UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CEMITÉRIO E MEIO AMBIENTE

Alberto Pacheco

Tema de Livre Docência

São Paulo

2000

DEDALUS - Acervo - IGC

30900006696

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
2. CONCEITUAÇÃO	4
3. OBJETIVO	6
4. METODOLOGIA	7
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
6. BREVE HISTÓRICO DAS PRÁTICAS DE SEPULTAMENTOS	12
6.1. O fenômeno megalítico	13
6.2. As pirâmides	15
6.3. As catacumbas	16
6.4. As igrejas paroquiais, mosteiros e conventos	17
6.5. Os cemitérios campais	18
6.5.1. A evolução em Portugal	19
7. OS CEMITÉRIOS NO BRASIL	21
8. OS CEMITÉRIOS COMO RISCO POTENCIAL PARA O MEIO AMBIENTE	24
8.1. Inumação no solo	25
8.2. Tumulação	29
8.3. Os gases funerários	30
9. OS IMPACTOS ESTÉTICO-URBANÍSTICOS E SANITÁRIOS PROVOCADOS POR CEMITÉRIOS	31
9.1. Os cemitérios clássicos ou tradicionais	31
9.1.1. Proliferação de vetores	32
9.1.2. Resíduos de cemitérios	33
9.2. Os cemitérios - parque	35
10. O PROCESSO BIOLÓGICO DA CONTAMINAÇÃO	37
10.1. Processos transformativos destrutivos	37
10.1.1. Período gasoso	38
10.1.2. Período coliquativo	39
10.1.3. Período esqueletização	39
10.1.4. Fatores que interferem no processo putrefativo	40
10.2. Processos transformativos conservadores	43
10.2.1. Mumificação	43
10.2.2. Saponificação	46
10.2.3. Corpos conservados dificultam o reuso de sepulturas	50
10.2.4. Corpos conservados - Risco potencial para o aquífero freático?	51
11. O PROCESSO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA	53
11.1. Necrochorume	53

11.2. Como deve ocorrer a contaminação do aquífero freático pelo necrochorume.....	55
12. O SOLO COMO DEPURADOR DE CONTAMINANTES	62
13. SISTEMATIZAÇÃO CRÍTICA DAS PESQUISAS DESENVOLVIDAS E EM DESENVOLVIMENTO SOBRE CEMITÉRIOS	65
14. DESDOBRAMENTOS.....	87
15. A ATUAÇÃO DO GEÓLOGO.....	92
16. CONCLUSÃO.....	94
17. BIBLIOGRAFIA.....	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Grande cromlech megalítico de Stonehenge, Salisbúria (Grã- Bretanha).	14
Figura 2. Exemplo da cultura megalítica em Portugal: anta de Santa Marta, Penafiel.	14
Figura 3. Igreja cemiterial em Ouro Preto (MG).	22
Figura 4. Sepultamentos por inumação no solo e tumulação.	26
Figura 5. Sepultamentos por inumação no solo, sem cobertura de terra adequada, em um cemitério do município de São Paulo.	27
Figura 6. Restos de caixões metálicos acumulados a céu aberto e container com lixo à espera de remoção num cemitério municipal (SP).	34
Figura 7. Bica de água de aquífero suspenso no Cemitério Vila Formosa... ..	48
Figura 8. Duas situações de sepultamento por inumação no solo a partir das quais pode ocorrer a contaminação do aquífero freático.....	56
Figura 9. Afloramento do aquífero freático no Cemitério Vila Formosa.	57
Figura 10. Pluma de contaminação migrante no subsolo. Fonte: Silva, 1986.	57
Figura 11. Aquífero freático contaminado por cemitério.	59

1. INTRODUÇÃO

As sociedades modernas, de uma forma geral, não gostam de pensar na morte, procuram esquecê-la fugindo à discussão sobre o assunto e fazendo desaparecer o corpo morto de forma rápida e eficaz. Falar sobre a morte, sobre cemitérios, é algo incomodativo que perturba as pessoas. O horror do cadáver em decomposição é uma constante em todas as civilizações.

A ciência não se compadece com tabus, objetiva a busca do conhecimento e da verdade, razão pela qual a questão sobre cemitérios precisa de ser conhecida nos seus diferentes aspectos, principalmente, naqueles em que o cadáver humano possa ser causa de alterações ambientais e pôr em risco a saúde dos vivos.

A literatura sobre a história e a sociologia da morte é vasta. Sociólogos, antropólogos e folcloristas têm trazido excelentes contribuições para um melhor conhecimento dos hábitos e costumes funerários. Os franceses são pródigos em obras e especialistas sobre o "espaço da morte". O historiador Philippe Ariès, recentemente falecido foi o grande estudioso das atitudes do homem perante a morte.

Outro tanto não se poderá dizer sobre a questão "Cemitério e Meio Ambiente". As necrópoles nunca foram incluídas na lista das fontes tradicionais de contaminação constante dos tratados sobre meio ambiente e controle da contaminação das águas subterrâneas. Por preconceito, ou porque se pensava - não acreditamos, que os cadáveres humanos e de outros animais, depois de enterrados não tinham quaisquer conseqüências sobre o meio ambiente e a saúde pública.

Há uma carência, ou mesmo ausência de trabalhos sobre o assunto no Brasil. No plano internacional, ocorrem na maioria dos casos informações de caráter pontual, ou seja, breves artigos publicados em jornais.

Na nossa tese de doutoramento, defendida em 1985, no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, já alertávamos para a necessidade da implantação adequada de cemitérios, como forma de minimizar os impactos ambientais e proteger a saúde pública.

Como consequência, as pesquisas sobre contaminação das águas subterrâneas por cemitérios foram iniciadas na segunda metade dos anos oitenta, através do Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas (CEPAS), do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Foi criada uma nova linha de pesquisa com caráter inédito e que colocou os pesquisadores envolvidos com a mesma, como referência a nível nacional e internacional.

A iniciativa dos pesquisadores do CEPAS foi oportuna, porque os possíveis problemas ambientais e sanitários que os cemitérios brasileiros podem gerar nunca foram motivo sério de preocupação por parte das autoridades responsáveis.

Cabe lembrar que o corpo humano, enquanto vivo, permanece em constante equilíbrio com os agentes etiológicos e o meio ambiente. Depois de morto o cadáver se transforma, é um ecossistema de populações, como artrópodes, bactérias, microorganismos patogênicos, microorganismos destruidores de matéria orgânica e outros, que põem em risco o meio ambiente e a saúde das populações. Sendo os cemitérios repositórios de cadáveres, laboratórios de decomposição, este tipo de construção apresenta riscos que exigem cuidados técnicos e científicos com sua implantação e operação.

Temos insistido para que os planejadores urbanos ao elaborarem os programas de ordenamento do crescimento das cidades, também devem considerar a implantação imediata e a longo prazo de cemitérios, de acordo com as circunstâncias locais. É uma prática urbanística que as autoridades devem considerar como forma de atender as necessidades das comunidades e equacionar as questões inerentes à saúde e ao meio ambiente.

As nossas pesquisas têm incentivado dissertações de mestrado, teses de doutorado, seminários em cursos superiores, trabalhos para eventos ambientais em escolas do segundo grau, procedimentos para implantação de cemitérios e investigações a nível internacional, como a do Ministério do Meio Ambiente (Portugal) e a da Universidade Técnica de Sidney (Austrália). O tema tem sido divulgado através de palestras e entrevistas nos órgãos de comunicação acadêmicos e públicos.

As pesquisas, inicialmente, tiveram resistências por parte daqueles que exploram cemitérios particulares. Entretanto, os respectivos sindicatos vêm realizando eventos, o último dos quais, com o título "I Fórum Sincepar, Cemitérios - Impacto Ambiental", foi realizado em Curitiba, em 16 de dezembro de 1999.

Cabe dizer que "Cemitério e Meio Ambiente" é uma linha de pesquisa que se insere na área de conhecimento "Urbanização, Industrialização e Meio Ambiente", por nós criada quando contratados pelo Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, como professor em tempo integral.

2. CONCEITUAÇÃO

Cemitério

Do grego *koimetérion*, "dormitório", pelo latim *coemeteriu*. Sm. Recinto onde se enterram e guardam os mortos. Sinônimos: necrópole, carneiro, sepulcrário, campo-santo, cidade dos pés-juntos e última morada (Aurélio, 1999).

A palavra cemitério teve uma evolução semântica ao longo do tempo, impondo-se definitivamente na língua francesa desde o século XVI. Em inglês o emprego da palavra *cemetery* na linguagem corrente parece mais tardio. *Churchyard* ou *graveyard* só foram substituídas por *cemetery* no uso corrente no século XIX e para designar, por oposição, uma outra forma de cemitério, o *rural cemetery* (Ariès, 1977).

Segundo Bayard (1993), na terminologia hebraica, o cemitério é designado por termos bastante surpreendentes: *Berth Olam* (casa da eternidade) e *Beth ha' hayim* (casa da vida).

Meio Ambiente

Conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas (Art. 3º. da Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente).

Inumação

S.f. Ato de inumar; enterramento, enterro, sepultamento (Aurélio, 1999).

Empregada entre muitos povos antigos, medievais, modernos ou contemporâneos e consistindo na inclusão em cova aberta e depois aterrada ou na colocação à superfície mas apondo-se um espesso monte de terra e pedras ou ainda no depósito numa cavidade ou mesmo caixa devidamente acautelada ou resguardada (Dias, 1963).

Tumulação

Enterramento em carneiros, construídos de alvenaria ou concreto na forma de caixas retangulares, que recebem os caixões em gavetas. Estas construções são parcial ou totalmente subterrâneas.

Diante da conceituação, há que designar o sepultamento em cova, como inumação no solo.

3. OBJETIVO

Fazer uma sistematização crítica das pesquisas sobre "Cemitério e Meio Ambiente" já desenvolvidas e em desenvolvimento.

4. METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo proposto resolvemos, primeiramente, de forma simples e direta colocar o leitor dentro da questão "Cemitério e Meio Ambiente".

Assim, no desenho da metodologia montamos o seguinte roteiro: revisão bibliográfica sobre o assunto de interesse e de temas correlatos; breve histórico das práticas de sepultamento usadas pelo homem ao longo do tempo; destaque às ações sanitárias contra os sepultamentos nas igrejas na Europa Ocidental, especialmente, em França e Portugal; preocupação dos médicos brasileiros com os enterramentos nos edifícios religiosos e o aparecimento dos cemitérios campais; descrição dos impactos ambientais e estético-urbanísticos que as necrópoles podem provocar e, dos processos biológicos e da contaminação da água por necrópoles.

Após a sistematização crítica, são relacionados trabalhos ou ações decorrentes de forma direta ou indireta de nossas pesquisas e mostrado o papel do geólogo na implantação de cemitérios.

Finalmente, é apresentada uma lista bibliográfica de trabalhos sobre "Cemitério e Meio Ambiente".

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo não foi feita a revisão da literatura relacionada com a morte, objetivo dos cientistas sociais. Somente a bibliografia que trata da questão "Cemitério e Meio Ambiente", estando os autores mencionados por ordem cronológica.

Também não foi feita menção aos documentos que mostram a preocupação dos médicos brasileiros no final do século XVIII, com os sepultamentos nas igrejas e suas conseqüências para a saúde pública.

Bergamo (1954), no IV Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária realizado em São Paulo, defende a necessidade de estudos geológicos e sanitários das áreas de cemitérios e verificação das possibilidades de poluição ou contaminação das águas subterrâneas e superficiais.

Dias (1962), elabora um estudo histórico, artístico, sanitário e jurídico sobre os cemitérios, jazigos e sepulturas em Portugal. Nesta monografia, o autor dedica um capítulo aos terrenos mais adequados no contexto geológico português para a implantação de cemitérios. Segundo este autor, os solos mistos são os melhores, como os calcário-siliciosos, sílico-argilosos, calcário-sílico-argilosos e outros, porque permitem a decomposição de cadáveres e dificultam a saída dos elementos gasosos.

Pacheco (1986), através do trabalho com o título "Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento", alerta para a necessidade da implantação cuidadosa de cemitérios e fixação de faixas de proteção sanitária, como forma de garantir a preservação das águas

subterrâneas e o uso potável das mesmas. Recomenda a revisão e atualização do Código Sanitário do Estado de São Paulo, de 1978, no que tange à legislação de cemitérios. Foi o primeiro estudo sobre o tema feito no Brasil.

