cone então configura-se como um cone de rebaixamento, que faz com que o hidrocarboneto corra de volta para o poço, as vezes em espessuras maiores que as verificadas anteriormente. (figura 12)

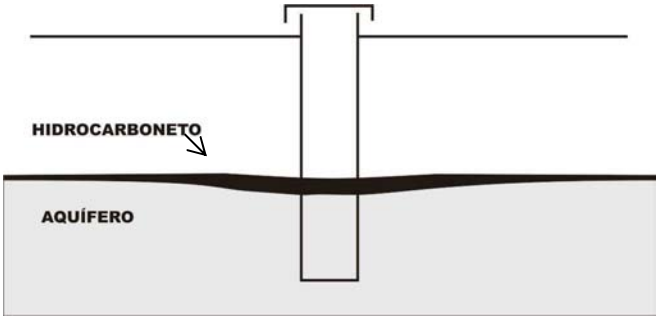


Figura 12 – Sazonalidade de um poço (período de seca)
Fonte: Breslin e Negrão, 1996. (Redesenhado)

Pode haver mais processos em atividade no interior do poço que causem o desaparecimento do hidrocarboneto durante as chuvas e o seu reaparecimento na estiagem, portanto de maneira geral, as etapas descritas anteriormente resumem os processos mais significativos em ação (BRESLIN e NEGRÃO, 1996).

Deve-se manter alerta quanto aos riscos que os compostos BTEX causam *in loco* da fonte poluidora, já que as amostras do presente trabalho foram coletadas fora do terreno da fonte poluidora, em alguns casos chegando a 130 metros de distância, deixando uma dúvida se as características do solo da região que é argiloso possam estar barrando a possível pluma de contaminantes, contendo-a num espaço menor e ainda os diferentes caminhos que a pluma possa estar percorrendo ou sendo atraída por bombeamento de água em outros poços, possa estar contribuindo para a não detecção dos poluentes naqueles locais de coleta de água para análise. . Em cada coleta, foi coletada água apenas num ponto á jusante nas proximidades por causa das limitações financeiras, e o ideal seria que fosse feito uma coleta à montante e duas à jusante.

Segundo o Instituto Nacional do Câncer – INCA o Benzeno pode levar ao desenvolvimento de leucemia mielóide (câncer de medula).

Figura 13 – Imagem de satélite - ponto 11
Fonte: Google earth, 2006, (organizado por Santos, 2008)