Ottmann (1987), através de um extenso trabalho faz considerações de caráter geológico, legislativo e regulamentar sobre a implantação e gestão de cemitérios em França. Põe em evidência o papel do geólogo na elaboração de projetos sobre necrópoles, cuja intervenção é fundamental para a proteção do meio ambiente, notadamente águas superficiais e subterrâneas.

Rodriguez et al. (1985), estudaram a decomposição de cadáveres sepultados e métodos que podem ajudar na sua localização. Uma excelente contribuição para as Ciências Forenses dos Estados Unidos da América.

Mendes et al. (1989), pela primeira vez utilizam as técnicas geofísicas de investigação no estudo da contaminação das águas subterrâneas por cemitérios.

Miotto (1990), na sua dissertação de mestrado, apresenta uma metodologia para a determinação da adequabilidade de áreas para a implantação de cemitérios.

Pacheco et al. (1991), após monitoramento na área interna de três cemitérios constata a contaminação bacteriológica do aquífero freático por microorganismos oriundos de corpos em decomposição. É o primeiro trabalho no gênero no plano nacional e internacional.

Martins et al. (1991), estudam a qualidade das águas subterrâneas em cemitérios.

Pacheco et al. (1992), no II Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas realizado em Belo Horizonte, defendem a necessidade de

perímetros de proteção sanitária para cemitérios por razões higiênicas e ambientais

Pacheco et al. (1993), mostram no Third International Seminar on the Environment Problems of Urban Centers - ECO URBS'93, que ocorreu no Rio de Janeiro, os problemas ambientais e estético-urbanísticos que os mesmos podem provocar.

Fonseca (1994) apud Junior et al. (1996), estuda a contaminação das águas periféricas em cemitérios de Belém do Pará.

Migliorini (1994), na sua dissertação de mestrado, mostra a contaminação físico-química e química das águas subterrâneas do cemitério paulista de Vila Formosa.

Junior et al. (1996), utilizam o método SP e da eletrorresistividade no estudo hidrogeológico de um cemitério.

Braz et al. (1996), estudam a contaminação das águas resultantes do uso inadequado do solo, na instalação de cemitérios.

Matos et al. (1997), no XII Simpósio de Recursos Hídricos realizado em Vitória, no Espírito Santo, divulga a pesquisa que está sendo desenvolvida e com caráter inédito, sobre o transporte e retenção de microorganismos em aquíferos. O ineditismo reside no fato de que o trabalho está sendo executado em área de cemitério.

Silva (1998), no 4º Congresso Latinoamericano de Hidrologia Subterranea, mostra os cemitérios como fonte potencial de contaminação dos aquíferos livres.

Knight et al. (1998), no International Groundwater Conference, realizada em Melbourne, na Austrália, ao abordar o tema *Sustainability of Waste and Groundwater Management Systems*, mostra também o conceito

de sustentabilidade para sepultamentos em cemitérios no contexto de sua interação com as águas subterrâneas.

Marinho (1998), estuda a contaminação do aquífero freático pelo cemitério São João Batista, em Fortaleza - Ceará.

Pacheco et al. (1999), estudam os resíduos de cemitérios do Município de São Paulo e o destino dos mesmos. Este trabalho foi o primeiro a abordar o problema no Brasil.

Magalhães (1999), estuda o impacto ambiental causado pelo cemitério da Paz.

Pacheco et al., estudam a influência dos fatores ambientais nos processos transformativos em cemitérios. Aprovado para publicação na revista "Engenharia e Arquitetura" - Cadernos Ambientais, da Escola de Engenharia de São Carlos.

Pacheco et al., estudam a importância dos solos na implantação de cemitérios. Submetido ao Conselho Editorial do Boletim do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

6. BREVE HISTÓRICO DAS PRÁTICAS DE SEPULTAMENTOS

O que fazer do cadáver? Comê-lo, enterrá-lo no solo, lançá-lo nos rios, embalsamá-lo, conservá-lo nos túmulos selados? Estudos e descobertas arqueológicas vêm desvendando o comportamento do homem em relação aos seus mortos. Através de testemunhos e outros documentos tem sido possível conhecer as práticas funerárias que os povos têm utilizado ao longo dos tempos. Estas evoluíram desde as cavernas até à atualidade, ao sabor das crenças e circunstâncias sociais e econômicas.

Na história européia, o sepultamento sistemático dos corpos parece remontar a 100 mil anos antes da nossa era. As sepulturas no paleolítico (35.000 a 10.000 anos a.C.) eram feitas no solo, no interior de grutas, quando o ambiente o permitia.

A partir de 10 mil anos a.C. (período intermediário entre o paleolítico e o neolítico), apareceram os primeiros cemitérios. As sepulturas são agrupadas, com túmulos individuais e coletivos (Bayard, 1993).

Relativamente aos territórios europeus, a civilização neolítica decorreu desde os 4 mil a 5 mil até os 2 mil anos a.C. Neste período são numerosos os enterramentos isolados ou em série, em campo raso, em grutas naturais, em grutas artificiais, em fossas, casas sepulcrais e em construções megalíticas (Dias, 1963).

Sabe-se também que a cremação de cadáveres era usada e praticada, não tão correntemente como a inumação.

6.1. O fenômeno megalítico

Algumas regiões do Mundo Antigo, entre elas a Europa, conheceram há 5 mil anos antes da nossa era, uma arquitetura monumental constituída por grandes blocos de pedra, conhecidos por megálitos, designação derivada do grego *megas* + *lithos*, que significa pedra grande.

O tipo mais simples daqueles monumentos é o **menir**, do bretão *men* + *hir*, pelo francês *menhir*, bloco comprido implantado verticalmente no solo. Quando repetido em fila, toma a designação de **alinhamento** e, ao multiplicar-se em círculo toma o nome de **cromlech** (Figura 1).

Uma outra família de megálitos é constituída pelo **dólmen**, palavra que em baixo bretão se compõe de *dol*, mesa e *men*, pedra, formados por pedras verticais (esteios - no mínimo três), cobertas por enorme laje (mesa). São túmulos coletivos que se destinavam ao enterramento sucessivo dos membros de uma comunidade e que evoluiu na sua arquitetura ao longo do neolítico. Explorações nestas construções documentam uma grande variedade de práticas mortuárias, como as soluções inumatórias e incineratórias, as mumificações e a colocação de cadáveres comprimidos dentro de potes (Figura 2).

Os homens construtores dos monumentos megalíticos já não viviam à entrada das cavernas, enterravam seus mortos em cemitérios e, por vezes, praticavam a incineração como meio de purificação.

Figura 1. Grande *cromlech* megalítico de Stonehenge, Salisbúria (Grã-Bretanha).

Figura 2. Exemplo da cultura megalítica em Portugal: anta de Santa Marta, Penafiel.

6.2. As pirâmides

Em Merinde Beni Salame, grande povoado situado a ocidente do delta do Nilo e existente 5 mil anos a.C., enterravam-se os cadáveres em simples fossas no meio da povoação, próximos de choças e habitações (Obermaier et al., 1957 apud Dias, 1963). Imagine-se as moléstias decorrentes desta prática insalubre.

No Alto Egito, o sepultamento já era feito em verdadeiras necrópoles.

Após a unificação dos reinos e a criação do império do Egito por Menes, o primeiro rei e faraó e durante as duas primeiras dinastias que vão de 3.188 a 2.815 anos a.C., praticou-se o enterramento arcaico, como anteriormente, em simples covais abertos na terra para todas as camadas sociais. Estas sepulturas constituem as mais antigas necrópoles egípcias.

Como as grandes cheias do Nilo nos terrenos baixos e alagadiços e os ventos nas vastas regiões arenosas provocassem o desenterramento dos cadáveres, ou ainda porque os faraós e cortesãos quisessem melhorar as sepulturas, estas passaram a ser cobertas e protegidas por uma construção de tijolos, gesso e outros materiais (Dias, 1963).

Em plena evolução, após a abertura dos túmulos na rocha dura e a sua cobertura com pedras e construções, se chegou à terceira dinastia, em que o célebre arquiteto Inhotep construiu em Saggarah a primeira pirâmide, em degraus, para túmulo do faraó, a que se seguiram as célebres pirâmides do Egito, construídas na margem esquerda do Nilo, na região da cidade de Mênfis, constituindo sepulturas reais (Dias, op. cit.). As de Gizeh, são as de maior importância pela grandiosidade e imponência.

As pirâmides, por serem túmulos individuais ou para poucas pessoas, não chegaram inicialmente a constituir necrópoles. Porém, perto ou à volta

destas pirâmides construíram-se outras tumbas, mais modestas, formando o conjunto uma necrópole.

6.3. As catacumbas

Na Roma republicana e imperial se praticava o embalsamamento do corpo. Quando isto não ocorria, procedia-se à incineração, recolhendo-se no final as cinzas numa urna a colocar no sepulcro. Em geral não tinha lugar nos territórios romanos a inumação nem o encerramento de cadáveres nos sarcófagos. Assim, se interrompeu a tradição das necrópoles.

Com a difusão do Cristianismo a inumação tornava-se uma realidade.

Os cristãos passam a sepultar os seus mortos nas **catacumbas** de Roma e, depois, fora da cidade, junto das vias de trânsito, como a Via Ápia, em cujas margens foram encontrados vestígios de enterramentos das camadas modestas da população, constituindo uma importante necrópole.

O "cemitério romano" era o lugar onde se sepultavam os cristãos falecidos e abrangia as catacumbas ou outros subterrâneos, bem como os enterramentos feitos nos covais abertos à superfície do solo (Dias, op. cit.)

As **catacumbas** eram grandes galerias subterrâneas ou grutas onde se reuniam e escondiam os cristãos perseguidos ou que não podiam dedicar-se livremente à sua religião. Aqui, sepultavam seus mortos em tumbas ou câmaras sepulcrais ao longo das paredes das galerias ou *criptae*. Os lugares ou cavidades abertas, *loci*, tinham a forma retangular e com dimensões para receber um, dois ou três corpos envolvidos num lençol (Dias, op. cit.)

Os "cemitérios cristãos" tiveram a sua origem no fim do século I.

O III Concílio de Toledo realizado no ano 627, no Cânon 22 estabelece como norma geral da Igreja a inumação.

6.4. As igrejas paroquiais, mosteiros e conventos

Os Antigos, por razões higiênicas sepultavam os seus mortos longe das cidades. A lei das Doze Tábuas dizia: "Que nenhum morto seja inumado nem incinerado no interior da cidade". Esta proibição é retomada no Código de Teodósio (408 a 450), que ordena que se levem para fora de Constantinopla todos os despojos funerários: "Que todos os corpos encerrados em urnas ou sarcófagos, no solo, sejam retirados e colocados fora da cidade".

Segundo o comentário do jurisconsulto Paulo: "Nenhum cadáver deve ser colocado na cidade, para que os *sacra* da cidade não sejam manchados" (Ariès, 1977).

Por aquelas razões os enterramentos na Antiguidade eram sempre fora das cidades, ao longo das estradas, como a Via Ápia, em Roma.

A repugnância à proximidade dos mortos acabou por ceder entre os antigos cristãos. Assim, entre a Idade Média e meados do século XVIII, em plena Europa ocidental, em especial na França, os mortos retornaram ao convívio dos vivos, com a penetração dos cemitérios nas cidades ou vilas. Os sepultamentos começam a ser feitos nas imediações das igrejas, mosteiros e conventos e no interior destes, no solo e sarcófagos de pedra. De acordo com registros históricos, os mortos de situação sócio-econômico-política mais privilegiada eram sepultados nas igrejas ou em suas

imediações, enquanto os pobres eram enterrados em campos afastados, em valas comuns.

Segundo (Ariès, op. cit.), os cemitérios em pleno campo são abandonados, tapados pela vegetação e esquecidos ou então, são usados de vez em quando (em tempo de peste).

Em França, a partir do século XVI, após campanhas médicas sucessivas, em especial, contra os enterramentos nas igrejas, apoiadas em relatos sobre pessoas que morreram por se exporem "a vapores mefíticos" oriundos de corpos em decomposição, um édito de Luís XVI, em 1776, interditou os sepultamentos nas igrejas, mosteiros, conventos e capelas particulares, com exceção dos corpos das entidades eclesiásticas. Caso exemplar, foi o antigo cemitério dos Inocentes, o mais popular e povoado das necrópoles de Paris desde o século XII. Sobre este cemitério, Voltaire disse tratar-se de um vasto lugar consagrado à peste. "Os pobres que morrem de doenças contagiosas são muitas vezes enterrados aqui lado a lado; os cães roem seus ossos. Um vapor espesso, cadavérico, infecto, se exala. É pestilento nos calores do verão, depois das chuvas" (Ragon, 1981).