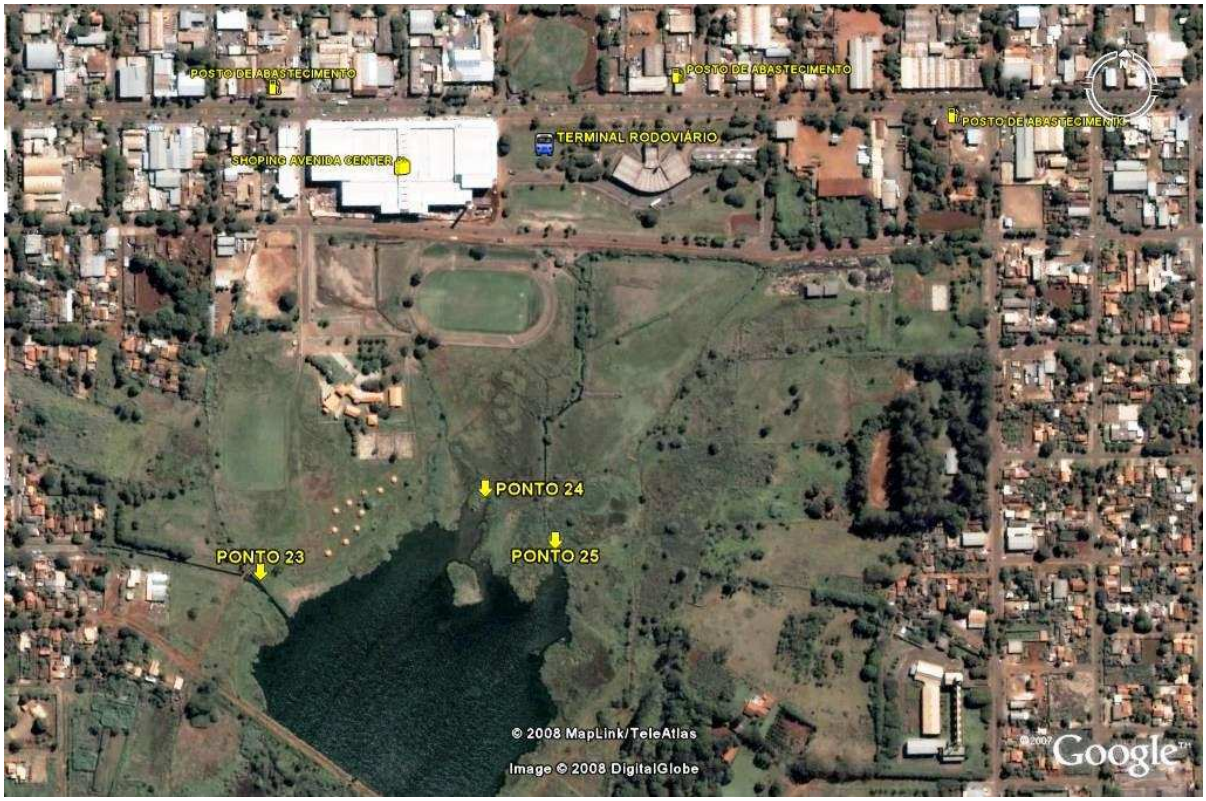


Figura 14 – Imagem de satélite - pontos 23, 24 e 25 (entradas da lagoa no Parque Arnulpho Fioravanti)
Fonte: Google earth, 2006, (organizado por Santos, 2008)

Figura 15 – Imagem de satélite - pontos 19 e 26, próximo ao terreno da Petrobras
Fonte: Google earth, 2006, (organizado por Santos, 2008)

Tabela 1 - Resultados de BTEX em mg/L

Pontos de coleta	1ª Coleta	2ª Coleta	Distância da possível fonte poluidora (metros)	Tempo de existência do poço (anos)	Situação atual do poço
1	ND[1]	ND	branco[2]	1	ativo
2	ND	ND	60	16	ativo
3	ND	ND	60	10	ativo
4	ND	ND	90	3	ativo
5	ND	ND	70	15	ativo
6	ND	ND	60	7	ativo
7	ND	ND	65	30	desativado
8	ND	ND	90	32	ativo
9	ND	ND	55	18	ativo
10	ND	ND	50	18	ativo
11	ND	0,062 o-xileno	75	30	desativado
12	ND	ND	30	35	ativo
13	ND	ND	50	10	ativo
14	ND	ND	50	20	ativo
15	ND	ND	60	25	ativo
16	ND	ND	30	10	ativo
17	ND	ND	90	10	ativo
18	ND	ND	70	3	ativo
19	ND	0,090 o-xileno	130[3]	2	ativo
20	ND	ND	70	28	ativo
21	ND	ND	70	35	ativo
22	ND	ND	35	30	ativo
23	ND	ND	Superfície[4]	superfície	superfície
24	ND	ND	superfície	superfície	superfície
25	ND	ND	superfície	superfície	superfície
26[5]	0,197 o-xileno		30	0	experimental

[1] - Não detectado.
[2] - Neste local não há influência de nenhum posto de combustível.
[3] - Por estar muito distante da possível fonte poluidora foi construído o ponto de coleta 26, para que houvesse uma melhor amostragem.
[4] - Locais de entrada de águas pluviais e de nascentes no lago do Parque Arnulpho Fioravanti.
[5] - Neste local foi efetuada apenas uma coleta. Ponto de coleta construído ao lado do terreno da Petrobras.

Tabela 2 – BTEX - Padrão de aceitação em águas para consumo humano

PARÂMETRO	UNIDADE	VALOR MÁX. PERMITIDO
benzeno	mg/L	0,005
tolueno	mg/L	0,17
etilbenzeno	mg/L	0,2
xilenos	mg/L	0,3

Fonte: Ministério da Saúde, 2004. Portaria n° 518/2004

A Portaria Interministerial n°775, de 28 de abril de 2004, proibiu, em todo o Território Nacional, a comercialização de produtos acabados que contenham “benzeno” em sua composição, admitida, porém, a presença desta substância, como agente contaminante, em percentual não superior a: a) 1% (um por cento), em volume, até 30 de junho de 2004; b) 0,8% (zero vírgula oito por cento), em volume, a partir de1°de julho de 2004; c) 0,4% (zero vírgula quatro por cento), em volume, a partir de 1° de dezembro de 2005; e d) 0,1% (zero vírgula um por cento), em volume, a partir de 1° de dezembro de 2007. No parágrafo 1° da Portaria abre-se uma exceção aos combustíveis derivados de petróleo que é admitido um percentual não superior a 1% (um por cento), em volume.

7.2 - Condutividade Elétrica e pH

É a medida direta da quantidade de íons na água (teor de sais na água). Altos valores de condutividade significam altas taxas de decomposição de matéria orgânica e isso é um parâmetro para quantidade de nutrientes disponíveis ou mesmo indício de problemas com poluição da água. A condutividade elétrica é uma grandeza diretamente proporcional à concentração iônica na água, independente do tipo de íons presente, e varia em função da temperatura. Sua determinação dá uma estimativa do conteúdo de sólidos de uma amostra, para o consumo humano é importante que a água possua uma condutividade relativa entre 50,0 e 1500,0 µS/cm.

O parâmetro condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos, etc.

O parâmetro pH, é recomendado pela Portaria 518/2004, que esteja na faixa de 6,0 a 9,5.

Tabela 3 – níveis de pH e condutividade

AMOS-TRA N°	pH(1)	pH(2)	CONDUTI-VIDADE(1)	CONDUTI-VIDADE(2)
1	**5,81**	**5,71**	225,0	348,0
2	**5,81**	**5,71**	196,0	344,0
3	**5,88**	**5,78**	182,0	292,0
4	6,09	**5,94**	241,0	443,0
5	6,78	6,63	187,0	260,0
6	6,26	6,06	123,0	160,6
7	**5,30**	**5,28**	141,0	210,0
8	6,24	6,39	126,0	165,4
9	**5,43**	**5,31**	121,0	190,4
10	**5,21**	**4,98**	38,0	110,5
11	**5,80**	**5,81**	265,0	267,0
12	**5,98**	**5,87**	137,0	203,0
13	**5,61**	**5,59**	123,3	186,0
14	**5,79**	**5,66**	201,0	263,0
15	6,02	**5,82**	144,0	203,0
16	6,21	6,00	180,0	322,0
17	**5,59**	**5,28**	181,0	255,0
18	6,22	6,13	211,0	251,0
19	6,38	6,43	67,0	107,0
20	6,01	6,00	69,0	191,0
21	6,34	6,29	176,0	218,0
22	6,28	6,07	215,0	318,0
23	7,08	6,78	142,0	215,0
24	6,69	6,76	174,0	246,0
25	6,71	6,59	140,0	213,0

(1) =1ª coleta
(2) =2ª coleta

7.3 – Nitrato

O nitrato é uma das substâncias químicas mais encontradas em águas naturais, geralmente ocorrendo em baixas concentrações nas águas superficiais (rios, lagos, córregos, açudes). Entretanto, em águas subterrâneas, essa concentração pode atingir níveis elevados.