Como consequência, a geografia dos cemitérios urbanos da cidade de Paris foi substituída pela das necrópoles extra-muros.

6.5. Os cemitérios campais

A proibição dos enterramentos nos templos e a reabilitação dos cemitérios campais (ao ar livre) apareceu na Europa ocidental no século XVIII, por razões higiênicas, fundamentada na "doutrina dos miasmas". Acreditava-se que a matéria orgânica em decomposição, especialmente as

de origem animal, sob a influência de elementos atmosféricos (temperatura, umidade, ventos) formava vapores ou miasmas nocivos à saúde, infectando o ar que se respirava.

6.5.1. A evolução em Portugal

Em Portugal, os inconvenientes sanitários decorrentes do sepultamento de cadáveres dentro das igrejas da cidade de Lisboa, foram apontados pelo Intendente Pina Manique, em 1787, que também defendeu junto do Governo a construção de cemitérios públicos.

Ficou o Intendente Pina Manique como pioneiro dos cemitérios públicos em Portugal, que só não construiu devido à incompreensão e incompetência das autoridades em matéria de saneamento.

Entretanto, sob o influxo dos ares renovadores oriundos da França e da ação de portugueses esclarecidos, paulatinamente, foi surgindo a consciência dos perigos de sepultar cadáveres no interior das igrejas e nos terrenos situados à volta delas.

Só no ano de 1835, com atraso de dezenas de anos, é que o Ministro Rodrigo da Fonseca Magalhães publica os decretos de 21 de setembro e de 8 de outubro mandando construir em todas as povoações cemitérios públicos para neles se enterrarem os mortos, como forma de defender a salubridade pública (Dias, 1963).

A construção de cemitérios públicos em Portugal encontrou, inicialmente, uma série de obstáculos levantados por preconceitos e atrasos arraigados nas populações incapazes de entenderem os problemas sanitários

do país. Entretanto, a necessidade da observação das normas sanitárias acabou por se sobrepor aos sentimentos conservadores.

7. OS CEMITÉRIOS NO BRASIL

A prática de sepultamentos no interior das igrejas e no em torno foi trazida para o Brasil pelos portugueses. Os exemplos são numerosos, especialmente nas cidades coloniais do Estado de Minas Gerais, com destaque para a de Ouro Preto (Figura 3).

Desde o final do século XVIII, os médicos brasileiros começaram a se preocupar com os enterros nas igrejas e suas conseqüências para a saúde das populações.

Em 1798, uma comissão médica a serviço da Câmara do Rio já advertia do perigo. Dois anos depois, foi publicado em Lisboa um pequeno trabalho sobre o assunto, "Memória sobre os prejuízos causados pelas sepulturas dos cadáveres nos templos e methodo de os prevenir", de autoria do mineiro Vicente de Seabra Silva Teles (Reis, 1991).

A leitura de alguns autores dá-nos conhecimento do perigo que corriam as pessoas que iam às igrejas carregadas de "eflúvios mefíticos", produzidos pela decomposição dos mortos ali enterrados e de relatos de epidemias.

Para os médicos, a localização ideal dos cemitérios seria fora da cidade, longe de fontes de água, em terrenos arejados, onde os ventos não soprassem sobre a cidade (Reis, op. cit.). Veja-se nesta opinião uma preocupação com a saúde pública, onde está implícita a questão ambiental.

As insistências constantes dos médicos e outros homens cultos influenciados pelos exemplos sanitários oriundos da Europa, determinaram que em 28 de outubro de 1828, fosse promulgada a lei imperial, que entre

Figura 3. Igreja cemiterial em Ouro Preto (MG).

outras, regulava as matérias referentes às câmaras municipais do Império do Brasil.

O parágrafo segundo do art. 66 daquela lei recomendava que as câmaras municipais elaborassem posturas relativas ao "estabelecimento de cemitérios fora dos recinto dos Templos, conferindo a esse fim com a principal Autoridade Eclesiástica do Lugar" (Reis, op. cit).

A construção de cemitérios campais, distante das cidades fazia parte da higienização das mesmas e da rotina das câmaras municipais, que passaram também a cuidar do saneamento e embelezamento do espaço urbano.

Entretanto, a lei imperial só entrou em vigor anos após sua promulgação, depois de vencer resistências (tal como acontecera na França e em Portugal), sendo a mais conhecida a Cemiterada, que ocorreu em 25 de outubro de 1836. A mesma consistiu em manifestações de protestos por organizações católicas leigas, que se opunham aos enterramentos no novo cemitério campal da cidade de Salvador, na Bahia.

Assim, surgiu o cemitério da Consolação, a primeira necrópole pública construída no Município de São Paulo, no ano de 1858, nos arrabaldes da cidade, longe dos vivos, por razões de salubridade pública. Este cemitério começou a funcionar uma semana antes da sua inauguração, devido a uma epidemia de varíola.

Depois daquele cemitério surgiram outros, públicos e particulares, totalizando, atualmente, 36 necrópoles (14 particulares e 22 públicas). Estes cemitérios (a maioria construída antes do Código Sanitário do Estado de São Paulo, de 1978), ocupam uma área superior a 3 milhões de metros quadrados ou seja, 0,20% da área do Município de São Paulo.

8. OS CEMITÉRIOS COMO RISCO POTENCIAL PARA O MEIO AMBIENTE

Todos os cemitérios são um risco potencial para o meio ambiente, em especial para o aquífero freático.

É inegável que os cemitérios implantados sem os devidos cuidados geológicos e hidrogeológicos podem gerar impactos ambientais, isto é, alterações físicas, químicas e biológicas no meio ambiente.

Classificamos aqueles impactos **como físicos primário e secundário**.

O impacto físico primário ocorre quando há a contaminação das águas (aquífero freático e águas superficiais).

A indução de microorganismos nos recursos hídricos é a principal e a mais preocupante contaminação gerada pelos cemitérios.

No que tange aos aquíferos de maior profundidade, em princípio, estão protegidos da contaminação por necrópoles. Esta poderá ocorrer se houver deficiências técnicas de construção de poços, ou se estes estiverem locados em aquíferos vulneráveis, como rochas fraturadas e com canais de dissolução.

Quanto às águas superficiais, a possibilidade de contaminação é remota para cursos de águas dinâmicas, oxigenadas. Esta possibilidade existe para mananciais estagnados, não arejados. Não conhecemos pesquisas neste contexto.

O impacto físico secundário ocorre quando há a presença de maus odores provenientes da decomposição de cadáveres, que são liberados por problemas relacionados com os sepultamentos.

No Brasil, basicamente, existem dois tipos de sepultamentos - por inumação no solo e por tumulação (Figura 4).

8.1. Inumação no solo

As inumações no solo têm por objetivo permitir a decomposição e o desaparecimento dos corpos segundo as regras de higiene pública.

As informações de caráter pedológico mostram ser a camada superior (terra vegetal), onde se desenvolve a mais intensa atividade microbioquímica, aquela que tem a melhor capacidade de oxidação. Como consequência, ela seria a mais favorável para a destruição dos cadáveres. Entretanto, por várias razões, como a presença de animais escavadores, higiene pública, confinamento de produtos em decomposição, se torna necessário enterrar os cadáveres a maiores profundidades.

De acordo com a legislação funerária do Município de São Paulo, as sepulturas para enterramentos de cadáveres no solo devem ter a profundidade de 1,10 a 1,55 metros, segundo a idade.

Nos grandes cemitérios públicos da cidade de São Paulo, as covas são reusadas periodicamente, o que determina que aquelas profundidades não sejam, muitas vezes, respeitadas. Como consequência, a cobertura de terra sobre as urnas não é suficiente para depurar os "gases mefíticos", daí os maus odores (Figura 5).

Figura 4. Sepultamentos por inumação no solo e tumulação.

Figura 5. Sepultamentos por inumação no solo, sem cobertura de terra adequada, em um cemitério do município de São Paulo.

Os médicos brasileiros que se mobilizaram de forma tenaz para que os enterramentos fossem proibidos nas igrejas e suas imediações, já diziam que os sepultamentos nos cemitérios deviam ser feitos a uma profundidade de sete pés (quatro a cinco pés no caso de enterro com caixão) para cada cova, como forma de facilitar a "refração dos raios miasmáticos" (Reis, op. cit.)

É evidente que a profundidade das covas está em função das condições geológicas. Por isso, quando do projeto de implantação de um cemitério, se torna necessário fazer sondagens mecânicas em diversos pontos da área. Esta prática é importante para a proteção do aquífero freático e para prevenir contra problemas sanitários. A intervenção do geólogo é fundamental.

As nossas observações levaram-nos a refletir que para além da profundidade da cova, a espessura da cobertura de terra sobre o caixão, acima do nível do solo é importante para impedir que os gases funerários atinjam a superfície e que animais possam fossar as campas. Esta cobertura não deve servir apenas como referência do sepultamento, mas também como elemento sanitário. É, principalmente, necessária naqueles sepultamentos que ocorrem a menos de 1,55 metros de profundidade. A falta da profundidade conveniente deverá ser compensada por uma cobertura de terra adequadamente espessa. Esta espessura deverá ser discutida em função da natureza do solo. Não existem trabalhos científicos sobre o assunto.

8.2. Tumulação

Nos novos cemitérios são cada vez mais utilizados os túmulos pré-fabricados de alvenaria ou concreto, enterrados e cobertos por placa de cimento, teoricamente bem seladas, de forma a impedir a emissão para o exterior dos gases provenientes da decomposição dos corpos.

De acordo com a legislação funerária do Município de São Paulo, os túmulos, jazigos e mausoléus, com gavetas ou nichos abaixo do solo não terão mais de cinco metros de profundidade.

Nem sempre aqueles túmulos estão isentos de algumas dificuldades, como a proximidade do nível do freático e riscos de contaminação. Como consequência, os fundos dos túmulos devem ser estanques, como a única maneira de evitar a infiltração e contaminação do aquífero freático. Aquela legislação não foca este aspecto. Assim, se torna necessário suprir esta lacuna.

Naqueles sepultamentos os maus odores ocorrem quando há trincas nas paredes dos túmulos e quando as placas de cobertura não estão convenientemente vedadas, única e exclusivamente por negligência da mão de obra e falta de fiscalização dos serviços sanitários. Este problema técnico permite a infiltração das águas de chuva no interior dos túmulos e pode ser a causa de fenômenos conservadores.

8.3. Os gases funerários

Nos nossos estudos sobre a questão "Cemitério e Meio Ambiente", apenas observamos os problemas relacionados com os sepultamentos que permitem a liberação dos gases funerários, sobre os quais já nos referimos.

Para a identificação daqueles gases recorremos à pesquisa do geólogo Silva (1995). Com base em várias experiências de laboratório, investigação de dados na literatura médica e biológica, medições de campo em várias necrópoles espalhadas pelos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Mato Grosso, Bahia e Pernambuco, este geólogo coletou informações que alimentaram um programa de tratamento estatístico dos dados, permitindo o traçado de gráficos, que ilustram a emanação dos gases ao longo do tempo, a partir do sepultamento.

Para o universo de dados coletados, aquele geólogo considerou os cadáveres de recém-nascidos (peso médio de 3,50 kg), de crianças (peso médio de 30,00 kg) e de adultos (peso médio de 70,00 Kg), não sendo levados em conta o sexo e a *causa mortis*, para uma faixa de temperatura de 18°C a 25°C.

Sintetizando a questão, os principais gases funerários identificados pelos processos analíticos de química convencional, foram o gás sulfídrico (H_2S), o dióxido de carbono (CO_2), a amônia (NH_3), a fosfina (PH_3), as mercaptanas e o metano (CH_4) (Silva, op. cit.). A propósito, os moradores da favela Invasão, parcialmente removida das imediações do cemitério da Vila Nova Cachoeirinha, localizado na zona norte da cidade de São Paulo, se queixavam do fedor que soprava deste cemitério todos os dias, pela madrugada, antes do sol nascer.

9. OS IMPACTOS ESTÉTICO-URBANÍSTICOS E SANITÁRIOS PROVOCADOS POR CEMITÉRIOS

Se nos séculos XVIII e XIX, se pedia que os mortos fossem enterrados longe das vilas e cidades, como forma de proteger os vivos, no século XX, ocorre uma mudança na ecologia funerária com o envolvimento de cemitérios pela expansão da malha urbana, o que provocou e vem provocando impactos estético-urbanísticos e sanitários.