Conforme mostra a tabela 3, no parâmetro “nitrato”, nenhuma amostra apresentou valores acima do padrão estabelecido pelo Ministério da Saúde para consumo humano, que é um valor máximo de 10 mg/L. No entanto há pesquisadores como, por exemplo, ALABURDA e NISHIHARA (1998), que dizem conhecer relatos de doença originadas pela ingestão de águas com conteúdos de nitrato inferiores ao valor máximo estabelecido pelo Ministério da Saúde, que é 10 mg/L. O nitrato pode ser prejudicial à saúde, podendo causar

câncer de estômago. Afirmam ainda que concentrações superiores a 3,0 mg/L de nitrato são indicativas de contaminação por atividades antropogênicas. Nos casos em que houve registro de maior teor de nitrato nas águas, estima-se que o lençol freático pode estar próximo do sistema de saneamento precários (fossas) e/ou de tubulações de esgotos com vazamentos, elevando o teor de nitrato, assim como também de outros compostos nitrogenados e microrganismos.

Tabela 4 - Resultado de Nitrato (NO3) em mg/L -1

Pontos	**1º Coleta**	**2º Coleta**
1	0,67	0,82
2	0,61	0,93
3	0,65	2,39
4	0,28	0,73
5	1,67	2,44
6	0,92	0,41
7	1,51	1,73
8	2,43	1,64
9	0,16	0,95
10	1,23	0,89
11	**4,29**	2,00
12	**6,85**	0,64
13	1,03	1,60
14	**6,30**	**4,27**
15	0,29	1,70
16	1,74	1,45
17	0,001	2,27
18	2,20	1,15
19	1,30	0,75
20	1,80	**5,49**
21	1,30	**4,35**
22	1,40	**3,61**
23	0,57	0,30
24	0,96	0,58
25	0,62	0,43

Estudos têm demonstrado que a dieta é um fator preponderante no aparecimento do câncer de estômago e é prejudicial ao sistema respiratório principalmente em crianças. Uma alimentação pobre em vitamina A e C, carnes e peixes, ou ainda com uma “alto consumo de nitrato”-, alimentos defumados, enlatados, com corantes ou conservados no sal são fatores de risco para o aparecimento deste tipo de câncer. Outros fatores ambientais como a má conservação dos alimentos e a ingestão de água proveniente de poços que contém uma alta concentração de nitrato também estão relacionados com a incidência do câncer de estômago. Há também fatores de risco de origem patológica. No entanto, uma lesão pré-cancerosa leva

aproximadamente 20 anos para evoluir para a forma grave. Sendo assim, a medida mais eficaz para diminuir os riscos é iniciar uma dieta balanceada precocemente, ainda na infância.

Um monitoramento constante da água para consumo humano, deve ser feito independente da fonte abastecedora de água. Só assim pode-se ter certeza da qualidade da água que se consome, ademais se deve ter o cuidado em, no caso de perfuração de poços, obter sempre orientação técnica para escolher o local, e nos casos de poços já perfurados preservar o seu entorno das possíveis contaminações, além de manter um monitoramento periódico da qualidade da água, o que raramente acontece, e alguns casos é limitado a uma amostragem inicial, enquanto que com funcionamento do poço, o bombeamento de águas poderá atrair uma pluma de contaminantes em sua direção, por isso a importância do monitoramento periódico.

8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇOES DE POLÍTICAS PÚBLICAS

As mudanças nas leis e regulamentações precisam andar lado a lado com um esforço por parte dos pesquisadores para descobrirem qual a intensidade do impacto dos agentes químicos na saúde humana, de como eles agem e como seus danos podem ser evitados. COLBORN (2002) propõe que a pesquisa deveria estar informada em face à necessidade de responder algumas perguntas cruciais:

- Quanto estamos sendo expostos?
- Como o corpo humano está reagindo a esses agentes químicos?
- Qual é o impacto no ecossistema?
- Quando e como o governo deve agir?