9.1. Os cemitérios clássicos ou tradicionais

Na cidade de São Paulo estão naquela situação os cemitérios clássicos ou tradicionais, situados na área central e construídos no século XIX. Nestas necrópoles existem alamedas pavimentadas ao longo das quais são visíveis túmulos semi-enterrados, mausoléus, capelas, monumentos funerários, ocupando o melhor da superfície disponível e, de uma maneira geral, pouco verde. Como consequência, o ambiente é acinzentado afetando a estética urbana dos locais onde as necrópoles se localizam e gerando impactos psicológicos nas pessoas mais sensíveis à morte.

Naqueles cemitérios há também alguns problemas que podem ter reflexos na saúde de quem circula nos mesmos e nas proximidades.

9.1.1. Proliferação de vetores

A proliferação de insetos e artrópodes em áreas de cemitérios tem sido constatada através de pesquisas realizadas pela Superintendência de Controle de Endemias (SUCEN).

Apesar do artigo 158, do Código Sanitário Estadual (SP), na parte respeitante a cemitérios, proibir a conservação de água nos vasos ornamentais, na maioria dos cemitérios existem vasos de flores contendo água, se constituindo em criadouros de mosquitos. As espécies mais encontradas são o *Culex sp* e o *Aedes sp*, podendo aparecer o *Aedes aegypti*, transmissor da dengue e febre amarela.

Aqueles vasos deviam conter somente areia e flores artificiais.

Segundo informações verbais dos pesquisadores da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, os cemitérios dão uma grande contribuição à proliferação do *Aedes aegypti*. Este mosquito se tornou, em pouco tempo, o maior problema de saúde pública do Brasil.

Classificados como artrópodes peçonhentos, os escorpiões são encontrados em cemitérios, em lugares escuros, úmidos e abrigados. A presença destes aracnídeos se deve à grande quantidade de baratas nas necrópoles. Estes ortópteros são o alimento preferido do *Tityus serrulatus*, uma espécie de escorpião considerada como das mais perigosas do mundo.

Tem-se observado que em residências localizadas nas proximidades de cemitérios há criadouros de escorpiões. Pode-se encarar as necrópoles como centros geradores de artrópodes peçonhentos.

Diante da realidade apresentada e por razões sanitárias há necessidade que os municípios promovam, periodicamente, a desinfecção dos seus cemitérios.

9.1.2. Resíduos de cemitérios

Os resíduos (lixo) de cemitérios a que nos referimos não diz respeito à matéria orgânica do cadáver em decomposição, mas sim ao lixo proveniente da operação das necrópoles.

As preocupações de caráter higiênico em cemitérios envolvem diversas ações, entre as quais estão os cuidados com a disposição de resíduos gerados na operação das necrópoles (roupas que vestiam os cadáveres, restos de caixões, varrição, flores e outros).

Aqueles resíduos devem merecer a atenção das autoridades sanitárias, pois a disposição dos mesmos não é adequada na maioria dos cemitérios municipais brasileiros. Em alguns, o lixo é acumulado a céu aberto, em um canto, ou em *containers* à espera de remoção que pode durar dias (Figura 6). Em outros, os resíduos são enterrados ou, inadequadamente, incinerados no local. A acumulação de restos de caixões de madeira, metálicos (usados para mortos por doenças contagiosas ou violentas) e outros resíduos funerários, sem o mínimo de cuidado, mesmo que temporária, é inaceitável do ponto de vista higiênico e sanitário, porque a mesma é um foco de fungos e bactérias. Além disso confrangem as pessoas que vão aos cemitérios visitar os seus mortos.

Em qualquer das práticas, a remoção do lixo parece ser de inteira responsabilidade dos serviços funerários dos municípios, que na maioria das vezes dispõem os resíduos em lixões. No Município de São Paulo, o lixo é enviado para o Aterro Sanitário Bandeirantes, de permeio aos resíduos domiciliares, sem cuidados ou precauções especiais.

Figura 6. Restos de caixões metálicos acumulados a céu aberto e *container* com lixo à espera de remoção num cemitério municipal (SP).

Quanto aos cemitérios particulares, em alguns o lixo é enterrado no interior dos mesmos e em outros são incinerados, como recomenda a Norma CETESB - L 1.040/98, que estabelece procedimentos para implantação de cemitérios. De acordo com esta norma, todos os resíduos sólidos gerados pela operação de necrópoles devem ser enterrados ou incinerados no próprio local ou retirados por empresas especializadas na destinação de resíduos de serviços de saúde.

Entretanto, é preciso considerar o caso de cadáveres portadores de marcapassos com acionamento por fonte energética nuclear, cuja remoção pré-sepultamento ainda não foi cogitada. É comum encontrar próteses cardiológicas em aterros, misturadas aos resíduos domiciliares.

9.2. Os cemitérios - parque

Estes cemitérios têm um aspecto menos austero que as necrópoles tradicionais. Se caracterizam por zonas com belos gramados, muitas árvores, onde os sepultamentos são feitos por tumulação (subterrâneos) e referenciados por uma simples placa de bronze. São necrópoles particulares onde os túmulos são vitalícios.

Aqueles cemitérios se sobrepõem aos tradicionais, em termos estéticos, encaixando-se de forma harmônica no contexto urbano, por ser uma zona verde. Estamos assistindo de forma progressiva à substituição da arte funerária (típica dos cemitérios tradicionais), pela natureza.

Com efeito, os arquitetos e urbanistas de cemitérios estão querendo integrar os cemitérios - parque (verdadeiros jardins), no meio ambiente

urbano. São as necrópoles paisagísticas, com o naturalismo dos jardins funerários.

Quais as vantagens destes cemitérios em termos de impactos ambientais? (1) o visual é sadio; (2) as possibilidades de contaminação da atmosfera por gases e do aquífero freático por microorganismos está na dependência do projeto de implantação e operação das necrópoles.

Os cemitérios - parque requerem bastante água para atenderem aos espaços verdes e floridos. Naquelas necrópoles cujo plano de regadio prevê o uso da água subterrânea, é indispensável a colaboração do geólogo na locação do poço, como garantia sanitária.

10. O PROCESSO BIOLÓGICO DA CONTAMINAÇÃO

Para se conhecer as razões científicas pelas quais os cemitérios podem contaminar as águas, se tornou necessária, indispensável a leitura de tratados de medicina legal, entre os quais destacamos o de Fávero (1991). Estes assuntos não são tratados pela literatura geológica.

As preocupações com a saúde pública estão limitando cada vez mais os riscos de epidemia, através da generalização do saneamento básico. Isto é evidente nos países desenvolvidos.

Entretanto, a decomposição de cadáveres em cemitérios onde os sepultamentos são numerosos, como o de Vila Formosa, o de Vila Nova Cachoeirinha e de São Luís, localizados no Município de São Paulo, põem problemas sanitários graves. Estes exigem a atenção dos geólogos e sanitaristas.

O cadáver sepultado está sujeito a processos transformativos destrutivos e conservadores que ocorrem dentro de um ambiente fechado.

10.1. Processos transformativos destrutivos

Entre aqueles processos, no que tange às nossas pesquisas, interessa somente o putrefativo (destruição, decomposição) de ordem físico-química, que se caracteriza pela atuação de microorganismos.

A putrefação de um cadáver inicia-se com as bactérias endógenas intestinais, do tipo saprófitas, principalmente, enterobactérias. A esta fase anaeróbia segue-se a atuação de bactérias aeróbias-anaeróbias facultativas

da família *Neisseriaceae* e *Pseudomonadaceae* e outras anaeróbias do gênero *Clostridium*. Estes microorganismos são originários do cadáver e do meio circundante.

Evidentemente, no caso de morte por moléstia contagiosa ou epidemia estão presentes os agentes da infecção, que competem com outros organismos como algas, protozoários, fungos, bactérias, alguns dos quais são seus depredadores ou convivas.

A destruição natural dos corpos tem uma seqüência normal : período de coloração, período gasoso, período coliquativo e período de esqueletização.

Vejamos os três últimos, que os médicos consideram resultantes de ações químicas, que são ampliadas por numerosos processo microbiológicos ativos.

10.1.1. Período gasoso

Naquele período, os gases que se desenvolveram no interior do cadáver começam a se espalhar por todo o corpo, conferindo ao cadáver um aspecto gigantesco, ocorrendo a ruptura das paredes abdominais, às vezes com um ruído característico ("estouro cadavérico"), muitas vezes escutado pelas pessoas que freqüentavam as igrejas, quando nestas se faziam sepultamentos no seu interior.

A fase gasosa desenvolve-se por uma prazo de três a quatro semanas, liberando os gases cadavéricos já descritos.

10.1.2. Período coliquativo

A coliquação é a dissolução pútrida das partes moles dos cadáveres, pela ação conjunta da fauna necrófaga.

Três quartas partes do corpo humano são constituídas por água. Naquele período ocorre a formação de um líquido intermitente, liquame funerário ou necrochorume, cujo volume está em função do tamanho do corpo. Alguns números nos foram passados, mas não temos certeza da veracidade dos mesmos, razão pela qual não os mencionamos.

No período coliquativo, de duração mais longa (dois a oito anos), além dos germes putrefativos, há também grande presença de larvas e insetos conhecidos por "fauna dos túmulos" ou "fauna cadavérica", que são coadjuvantes no processo da decomposição.

Certos insetos necrófagos podem atingir a superfície, tais como o *Phoras* e *Rhizophages*, coleópteros frequentes nos túmulos e cemitérios.

Os tratados de medicina legal descrevem oito grupos distintos, denominados de legiões. Segundo Mégnin (1894) apud Ottmann (1987), existem mais de 3500 espécies que atacam os cadáveres ao ar livre, nos diferentes estados de decomposição.

10.1.3. Período esqueletização

Aquele período segue-se após a destruição da matéria orgânica e pode durar vários meses a vários anos, dependendo em grande parte das condições ambientais.

O residual da matéria orgânica dos ossos costuma liberar fósforo sob a forma de fosfina (PH_3), a qual reage com o oxigênio atmosférico dando origem a um fenômeno luminoso e de curta duração, conhecido por "fogo-fátuo". Este fenômeno é muitas vezes visível no cimo das sepulturas. Quando da construção da estação do metrô, próxima ao cemitério do Araçá, era possível ver nas paredes da galeria o "fogo fátuo".

A ossatura dos esqueletos, através da sua porção mineral, pode induzir carbonato de cálcio para o aquífero freático.

As águas ácidas atacam o esqueleto, enquanto as águas e os solos calcários asseguram a conservação do mesmo (ossadas pré-históricas têm sido encontradas em grutas calcárias).

10.1.4. Fatores que interferem no processo putrefativo

Há um conjunto de fatores que concorrem para acelerar ou retardar o processo putrefativo. Uns são intrínsecos, pertinentes ao cadáver e outros extrínsecos, ligados ao meio ambiente.

Em relação aos fatores ambientais, a temperatura, a umidade, a ventilação e o solo são aqueles que mais influem no processo putrefativo.

Temperatura

Segundo a literatura especializada, a temperatura é indispensável no processo putrefativo. Este pode efetuar-se nas temperaturas acima de 0°C . e até 100°C . , mas as de 15°C . a 25°C são as mais favoráveis.

"As temperaturas de 100°C e daí para cima produzem a decocção, excicação ou incineração, conforme as circunstâncias a que se sujeitar o cadáver; abaixo de 0° gelam-se os líquidos e o cadáver conserva-se neste estado: e por isso a decomposição dos cadáveres é tão demorada no inverno e tão rápida no verão" (Dr. Macedo Pinto, s.d. apud Dias, 1962).

Os corpos humanos contêm, em média, 10 kg de proteínas, 5 kg de gorduras e 0,5 kg de carboidratos (Van Hooren, 1951 apud Bower, 1978). Este autor, baseado em observações e análises de difusão do O_2 , estimou que a bio-oxidação destes elementos requeria um tempo aproximado de dez anos, para um enterramento feito à profundidade de 2,50 metros em solo predominantemente arenoso, sob as condições climáticas da Holanda, isto é, em temperatura fria, onde a decomposição é mais lenta.

Em regiões de temperaturas quentes durante grande parte do ano, como acontece no Brasil, a decomposição demora, em geral, três anos. Isto permite, por exemplo, que no Município de São Paulo se faça a exumação das ossadas das sepulturas gerais ao fim deste tempo, apesar da legislação determinar cinco anos para adultos.