Quando se consome água com qualidade desconhecida, o perigo de que ela possua propriedades que possam prejudicar a saúde humana é muito grande, pois dependendo do tipo de contaminação nela presente, nem a fervura nem a filtragem pode eliminá-la. Se filtrar ou ferver gasolina ou veneno, por exemplo, obter-se à gasolina ou veneno filtrados ou fervidos e o grau de risco à saúde continua sendo o mesmo, sendo assim, este exemplo serve para ilustrar o entendimento de que há contaminantes que não podem ser eliminados por procedimentos tão simples.

Não há programa consistente para o monitoramento e controle de possíveis contaminações das águas subterrâneas da área estudada. Felizmente não houve detecção de alterações graves na qualidade das águas freáticas nos locais estudados, no entanto há necessidade de um monitoramento constante e mais abrangente da qualidade das águas, já que as diversas atividades humanas oferecem esse risco, e como foi mostrado na tabela 1 (página 53), na segunda coleta houve detecção de contaminações nos pontos de coleta 11, 19 e 26.

O ponto 11 é um poço fora de uso que está localizado na Rua Doutor Camilo Hermelindo da Silva, 75 metros à jusante[1] do posto de combustíveis que existe próximo ao Terminal de Transbordo e apresentou 0,062 mg/L de xileno, ou seja, um quinto do valor máximo permitido para consumo humano.

O ponto 19 está a 130 metros à jusante do antigo depósito de combustíveis da Petrobras, é um poço em uso e apresentou 0,090 mg/L de xileno, ou seja, um terço do valor

[1] Topograficamente abaixo da possível fonte de contaminação.

máximo permitido. O ponto 26 está numa distância de aproximadamente 30 metros do antigo depósito de combustíveis da Petrobras, é um poço que foi construído para coleta de água para análise durante esta pesquisa (figuras 8 e 15 – páginas 40 e 47 respectivamente), e apresentou 0,197 mg/L de xileno, ou seja, dois terços do valor máximo permitido para consumo humano, uma quantidade muito próximo de extrapolar os níveis aceitáveis. Deve-se levar em consideração que à aproximadamente 230 metros à montante do ponto 26, existe ainda um posto de abastecimento, no entanto até a presente data o referido posto não apresenta histórico de contaminação, mas não deve ser descartado sua importância, no caso de um estudo mais aprofundado.

Quanto à questão do nitrato, em nenhuma amostra foi detectadas contaminações acima do valor máximo permitido para consumo humano estipulado pela portaria n° 518/2004 do Ministério da Saúde, que é 10 mg/l, sendo que os valores encontrados variam de 0,001 a 6,85 mg/L, no entanto, deve-se ter o devido cuidado, já que segundo PINTO (1998), as concentrações de nitrato tendem a se elevar, uma vez que esse componente não se decompõe, mas sim se concentra com o passar do tempo, e medidas como a fervura e filtragem não diminui a concentração de nitrato na água, sendo que a forma mais eficaz de remediação é a diluição em águas mais limpas.

Percebeu-se durante a pesquisa, que por desconhecer a gravidade do fato que é consumir água com qualidade desconhecida ou duvidosa, e ainda por sustentar o mito que a água subterrânea é limpa, a população ao tentar diminuir seus gastos consome essas águas. A aplicação de um questionário durante a pesquisa, mostrou os seguintes índices: dos locais de coleta que são poços, 74% utilizam as águas do poço para uso geral, inclusive para beber e preparar alimentos, 13% utilizam para fins que não exigem boa qualidade da água, tais como lavar calçadas e veículos e 13% estão desativados. Dos 87 % que estão em uso, 42% disseram que fazem uso da água porque não confiam na qualidade da água distribuída pela Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul - Sanesul, e 58% disseram que utilizam água de poço para diminuir os gastos mensais.