Rodriguez et al. (1984), enterraram seis cadáveres a profundidades diferentes. Constataram no período de um a dozes meses, que o tempo de decomposição dos corpos crescia em profundidade e dependia de um conjunto de fatores, entre os quais, a temperatura ambiente.

A constatação daqueles autores é corroborada pelas nossas observações: cadáveres sepultados por inumação a profundidades inferiores a 1,55 metros, se decompõem mais rapidamente. A ação da fauna cadavérica é também maior.

Cabe a pergunta: nas nossas condições climáticas qual a profundidade em que a putrefação é retardada? É um assunto para discussão e pesquisa.

Umidade

A umidade relativa é importante para o desempenho dos microorganismos degradadores de matéria orgânica e sobrevivência dos mesmos. O excesso de água na sepultura, assim como o déficit, são altamente prejudiciais à putrefação, retardando este processo através dos fenômenos conservadores.

Ventilação

A ventilação ou aeração dos cadáveres propicia a ação dos microorganismos aeróbios, acelerando a decomposição do corpo. Esta é mais rápida nos sepultamentos por inumação no solo do que nos por tumulação, onde o cadáver fica substancialmente isolado do ar atmosférico.

Rodriguez et al. (op. cit.), também constataram a importância dos insetos necrófagos na aceleração da putrefação dos cadáveres. A proliferação daqueles está na dependência da aeração da sepultura.

Solo

Em geral, o solo reúne condições naturais para degradar a matéria orgânica enterrada na zona não saturada. No entanto, algumas situações poderão surgir e dificultar a implantação adequada do cemitério.

Há solos que dificultam a putrefação, como os argilosos, que são terrenos porosos e impermeáveis. Outros, facilitam este processo.

O terreno compacto é um excelente envoltório do cadáver, em termos conservadores e sob o ponto de vista da exalação dos gases pútridos.

O solo correto para um cemitério é aquele que tem características de permeabilidade, permitindo o acesso regular do oxigênio necessário para uma combustão lenta.

Mais adiante voltaremos ao assunto face à importância fundamental do solo nos processos transformativos.

10.2. Processos transformativos conservadores

A questão dos corpos conservados tem sido discutida à luz da igreja, da medicina e da antropologia. Resta ouvir a palavra da geologia, as explicações científicas da mesma.

10.2.1. Mumificação

Mumificação é o ato de mumificar, de converter em múmia (corpos embalsamados pelos antigos egípcios). Esta pode ser natural ou artificial.

As mumificações naturais ou espontâneas aparecem em condições de clima quente, com temperatura invariável. Segundo Fávero (1980), a mumificação está "relacionada à falta de umidade suficiente para permitir o desenvolvimento dos germes putrefativos. Ademais, ocorre, por vezes, o arejamento intensivo do local, onde o cadáver se acha, a elevação da temperatura e a facilidade que o terreno pode apresentar na absorção dos líquidos que do cadáver surgem."

As temperaturas elevadas e os terrenos arenosos de regiões desérticas são propícios à mumificação.

Informações verbais dão conta que os solos ricos em nitrato de potássio, também são propícios à mumificação, devido a ação antisséptica deste sal.

Têm sido encontradas múmias naturais sem ataúdes, depositadas simplesmente no solo, ou em cavernas, ou em catacumbas. São exemplos clássicos as múmias dos desertos do Saara, Gobi e Atakama.

Nas nossas pesquisas sobre a influência dos fatores ambientais nos processo transformativos em cemitérios, fomos informados sobre a existência de corpos mumificados em sepultamentos por inumação no solo e por tumulação. Temos que pôr algumas reservas nas informações prestadas no que tange aos sepultamentos por inumação, porque os solos nos quais os cemitérios estudados estão implantados não são propícios à mumificação.

Em relação aos sepultamentos por tumulação, é possível a ocorrência da mumificação nos túmulos acima do solo, expostos aos longos e quentes verões.

Entretanto, Dorea (1995), diz que a mumificação ocorre, também, após certos tipos de morte, como os determinados por hemorragia aguda, face à grande perda, que esta acarreta, de considerável massa líquida do organismo. "Do mesmo modo, a mumificação é favorecida em caso de morte que tenha como causa a intoxicação por substâncias que impedem a proliferação microbiana, dentre elas o arsênico, a estricnina, o antimônio e outras."

Diante da afirmação de Dorea (op. cit.) deveremos aceitar como verídicas as informações sobre a existência de múmias nos cemitérios estudados? Só a visualização permitiria tirar quaisquer dúvidas. Interessante

registrar, que os funcionários das necrópoles explicam os processos conservadores (mumificação e saponificação) dizendo, "tomaram muito antibiótico."

Nas mumificações artificiais os corpos são submetidos a processos de embalsamamento, de modo a ficarem incorruptíveis. Segundo Ariès (1977), entre os casos de incorruptibilidade normal, há aqueles que devem à arte: a evisceração com ou sem embalsamamento, ou seja, introdução de aromas.

Desde o terceiro milênio a.C., os egípcios praticaram a conservação de cadáveres mediante o tratamento com óxido de sódio, asfalto, cera de abelha e produtos de cedro. Os egípcios levaram a mumificação a um alto grau de perfeição, cuja técnica usada ainda hoje é um mistério.

Nos Estados Unidos da América, até 1910, foi utilizada uma solução de arsênico no embalsamamento dos corpos, cerca de um quilo e meio por corpo. Como consequência, este elemento químico pode ter sido arrastado para as águas subterrâneas pela ação das chuvas (Konefes, 1991). Este autor chamou a atenção para o problema, afirmando que os antigos cemitérios americanos podem estar contaminando o aquífero freático.

Hoje em dia emprega-se um método mais simples na mumificação de cadáveres, o aldeído fórmico. Este produto químico está sendo encontrado cada vez mais no aquífero freático. As funerárias têm procedimentos próprios no embalsamamento dos corpos (não normatizados). Consequentemente, são utilizadas soluções de formol com concentrações superiores a 30%.

Nos Estados Unidos o embalsamamento é comum; na Inglaterra a prática atinge os 50%; na França é raro e não pode ser praticado sem a autorização do *maire* ou prefeito da polícia (Bayard, 1993). No Brasil são

raros os casos de embalsamamento. Conhecemos a existência de alguns em necrópoles da Região Metropolitana de São Paulo.

10.2.2. Saponificação

A saponificação, também conhecida de adipocera (gordura de aspecto céreo), foi primeiramente descrita por Fourcroy em 1786 (De Melo, 1985). Este fenômeno ocorre quando o cadáver é sepultado em ambiente pantanoso. O solo argiloso, poroso e impermeável, quando saturado de água, facilita este fenômeno, que pode iniciar-se entre um e dois meses. O excesso de umidade inibe a atuação de microorganismos degradadores de matéria orgânica.

Quimicamente, a saponificação é a transformação da gordura em sabão. Segundo Muñoz (1992), a gordura no tecido adiposo está armazenada na forma de glicerol e ácidos graxos - triglicerídeos. Determinadas condições ambientais favorecem a decomposição dos triglicerídeos, liberando ácidos graxos, que se unem a alguns minerais do organismo, como o cálcio, magnésio e outros formando o sabão.

A saponificação é frequente nos cemitérios da Região Metropolitana de São Paulo.

O jornal a Folha de São Paulo, de 4 de março de 1990, na página cidades C - 3, noticiou a exumação do corpo de uma mulher que tinha sido enterrada há dois anos no cemitério de Vila Formosa, localizado na zona leste do Município de São Paulo. Segundo o jornal, o cadáver estava sepultado em terreno argiloso, perto de uma mina de água, preservado,

saponificado. Não há nenhum milagre nesta ocorrência, perfeitamente explicável pela ciência geológica.

Aquele cemitério, onde são feitos sepultamentos por inumação, está implantado na Bacia Sedimentar de São Paulo, onde o solo é formado por sedimentos predominantemente argilosos. Quatorze sondagens elétricas, feitas em 1990, no contexto de nossas pesquisas, detectaram aquíferos suspensos na zona não saturada, muito próximos à superfície, enquanto o nível de água estava entre quatro e doze metros de profundidade, variando em função da cota do ponto investigado. A Figura 7 mostra a captação do aquífero suspenso no cemitério de Vila Formosa, cuja água é utilizada na rega, higiene e para beber por aqueles que trabalham e frequentam a necrópole.

Análises bacteriológicas feitas pelo Departamento de Microbiologia Ambiental do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, detectaram naquela água coliformes fecais, proteolíticos e lipolíticos em pequeno número. A montante da bica de água está uma quadra de sepultamentos por inumação no solo.

O corpo da mulher saponificado é um de muitos casos que ocorrem, como consequência de sepultamentos feitos nas proximidades ou dentro dos aquíferos suspensos, que se caracterizam por ambientes encharcados.

Figura 7. Bica de água de aquífero suspenso no Cemitério Vila Formosa.

No cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, situado na cidade de São Paulo, na zona norte, onde também são feitos sepultamentos por inumação, segundo informações dos funcionários que trabalham na necrópole, de trinta corpos exumados, em média, sete permanecem saponificados. A saponificação ocorre, em geral, nos corpos sepultados nas zonas mais baixas do cemitério, onde o nível de água é muito alto. Seis sondagens elétricas detectaram este nível a profundidades variando entre quatro e nove metros, o que caracterizou a existência de aquífero suspenso no local. Este fato ficou evidente quando o nível de água foi encontrado a cinco metros de profundidade, em perfurações para instalação de poços de monitoramento, em quadras onde os sepultamentos tinham sido suspensos devido à presença de água a menos de um metro.

No cemitério Nova Necrópole Recanto do Silêncio, em Itapequerica da Serra, em 1992 fomos solicitados através do Disc Tecnologia da Universidade de São Paulo para atendermos uma solicitação do Prefeito do município, segundo o qual, cerca de 70% de corpos sepultados por tumulação (túmulos subterrâneos) estavam saponificados, dificultando o reuso dos túmulos. A causa do alto índice de saponificação estava nas águas residuais das chuvas, que se infiltravam pela laje de cobertura, acumulando-se nas gavetas superiores, impedindo o processo normal da decomposição de cadáveres. O problema foi resolvido corrigindo a drenagem natural e artificial, como forma de evitar a entrada de água nos túmulos.

Somos de opinião que as águas dos drenos nunca devem ser lançadas em córregos sem o tratamento higiênico adequado, principalmente, quando próximo das correntes vivem populações.

A saponificação também ocorre nos sepultamentos em columbários (túmulos aéreos). Segundo o Aurélio (1999), o columbário, entre os

romanos, era um edifício cavado na rocha, ou subterrâneo e guarnecido de nichos destinados a receber urnas funerárias: o columbário da Via Ápia.

Quando a construção dos columbários é precária, feita de tijolo, com trincas e mal vedados, há infiltração de águas pluviais que podem desencadear a saponificação. Este quadro foi encontrado no cemitério municipal de Diadema.

Silva (1995), diz ter constatado 187 casos de corpos conservados, para um universo de seiscentos cemitérios estudados em nove estados brasileiros.

No que tange ao Estado de São Paulo foram encontrados 55 casos, o maior número. Aquele autor não diz se os casos encontrados são apenas saponificações, ou mumificações, ou ambos.

Segundo Dorea (1995), a saponificação cadavérica tem grande importância médico-legal e pericial pelo fato da conservação do corpo, que permite a identificação do mesmo pelos traços fisionômicos e pelas impressões datiloscópicas.

10.2.3. Corpos conservados dificultam o reuso de sepulturas

A ocorrência de corpos conservados, em especial os saponificados, cria problemas de reuso de sepulturas nos cemitérios municipais. Em geral, os corpos são exumados ao fim de três anos. Se os mesmos estiverem saponificados, serão enterrados por mais dois anos. Este quadro desencadeia grande desequilíbrio na sistemática de reuso das covas. Como consequência, alguns cemitérios estão com problemas de saturação, porque também não dispõem de espaço útil.

Em algumas necrópoles é utilizada a "cal queimada" (hidróxido de cálcio), sem nenhuma eficácia como oxidante no processo de decomposição da matéria orgânica. Esta cal é obtida pela hidratação da cal virgem, segundo a reação:

A cal hidratada dificulta o processo de decomposição do corpo, devido ao envolvimento do mesmo por uma camada delgada de hidróxido de cálcio (casca de defunto).

Silva (1995), sugere, como coadjuvante no processo natural de decomposição de cadáveres, oxidantes energéticos, como o peróxido de cálcio (CaO_2), em estado pulverento, de ampla disponibilidade no mercado nacional e inócuo para o solo e águas subterrâneas. A decomposição deste produto químico é influenciada pelas propriedades físico-químicas da água e pela sua turbulência.

Cabe aos administradores dos cemitérios municipais testarem aquele oxidante energético proposto pelo geólogo Silva e, assim, resolverem o problema da saponificação e, conseqüentemente, do reuso das covas.

10.2.4. Corpos conservados - Risco potencial para o aquífero freático?

Vimos que determinadas condições ambientais propiciam a mumificação e saponificação dos corpos sepultados. Quisemos saber se estes poderiam provocar a contaminação do aquífero freático.

Procuramos na literatura médica a informação desejada e a mesma não foi encontrada. Apenas Silva (1995), diz "Os fenômenos conservativos, além dos aspectos estéticos, psicológicos e operacionais, implicam na contaminação potencial, principalmente, pela carga virótica não neutralizada e a sua eventual percolação e disseminação pelo fluxo do lençol freático." O autor não detalha a informação.

Refletimos sobre o assunto e levantamos a possibilidade da ocorrência nos corpos mumificados de vírus no estado inerte e de fungos. Nos túmulos de múmias com mais de quatro mil anos de existência foram encontrados fungos, como o *Aspergillus niger*, que a princípio se julgou ser um vírus. Na realidade é um fungo filamentoso. O risco de contaminação estaria na possibilidade de reativação dos vírus e na presença de fungos?

Sabe-se que os fungos não produzem doenças graves. No entanto, podem gerar problemas de saúde naquelas pessoas com deficiências imunológicas

Quanto aos corpos saponificados, face à presença de gordura e umidade, parece lógico a ocorrência de microorganismos. Daí a possibilidade de contaminação do meio aquoso?

Segundo um legista português, os corpos mumificados não transmitem doenças, pois seria um absurdo levantar problemas de Saúde Pública: "Está mumificado, não há problema, mas era preciso ver o caso concreto."

Se os corpos conservados contaminam ou não o aquífero freático, é um projeto de pesquisa a ser desenvolvido futuramente.

11. O PROCESSO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA

Vejamos como pode ocorrer a contaminação do aquífero freático.

Como foi dito anteriormente, o corpo sepultado, no período coliquativo, libera um líquido funerário, a que se deu o nome de necrochorume, por analogia com o chorume, líquido proveniente da decomposição do lixo orgânico.

11.1. Necrochorume

Nunca visualizamos um cadáver liberando o necrochorume e nem fizemos qualquer pesquisa nesse sentido. Entretanto, nas coletas de amostras de água do freático de cemitérios para análises microbiológicas e em alguns afloramentos, sentimos o odor fétido conferido por este líquido.

Segundo Silva (op. cit.), o necrochorume que é mais viscoso que a água, de cor acinzentada a acastanhada, cheiro acre e fétido e com densidade média de $1,23 \text{ g/cm}^3$, tem a seguinte constituição:

Água	60%
Sais minerais	30%
Substâncias orgânicas degradáveis (incluindo a cadaverina e a putrescina).....	10%

Em relação àqueles constituintes destacam-se duas diaminas muito tóxicas: a putrescina (1,4 Butanodiamina) e a cadaverina (1,5

Pentanodiamina), dois venenos potentes para os quais ainda não se dispõe de antídotos suficientes (Ottmann 1987). Com efeito, segundo relatos históricos, na Idade Média, Lucrécia Borgia promovia a destilação de cadáveres para a obtenção de tais venenos, os quais utilizava para eliminar os seus inimigos, por vezes combinados com sais de chumbo, para potencializar a sua toxicidade.

Silva (1998), avaliou o grau de toxicidade do necrochorume em solução aquosa, através de ensaios, com ratos de laboratório, a fim de determinar os efeitos e o chamado índice "LD50 oral". Foram montados gráficos que mostram que a mortalidade na população de ratos foi muito grande, para uma solução aquosa a 30% de necrochorume humano, a 25° C., com LD50 = 56,00 mg/kg.

Por outro lado, o necrochorume face à sua composição propícia a sobrevivência de microorganismos presentes nos cadáveres em putrefação, que podem atingir o aquífero freático, segundo as condições geológicas do meio.

No entanto, parece, segundo Derobert (sd), que o perigo do necrochorume seja devido mais ao germes e riscos infecciosos dos mesmos, do que à toxicidade daquelas diaminas.

Consequentemente, o necrochorume, se caracteriza pela sua periculosidade. É um líquido contaminador.

11.2. Como deve ocorrer a contaminação do aquífero freático pelo necrochorume

Nos sepultamentos por inumação no solo, constatamos, basicamente, duas situações a partir das quais pode ocorrer a contaminação do aquífero freático e que estão representadas na Figura 8.

Em A, pela ação das águas das chuvas há uma lavagem da sepultura e transporte do necrochorume para o solo e subsolo.

Em B, onde o nível do freático está menos profundo, a infiltração das águas das chuvas pode determinar a subida deste nível, a inundação da sepultura e posterior saponificação do cadáver. A Figura 9, mostra o afloramento do aquífero freático numa sepultura vazia num cemitério do Município de São Paulo.

Ocorrendo um aporte do necrochorume solúvel em água no aquífero, dadas as relações de viscosidade e densidade, formam-se manchas contaminadoras migrantes - plumas de contaminação - como mostra a simulação da Figura 10 (Silva, op. cit.).

Ainda não se conhece com detalhes a migração do necrochorume no meio físico. Não conhecemos literatura geológica ou hidrogeológica que descreva o processo.

Na zona não saturada do solo, a infiltração é feita pela ação da gravidade.

Figura 8. Duas situações de sepultamento por inumação no solo a partir das quais pode ocorrer a contaminação do aquífero freático.

Figura 9. Afloramento do aquífero freático no Cemitério Vila Formosa.

Figura 10. Pluma de contaminação migrante no subsolo. Fonte: Silva, 1986.

Na zona saturada deve acompanhar a direção do fluxo, mas devem existir variações na densidade e dispersão ao longo do percurso e redução final a água e sais minerais. No que tange aos microorganismos, a sobrevivência dos mesmos estará na dependência de um conjunto de fatores, entre os quais, destacamos a permeabilidade do meio geológico.

Um dos nossos objetivos é o desenvolvimento de programas (softwares), objetivando a avaliação do movimento da mancha de contaminação do necrochorume e da sobrevivência e retenção dos microorganismos (bactérias e vírus) no não saturado e zona de saturação.

Qual o comportamento do necrochorume nos sepultamentos por tumulação? Segunda Silva (op. cit.), este líquido confinado nos jazigos seca naturalmente, ocorrendo a polimerização, com redução a pó. Constatamos nos sepultamentos em columbários mal construídos, que o necrochorume que vaza das urnas infiltra-se nas paredes porosas da construção funerária, conferindo às mesmas uma coloração escura, que irradia mau cheiro e atrai nuvens de insetos. É uma situação altamente insalubre e que ocorre com frequência neste tipo de sepultamento.

Para além de uma implantação hidrogeoambiental adequada do cemitério, é desejável que os túmulos possuam uma boa estanqueidade, de modo que o necrochorume não vaze para o solo.

Consideremos a contaminação do aquífero freático por um cemitério e que a água flui para a área externa do mesmo. Se for captada por um poço raso, as pessoas que fizerem uso da água correrão sérios riscos de saúde (Figura 11).

Figura 11. Aquífero freático contaminado por cemitério.

—v— Em Paris, o antigo cemitério dos Inocentes, incrustado no centro da cidade, foi desativado em 1780, porque para além dos maus odores e saponificação dos cadáveres, a água dos poços do quarteirão onde se situava a necrópole estava imprópria para consumo, por causa das infiltrações provenientes do interior da mesma (Ragon, 1981).

Em 1853, o Prefeito Haussmann nomeou uma comissão para procurar nos arredores da cidade de Paris, lugares adequados para implantação de cemitérios. Os três engenheiros que redigiram o relatório (entre os quais Belgrand, o criador dos esgotos parisiense), começaram por condenar as três necrópoles urbanas (Père-Lachaise, Montparnasse, Montmartre), por infectarem o aquífero freático pela infiltração de matérias orgânicas em decomposição. Os poços destes quarteirões, situados a jusante do fluxo hidráulico subterrâneo proveniente dos cemitérios, captavam água suja utilizada pelas populações pobres no usos domésticos (Ragon, 1981). Como consequência, Haussmann quis desativar as três necrópoles.

Mulder (1954) apud Bower (1978), noticia a contaminação de águas subterrâneas por cemitérios, nas proximidades da cidade de Berlim, no período de 1863 a 1867, com uma epidemia decorrente de febre tifóide. Menciona ainda a contaminação de poços situados nas proximidades de cemitérios da cidade de Paris, cujas águas tinham odor desagradável e sabor adocicado, principalmente, nos períodos de estiagem.

Na década de 70, higienistas constataram que comunidades francesas deviam sua endemia de febre tifóide ao posicionamento de cemitérios em relação às fontes de água (Person, 1979). Estas fontes consistiam em poços rasos e fontes (afloramentos do aquífero).

Na periferia dos grandes centros urbanos brasileiros há o "convívio" de cemitérios com a população de baixa renda que não dispõe de

saneamento básico. Via de regra, usam água a partir de poços escavados e de nascentes (afloramento do aquífero freático), que devem receber substâncias lixiviadas do solo e subsolo das necrópoles. Alguns cemitérios funcionam como fundo de quintal de favelas ou de lugar de moradia. É um quadro deplorável que carece de atenção urgente por parte das autoridades sanitárias.

Em São Paulo, há notícias de ocorrência de vetores de poliomielite no subsolo do Bairro da Barra Funda, na profundidade de quarenta metros. Na baixada do Pacaembu, num poço artesiano, verificou-se a presença de agentes da hepatite, na profundidade de setenta metros, em rochas cristalinas fraturadas (Silva, 1995). Há relação com a proximidade do cemitério do Araçá ?

No Quadro 1 estão indicadas as doenças de veiculação hídrica.

Quadro 1. As doenças veiculadas pela água.

Doenças	Agente causador
Amebíase	<i>Entamoeba hist</i> (Protozoário)
Diarréia	<i>Shigella, Escherichia coli</i>
Febre tifóide	<i>Salmonella typhi</i>
Febre paratifóide	<i>Salmonella paratyphi</i>
Hepatite infecciosa	Vírus A e B
Poliomielite	Poliovírus
Leptospirose	<i>Leptospira icterohaemorrhagiae</i>

Fonte: Bitton & Gerba (1984), modificado.

12. O SOLO COMO DEPURADOR DE CONTAMINANTES

As propriedades físico-químicas do solo permitem que o mesmo tenha uma capacidade de depuração natural dos contaminantes. Esta característica é reforçada por uma atividade microbiológica intensa, que ocorre sobretudo na zona aeróbia da superfície, ou seja, na camada vegetal.

No que tange aos microorganismos, a filtração mecânica e a adsorção são processos importantes na retenção dos mesmos. A eficácia destes processos tem sido estudada por pesquisadores, os quais têm posto em evidência a importância do tipo de solo. Para dar um exemplo relacionado com cemitérios, Schraps (1972), em estudo feito num cemitério na Alemanha Ocidental, constatou a contaminação bacteriológica do aquífero aluvionar (Tabela 1).

Tabela 1: Redução do número de bactérias com o afastamento dos túmulos.

Redução do número de bactérias com o afastamento da amostragem, relativas aos túmulos	Distância dos túmulos aos pontos de amostragem da água subterrânea
8000	0,50
6000	2,50
3600	3,50
1200	4,50
180	5,50

Fonte: Schraps (1972).

Os ensaios de Schrapls mostraram que o solo aluvionar granular possui uma capacidade de filtração mecânica das bactérias, reduzindo o número das mesmas com a distância em relação a uma fila de sepultamentos.

A capacidade de retenção mantém uma relação inversa com a permeabilidade. Assim, o coeficiente de permeabilidade das areias grosseiras e cascalhos varia de acordo com a sua granulometria, de 0,86 a 864,00 metros/dia; as areias finas apresentam um coeficiente oscilando de $8,64 \times 10^{-5}$ a 0,86 metros/dia, enquanto as argilas apresentam coeficientes da ordem de $8,64 \times 10^{-7}$ a $8,64 \times 10^{-5}$ metros/dia. A presença das argilas no solo permite fixar um grande número de produtos de decomposição e assegurar uma boa depuração das águas.