Apesar de que não há uma quantidade necessária e constante de monitoramento de água do aquífero livre, a sugestão de uma investigação mais habitual coordenada pelos órgãos responsáveis, seja através dos trabalhos de fiscalização obrigando as empresas efetuar o monitoramento individual, seja através da ação direta na coleta de amostras e análises periódicas, poderia nos revelar problemas ambientais que às vezes não vemos e que reflete diretamente nas águas freáticas e na saúde humana, servindo assim, de indicador de qualidade ambiental.

Há necessidade dos órgãos ambientais estabelecerem uma política de monitoramento, obrigando as empresas efetuar análises de águas freáticas próximo aos tanques de combustíveis, tanto os antigos, como dos novos que foram substituídos ou em antigas áreas de armazenamento desativadas, para levantamento de passivos ambientais que possam ter sido causados pelos derramamentos de combustíveis.

Nos locais em que apresentaram contaminação por xileno, além do monitoramento das plumas de contaminantes, para que possamos saber qual serão suas condições daqui a alguns meses ou anos, se faz necessário a escolha e adoção de medidas mitigadoras dos impactos ambientais, através de técnicas de remediação, como o capítulo 5 deste trabalho mostra ser possível.

9 – BIBLIOGRAFIA

ALABURDA, J. & NISHIHARA, L., 1998. **Presença de Compostos de Nitrogênio em Águas de Poços.** *Revista de Saúde Pública*, n° 32 volume, 2 pág 160-165.

AYACH, Lucy Ribeiro. **Implicações Sócio-econômicas e Sanitárias na Qualidade das Águas Freáticas da Cidade de Anastácio-MS** – Dissertação (Mestrado m Geografia) UFMS/Campus de Dourados e Aquidauana, 2002.

BARTH, Flávio Terra e outros. **Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos**. São Paulo: Nobel – ABRH, 1987.

BRAGA, Benedito e outros. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRESLIN, Michael K., e NEGRÃO, Paulo. **A Influência das Chuvas na Presença de Hidrocarbonetos em Poços de Monitoramento**. Campinas: Clean News, Boletim Técnico da Clean Environment Brasil, número 01, outubro de 1996.

CAPPI, Nanci. **Implicações do Uso e Ocupação do Solo na Qualidade das Águas Subterrâneas das Bacias dos Córregos Fundo e Santa Maria/MS**. Dourados: UFMS, 2002. (dissertação de Mestrado)

CHRISTOFOLLETI, Antônio. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1999.

COLBORN, Theo, DUMANOSKI, Dianne e MYERS, John Peterson. **O Futuro Roubado.** Porto Alegre: L& PM, 2002. (pág 251)

CORSEUIL, Henry Xavier, MARINS, Marcus Dal Molin. **Efeitos Causados Pela Mistura de Gasolina e Álcool em Contaminações de Águas Subterrâneas**. Rio de Janeiro, Boletim Técnico da PETROBRAS, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** EMBRAPA, 1999.

ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. **Atlas Multirreferencial**. Campo Grande: Convênio Governo do Estado/Fundação IBGE, 1990.

GOMES, Rodrigo Dutra. **Aspectos da Contaminação do Aquífero Livre do Município de Pereira Barreto/SP**. Campinas: UNICAMP, 2005. (dissertação de mestrado)

Google earth. Imagem de satélite ano 2006. (software)

GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL. **Perfil do Município de Dourados**. Seplan/Fiplan, 1989.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de Obras e do Meio Ambiente - Departamento de águas e energia elétrica. **Estudo de Águas Subterrâneas: região administrativa 3 e faixa litorânea, São José dos Campos** – resumo. São Paulo, Enco, 1977. V. 1.

GUERRA, Antonio José Teixeira, CUNHA, Sandra Baptista. **Geomorfologia – Uma atualização de bases e conceitos.** 5ª edição. Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, 2003.

GUERRA, Antonio José Teixeira, CUNHA, Sandra Baptista. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil.** 3ª edição. Rio de Janeiro; Bertrand Brasil, 2005.

HARVEY, D.**Condição pós-moderna.** São Paulo: Edições Loyola, 1993 (pág 97-107).