A infiltração de material contaminante em um terreno arenoso se faz com velocidades um milhão de vezes superiores às que ocorrem nas argilas, ou seja, os processo de retenção de microorganismos são mais eficientes nos solos argilosos do que nas areias e cascalhos. Neste sentido, os aquíferos formados por grandes interstícios, por fraturas e canais de dissolução (karsts) são vulneráveis à contaminação.

A capacidade de depuração do solo em relação aos microorganismos é função de um conjunto de condições, onde se destacam a litologia, a aeração, a redução de umidade, a ausência de nutrientes e outras. Quando estas condições não são favoráveis, os efeitos estabilizadores poderão ser insuficientes para a eliminação de microorganismos patogênicos oriundos de cadáveres.

Assim, estabelecem-se condições propícias à contaminação dos aquíferos facilitada nas épocas chuvosas, em decorrência do arraste pelas

águas de infiltração de substâncias orgânicas e do necrochorume provenientes dos cadáveres sepultados.

De acordo com Romero (1970), que sumarizou os resultados de muitos estudos sobre o movimento de bactérias em águas subterrâneas, o percurso máximo dos microorganismos em condições normais varia de 15,00 a 30,00 metros em meios saturados, podendo percorrer maiores distâncias em águas com nutrientes. Para os vírus, a distância pode atingir 60 metros.

Em condições favoráveis (elementos nutritivos e temperatura adequada) podem sobreviver até cinco anos, mas, em geral, morrem antes de sessenta ou cem dias. Isto se refere, principalmente, aos aquíferos arenosos de granulometria fina. Em meios muito grosseiros e em rochas fraturadas os percursos dos microorganismos são maiores e, em áreas carstificadas, as distâncias percorridas podem atingir centenas de metros.

Ainda segundo Romero, do ponto de vista de higiene pública, a distância entre uma fonte de contaminação e um poço varia de 10 a 30 metros.

Cabe acrescentar, que atividade microbiológica se desenvolve, principalmente, na camada móvel do solo, ou seja, na "terra vegetal". Esta atividade diminui rapidamente em profundidade na zona chamada de "terra virgem", onde a ação dos microorganismos é mais lenta. Nos cemitérios antigos, como consequência dos sepultamentos sucessivos, já não existe mais "terra virgem".

13. SISTEMATIZAÇÃO CRÍTICA DAS PESQUISAS DESENVOLVIDAS E EM DESENVOLVIMENTO SOBRE CEMITÉRIOS

Apesar dos cemitérios serem um risco potencial para o meio ambiente e saúde pública, este tipo de construção nunca constou das listas das fontes tradicionais de contaminação, no plano nacional e internacional.

Ao longo dos tempos foram registrados casos de contaminação do ar e das águas subterrâneas por gases funerários e por líquidos provenientes de cemitérios, como já foram relatados. Entretanto, estes casos não incentivaram pesquisas, principalmente, no que tange à contaminação química e microbiológica das águas subterrâneas.

Consequentemente, a literatura sobre o assunto é escassa, apenas com algumas menções pontuais.

Eventos e trabalhos têm sido feitos abordando a questão da morte nos seus aspectos sociológicos e históricos. Os franceses vêm se destacando neste tipo de literatura, na qual tem sido possível encontrar informações de grande interesse no campo ambiental e da saúde pública.

Diante deste quadro, pôr em marcha os nossos projetos de pesquisa sobre "Cemitério e Meio Ambiente" foi difícil, por falta de apoio bibliográfico para o desenho inicial de uma metodologia minimamente adequada. Deste modo, começou a surgir em nós o sentimento de pioneirismo, isto é, poder criar uma linha de pesquisa inédita, uma área de conhecimento inerente ao homem, mas que tem sido relegada para o esquecimento por motivos religiosos, psicológicos e econômicos.

No Brasil, a primeira menção sobre a localização ideal de cemitérios campais surgiu no século XIX. A necessidade de acabar com as igrejas cemiteriais, a preocupação com a higienização das cidades e, conseqüentemente, com a saúde pública, desencadeou uma campanha, a todos os títulos elogiável, por parte dos médicos da época. Cabe evidenciar, que estes médicos estavam, principalmente, preocupados com os "efeitos mortíferos dos vapores cadavéricos provenientes das igrejas". Daí para cá, não conhecemos interesses por parte da classe médica, com os possíveis impactos que os cemitérios podem provocar na saúde pública.

O engenheiro Bérghamo (1954), no IV Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária, muitos anos após a preocupação sistemática de médicos e homens cultos com os sepultamentos no final do século XVIII e princípios do século XIX, chama a atenção para o destino dos cadáveres humanos, cuja decomposição deve ser "lenta e natural." Põe em evidência a necessidade de estudos geológicos e sanitários das áreas dos cemitérios e verificação da possibilidade de poluição e contaminação das águas subterrâneas e superficiais.

O alerta de Bérghamo não repercutiu junto das autoridades brasileiras responsáveis pelas questões ambientais, de saúde pública e nem no seio dos acadêmicos na forma de procedimentos normativos, fiscalização e pesquisas sobre a possibilidade de contaminação do ar atmosférico, do solo e águas subterrâneas nas áreas de cemitérios e adjacências.

Na nossa tese defendida no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, em 1984, chamamos a atenção para os cemitérios como risco potencial para as águas subterrâneas. A referência a este tipo de construção se deveu a constatações visuais sobre a implantação e operação inadequadas de necrópoles em várias paragens, especialmente, no Brasil.

Estimulados pela informação veiculada por Person (op. cit.), demos início à nossa primeira pesquisa sobre "Cemitério e Meio Ambiente".

Pesquisas desenvolvidas

Inicialmente, foi feito um diagnóstico sobre a situação ambiental e sanitária de um grupo de cemitérios públicos localizados na Região Metropolitana de São Paulo, nos quais se praticam os sepultamentos por inumação no solo e tumulação. Depois do trabalho de campo, também feito à luz do Código Sanitário do Estado de São Paulo, de 1978, foi elaborado um texto que foi publicado com o título **"Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento"** (Memorial de Atividades, Títulos e Publicações, Doc.08.1.6).

Naquele trabalho se chamou a atenção de forma sucinta e entendível para os impactos ambientais, sanitários, estético-urbanísticos e psicológicos que os cemitérios podem provocar e para a importância dos perímetros de proteção sanitária na área interna e externa das necrópoles.

Com efeito, há habitações encostadas ao muro de cemitérios e favelas em que a área das necrópoles é o fundo de quintal das mesmas. Também há famílias vivendo no interior de cemitérios, como ocorria com a necrópole Vila Paz, no município de Itaquaquecetuba. Este campo santo não tinha muro, permitindo a circulação de pessoas e de animais por entre e sobre as sepulturas. Face a esta situação condenável do ponto de vista sanitário e social, pedimos providências à Secretaria de Estado da Saúde. Hoje, o cemitério já tem muro.

A propósito, Rebouças (1832) apud Reis (1991), já previa "Em torno dessas necrópoles, se fariam muros de oito a dez pés de altura." Os muros altos evitariam o ocorrido no interior de Minas Gerais, onde um cemitério aberto facilitaria a entrada de porcos e outros animais, que devoraram alguns cadáveres (Reis, 1991).

Além da falta de esgoto e de água encanada, aquelas populações correm o risco de contrair doenças, como a poliomielite, a hepatite, a febre tifóide e outras. As bactérias podem ser transmitidas diretamente, já que as crianças circulam no interior das necrópoles descalças, de chupeta na boca e a água de nascentes e poços é usada para lavar e cozinhar.

Aquelas situações dantescas que não ocorrem somente nos cemitérios da periferia, são exemplos degradantes da ocupação desordenada do espaço urbano no Brasil.

Além disso, em muitas necrópoles, como as da área central da cidade de São Paulo, há o aproveitamento total do espaço para os sepultamentos, até ao muro que cerca o cemitério, provocando, algumas vezes, o derrube do mesmo.

Segundo o Código Sanitário do Estado de São Paulo, de 1978, "Deverão ser isolados, em todo o seu perímetro, por logradouros públicos ou outras áreas abertas, com largura mínima de 15,00 m, em zonas abastecidas por redes de água, e de 30,00 m, em zonas não providas de rede" (art. 152 - Seção II - Cemitérios).

No trabalho mencionado propusemos, com base na legislação internacional, perímetros de proteção sanitária maiores para as áreas internas e externas dos novos cemitérios urbanos e rurais. Nas primeiras, seriam proibidos sepultamentos e nas segundas, a construção de habitações e a perfuração de poços, como forma de garantir a depuração do fluxo

hidráulico subterrâneo, no caso de contaminação do aquífero freático. Esta proposta suscitou reação por parte daqueles grupos que exploram cemitérios particulares, única e exclusivamente, por razões econômicas.

Propusemos distâncias superiores às do Código Sanitário por motivos de prudência. Poços a menos de 35 m de novos e/ou velhos cemitérios deverão ser aterrados como forma de evitar riscos de epidemia de origem hídrica.

Distâncias mínimas têm sido fixadas em todos os países: na França 100 m, na Alemanha 200 m, na Rússia um quilômetro (Mondon sd. apud Dias, 1962).

No diagnóstico, três outros aspectos chamaram a nossa atenção:

(1) - a drenagem das águas das chuvas é feita para o exterior de cemitérios. É um procedimento errado. Somos de opinião, que as águas de necrópoles devem ter um tratamento racional e higiênico, como as águas usadas e de esgotos.

(2) - o uso de árvores inadequadas para cemitérios, visto as raízes das mesmas destruírem os túmulos e, conseqüentemente, permitir a entrada de águas pluviais nos mesmos. Cabe ao arquiteto escolhê-las, face à sua importância arquitetural e sanitária.

(3) - túmulos em ruínas, que propiciam maus cheiros, a presença de insetos e a entrada de águas superficiais.

(4) - disposição dos resíduos de forma inadequada.

"Cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento" representa o início de uma série de pesquisas sobre a questão "Cemitério e Meio Ambiente", no seio do Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas (CEPAS), de discussões, de eventos, de trabalhos acadêmicos e elaboração de normas para instalação de necrópoles.

Consideramos como um trabalho fundamental de divulgação junto da comunidade científica e civil, para as conseqüências que podem advir para o meio ambiente e saúde pública, de necrópoles inadequadamente implantadas e operadas.

Naquele trabalho fizemos uma série de recomendações para a implantação de cemitérios e o uso sanitário correto dos mesmos. Estas recomendações foram aproveitadas para embasar o primeiro projeto de lei nº 299/87, sobre normas técnicas especiais para implantação, ampliação e alteração de necrópoles no Estado de São Paulo, visando a proteção das águas subterrâneas. O projeto foi aprovado pela Assembléia Legislativa sob a forma de lei e vetado, posteriormente, pelo Governador de Estado. Vimos neste veto influências de caráter econômico.

Entretanto, foi possível sensibilizar a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), para a necessidade de uma norma que estabelecesse procedimentos para a implantação e operação de cemitérios. Esta norma foi calcada nas nossas recomendações e nas disposições do Código Sanitário do Estado de São Paulo, de 1978. Assim, surgiu a Norma L 1.040/89, revisada e atualizada em 1993 e 1998.

Posteriormente, também sugerimos, quando da revisão do Código Sanitário do Estado de São Paulo, de 1978, que a legislação sobre cemitérios fosse disciplinada como matéria especial.

Com base em estudos geológicos e hidrogeológicos, os projetos de cemitérios são elaborados e submetidos à CETESB para emissão do necessário parecer técnico, documento básico para o posicionamento da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Secretaria de Estado da Saúde e Prefeituras Municipais.

O projeto construtivo é gerenciado diretamente pelas Secretarias de Obras dos Municípios e Centro de Vigilância Sanitária (Secretaria de Estado da Saúde).

No âmbito Federal não há legislação específica referente à implantação de cemitérios. A problemática de necrópoles, com relação às condições higiênicas e sanitárias, deve ser incluída em artigo do Código Nacional de Saúde. Há necessidade, também, de uma legislação federal para normatizar a construção de novos cemitérios, assim como a expansão dos existentes, além da definição de medidas corretivas, onde já se constatou a contaminação de solos e águas subterrâneas.

Muitos cemitérios municipais brasileiros estão mal implantados e apresentam riscos evidentes e mesmo contaminações efetivas do aquífero freático. Quais seriam as medidas corretivas? Fechar e construir novas necrópoles? Silva (1995), fala num oxidante poderoso, sob a forma líquida, para a descontaminação do solo e aquífero freático dos cemitérios, o ácido peracético ($\text{CH}_3\text{CO}_3\text{H}$), agente fungicida-viricida-bactericida utilizado em procedimentos médicos, laboratoriais e industriais.