JULIÁ, Juan Ramóm. (tradutor do francês para o espanhol). **Prospección y Explotación de las Águas Subterrâneas.** Barcelona: Ediciones Omega, S. A. 1975.

JÚNIOR, Arlindo Phillipi (editor). **Saneamento Saúde e Ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável.** Barueri, SP: Manole, 2005.

JÚNIOR, Homero Reis de Melo, COSTI, Ana Carolina Zoppas. **Avaliação da Contaminação das água Subterrâneas por Hidrocarbonetos Provenientes de Posto de Abastecimento de Combustível na Vila Tupi, Porto Velho.** CPRM SERVIÇO GEOLOGICO DO BRASIL, 2004. (artigo)

LIMA, Samuel do Carmo. (Editor) **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**. V. 1, n° 1 (2005).

LINSLEY, Ray Keyes. **Engenharia de Recursos Hídricos.** Tradução e adaptação: Luiz Américo Pastorino. São Paulo, McGraw Hill do Brasil, Editora da Universidade de São Paulo, 1978.

Malha municipal digital do Brasil: situação em 2006. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.

Manual do Seminário Abastecimento Técnico. CONFAB, 2005.

Ministério da Justiça, Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN – 2006.

Ministério da Saúde, **Portaria n° 518, de 25 de março de 2004.**

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Instituto Brasileiro de Geografia e Estastística. **Senso Demográfico 2007**.

Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria Interministerial n° 775, de 28 de abril de 2004.**

MOERI, Ernesto, COELHO, Rodrigo e MARKER, Andreas (editores). **Remediação e Revitalização de Áreas Contaminadas**. São Paulo: Signus Editora, 2004.

MOERI, Ernesto, RODRIGUES, Delcio. (editores). **Áreas Contaminadas – Remediação e Redesenvolvimento.** São Paulo: Signus Editora, 2005. (págs 29-39, 47, 54, 60-68)

PEDROSA, David Lopes de Castro e outros. **Caracterização de plumas contaminantes de hidrocarbonetos em postos de abastecimento em Fortaleza, usando o método Radar de Penetração do Solo (GPR).** Fortaleza: Revista de Geologia, Vol. 18, nº 2, 189-202, 2005.

PETERS, Theodoro Paulo Severino e outros. **Água Fonte de Vida.** Recife; UNICAP, 2005.

PINTO, André Luiz. **Saneamento Básico e Suas Implicações na Qualidade das Águas Subterrâneas da Cidade de Anastácio (MS).** Rio Claro. Universidade Estadual Paulista, 1998 (tese de doutorado).

PINTO, Nelson L. de Souza e outros. **Hidrologia básica.** São Paulo, Edgard Blücher, 1976.

REBOUÇAS, Aldo. **Águas Doces no Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação.** São Paulo: Escrituras, 2006. (pág 7, 246, 247, 252, 253, 276, 277, 279, 281, 399-401).

REBOUÇAS, Aldo. **Uso Inteligente da Água**. São Paulo: Escrituras, 2004.

RODRIGUES, Arlete Moisés. **Produção e consumo do e no espaço**. São Paulo: Hucitec, 1998. págs 13-77.

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço.** São Paulo: HUCITEC, 1996.

SILVA, Jorge Xavier, SOUZA, Marcelo José Lopes. **Análise Ambiental.** Rio de Janeiro: UFRJ, 1987.

Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho. **PORTARIA N° 14, DE 20 DE DEZEMBRO DE 1995**.

TUCCI, Carlos E. M., SILVEIRA, André L. L. e outros. **Hidrologia – ciência e aplicação.** Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004.

TUCCI, Carlos E.M., PORTO, Rubem La Laina, BARROS, Mário T. **Drenagem Urbana.** Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.

TUNDISI, José Galizia. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez.** São Carlos: Rima, 2005.

YÁZIGI, Eduardo. **Civilização Urbana, Planejamento e Turismo.** São Paulo: Contexto, 2003.