Na nossa opinião e no que tange aos sepultamentos por inumação no solo, a medida seria interditar as sepulturas (covas), substituí-las por túmulos vedados, ou fazer os sepultamentos em columbários estanques, nos quais os gases e o necrochorume seriam corretamente drenados.

Após o diagnóstico, a visualização de problemas ambientais, sanitários e sociais decorrentes da má implantação e operação de cemitérios, selecionamos três necrópoles de acordo com critérios geológicos e hidrogeológicos, previamente conhecidos, para avaliar a qualidade sanitária e higiênica do aquífero freático na área interna das mesmas. Foram

escolhidos os cemitérios de Vila Nova Cachoeirinha (CVNC) e de Vila Formosa (CVF), situados na zona norte e leste da cidade de São Paulo, respectivamente, onde são feitos sepultamentos por inumação no solo. São as duas maiores necrópoles da Região Metropolitana de São Paulo, com destaque para o cemitério de Vila Formosa, o maior da América Latina e o segundo do mundo, só superado por uma necrópole chinesa.

O cemitério de Vila Nova Cachoeirinha está situado na borda da Bacia Sedimentar, no manto de alteração do granito, enquanto a necrópole de Vila Formosa está implantada nesta bacia.

Em relação ao terceiro cemitério, para atendermos adequadamente aos critérios definidos, foi escolhido o de Areia Branca (CAB), situado no Município de Santos, em área plana de areias pleistocénicas.

Como forma de complementar os conhecimentos geológicos e hidrogeológicos das áreas onde estão implantados os dois primeiros cemitérios e face às grandes dimensões destes, foram usadas técnicas geofísicas de investigação - sondagens elétricas e caminhamentos eletromagnéticos.

Com o auxílio dos caminhamentos foram definidas anomalias que permitiram instalar poços de monitoramento. Estes permitiram medir a profundidade do nível de água e coletar amostras para determinar o nível de contaminação. Está claro, que as anomalias não foram definidas por microrganismos, mas sim por sais minerais e outras substâncias liberadas pelos corpos. A montante das áreas de sepultamentos onde foram feitos os caminhamentos, foram instalados poços que funcionaram como *background* e de acordo com as expectativas.

Em relação ao (CAB), face à escassez de espaço para fazer os caminhamentos eletromagnéticos, os poços de monitoramento foram

colocados nas proximidades dos sepultamentos por inumação no solo e alguns perto dos columbários.

De janeiro a dezembro de 1989, foram recolhidos um total de 67 amostras, cujas análises realizadas pelo Laboratório de Microbiologia Ambiental do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, mostraram a contaminação por microorganismos do aquífero freático nos três cemitérios, com destaque para o de Areia Branca.

Concluiu-se, que os três cemitérios são um risco efetivo para as águas de subsuperfície e que a contaminação depende do tipo de solo e pouca profundidade do nível de água do aquífero.

A revisão da norma CETESB já levou em consideração aquelas condições.

Na pesquisa, a dificuldade inicial esteve na definição dos indicadores. Com o apoio de pesquisadores do Laboratório de Microbiologia Ambiental, foram definidos microorganismos indicadores de contaminação fecal, uma bactéria patogênica, bactérias aeróbias e anaeróbias, colifagos, proteolíticos, lipolíticos e clostrídios sulfito redutores, que foram usados nos testes.

Para além dos coliformes fecais, um dos indicadores de uso mais frequente na avaliação da qualidade da água, optou-se, também, trabalhar com estreptococos fecais. Embora em menor número, podem sobreviver por tempo maior nas águas subterrâneas.

A detecção de estreptococos fecais e de clostrídios sulfito redutores na maioria das amostras e a ausência dos coliformes fecais em muitas, mostrou que as duas bactérias são melhor indicadoras na avaliação sanitária das águas subterrâneas.

Os colifagos foram utilizados pelo fato de serem parasitas de bactérias do grupo coliforme, podendo ser utilizados como indicadores

indiretos da presença de microorganismos patogênicos. Estes vírus já foram relacionados, em outras pesquisas, com a possível presença de enterovírus nas amostras estudadas.

Para evidenciar o risco da presença de microorganismos patogênicos nas águas subterrâneas tem sido utilizada a determinação da *Salmonella*, que foi encontrada num poço de monitoramento no CVF, que podia ser um agente responsável pela febre tifóide, para-tifóide ou infecções gastro-intestinais - Salmonelose.

Para avaliação das condições higiênicas têm sido propostos os coliformes totais e as bactérias heterotróficas aeróbias. Normalmente, não têm sido utilizados outros possíveis indicadores da presença da matéria orgânica, como proteínas e lipídeos, em água. No entanto, as bactérias proteolíticas e lipolíticas são comumente estudadas na microbiologia de alimentos, como decompositoras de carnes e outros produtos de origem animal (Lee, 1976).

Se pensou em trabalhar com vírus, mas face a problemas de metodologia deixamos a intenção para uma próxima oportunidade.

Resultados da pesquisa foram publicados na Water Science and Technology com o título "**Cemeteries - A potencial risk to groundwater**" (Memorial de Atividades, Títulos e Publicações, Doc. 08.1.9) e revista Saúde Pública (Memorial de Atividades, Títulos e Publicações, Doc. 08.1.20).

Na revisão intensiva da literatura nacional e internacional sobre o impacto dos cemitérios na qualidade das águas subterrâneas, do ponto de vista microbiológico, nada foi encontrado a respeito. Logo, concluímos ser a primeira pesquisa sobre o assunto e não só, mas também a utilizar técnicas geofísicas no estudo da contaminação do aquífero freático em necrópoles.

Posteriormente, aproveitando os poços de monitoramento instalados no cemitério Vila Formosa, foram investigados parâmetros indicadores de contaminação química do aquífero freático.

Não é verdade que a contaminação química é a maior preocupação em cemitérios. Esta é a opinião de algumas pessoas. Os efeitos dos contaminantes químicos não são imediatos, como acontece com os biológicos.

As análises das amostras de água mostraram concentrações elevadas de íons, com destaque para o cátion Ca^{2+} , provavelmente, oriundo da cal utilizada como coadjuvante no processo de decomposição do cadáver.

As análises também mostraram concentração excessiva de produtos nitrogenados (nitrato, nitrito e amônia), que têm origem mais provável na decomposição dos corpos, ativados pela proliferação de microorganismos.

Marinho (1998), também encontrou concentrações elevadas de nitrogenados no aquífero freático e adjacências do cemitério São João Batista, em Fortaleza.

No aquífero do cemitério Vila Formosa também foram encontrados metais, como o alumínio, o cádmio, o cromo total e o chumbo em níveis acima dos valores máximos estabelecidos para as águas de classe 1, pela Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986. Provavelmente, a origem dos mesmos deverá estar nas tintas, vernizes e guarnições dos caixões.

Os resultados daquelas análises constam das Memórias nº 3, da IX Semana de Geoquímica e II Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, realizados no Porto (Portugal), de 14 a 20 de novembro de 1993 (**Relatório de Atividades, Títulos e Publicações, Doc. 08.1.11**).

Aqueles resultados embasaram a dissertação de mestrado de Renato Blat Migliorini (1994).

A propósito, Silva (1995), diz ter encontrado em cemitérios de São Paulo e do Rio de Janeiro, radioatividade anormal no aquífero freático, possivelmente, proveniente de corpos sepultados, os quais, em vida foram submetidos a tratamentos radioterapêuticos.

Preocupados com o perímetro de proteção sanitária em cemitérios, fizemos tentativas para a determinação científica do mesmo no cemitério de Vila Nova Cachoeirinha.

Foram feitos estudos das características hidrodinâmicas do aquífero freático, da velocidade do fluxo hidráulico e o monitoramento da qualidade física, química e bacteriológica na área interna e externa do cemitério.

Para acompanhar o movimento e determinar a direção do fluxo hidráulico subterrâneo foi utilizado um traçador, o NaCl (sal de cozinha), por ser totalmente solúvel na água, ser estável e não contaminar o aquífero e, principalmente, por se tratar de um excelente condutor de eletricidade. Foi adotado o método da variação da condutividade elétrica nos poços de monitoramento.

Os valores obtidos, no que tange à condutividade elétrica, foram considerados insuficientes. Um maior número de medições de campo deveriam ter sido feitas.

Consequentemente, pensou-se num modelo matemático, não obstante se tratar de uma simulação, o modelo gerado por uma equação aproxima-se da realidade, uma vez que se utiliza de parâmetros reais.

Para a elaboração daquele modelo se pediu a colaboração do Prof. Pablo Ferrari, do Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de

São Paulo. A fusão dos conhecimentos matemáticos e hidrogeológicos resultou, após várias reuniões e discussões, numa equação diferencial, bidimensional. Esta, por sua vez, forneceu uma curva representativa do decaimento da contaminação da pluma de água subterrânea contaminada com o aumento da distância por ela percorrida. Entretanto, segundo o gráfico a água isenta de coliformes fecais somente ocorreria a 700 m do cemitérios.

Aquela distância é muito grande para áreas urbanas, ainda que oriunda de uma simulação. Inviabilizaria a construção de cemitérios.

O modelo descrito não considera fatores como o tempo de atividade dos coliformes fecais e sua resistência ao transporte, quando disseminados no aquífero.

Por conseguinte, o resultado da pesquisa não é um dado definitivo, mas somente uma contribuição a futuros e mais profundos estudos.

A pesquisa descrita foi objeto de uma de Iniciação Científica, parte da qual consta do trabalho com o título **"Os perímetros de proteção sanitária em cemitérios e sua importância para as águas subterrâneas de abastecimento"** (Memorial de Atividades, Títulos e Publicações, Doc. 08.1.10).

A questão dos cemitérios em áreas urbanas (Memorial de Atividades, Títulos e Publicações, Doc. 08.4.3) mostra de forma resumida, como o urbanismo, um dos mais evidentes fenômenos sociais, acaba por englobar os cemitérios que tinham sido implantados fora dos limites das cidades por razões sanitárias.

Ao abordarmos aquela questão quisemos provocar a discussão sobre a implantação de cemitérios nas grandes cidades.

A localização de necrópoles no interior das áreas urbanas tem sido muito debatida, entendendo os seus defensores serem mínimos os perigos quando aquelas estão convenientemente implantadas. Além de que, dizem, a situação de cemitérios a grandes distâncias também acarreta dificuldades e inconvenientes para as populações com o transporte de cadáveres.

Entretanto, o maior número de pessoas se manifesta pela construção de novos cemitérios distantes das cidades, o que nem sempre é possível como consequência da rápida expansão urbana, concentração populacional e escassez de áreas adequadas.

Nos países europeus, muitos sanitaristas são de opinião, que os cemitérios das grandes, médias e pequenas cidades devem ser implantados fora dos limites das mesmas. "Por melhores que sejam as condições dum cemitério, causará sempre poluições aéreas e subterrâneas que melhor se produzam fora do ambiente citadino de maneira a não agravar o já elevado grau de infecção existente no ambiente, devido a muitos outros fatores inerentes à vida das grandes comunidades urbanas" (Dias, 1962).

Fora ou dentro das urbes, defendemos a implantação de cemitérios apoiada no conhecimento geológico da área, da ação benéfica das águas tanto internas como externas e numa solução salubre, estética e urbanística.

Insistimos para que a implantação das necrópoles deva ser também uma preocupação dos Planos Diretores dos municípios.

Na sequência das nossas observações sobre a operação de cemitérios, um problema sanitário que chama a atenção e tem sido motivo para reportagens por parte da imprensa escrita e falada diz respeito à limpeza e acondicionamento do lixo funerário. É um problema crônico no

Brasil, em especial nos cemitérios implantados na periferia dos grandes centros urbanos.

O assunto já foi abordado anteriormente.

No que tange ao Município de São Paulo, a legislação funerária não trata da questão resíduos de cemitérios.

Consequentemente, através de trabalho publicado **na revista nº 52, de julho de 1999, da Associação Brasileira de Limpeza Pública (ABLP) - Doc. não constante do Memorial, mas presente no anexo**, quisemos alertar as autoridades responsáveis para a necessidade urgente de se discutir o assunto, no que tange à coleta, transporte e destinação adequadas dos referidos resíduos.

Diante da ocorrência nos cemitérios da Região Metropolitana de São Paulo de um grande número de corpos conservados, principalmente, saponificados, com o apoio de um aluno da Iniciação Científica fizemos um levantamento das possíveis causas na literatura especializada e testamos as mesmas em cemitérios com riscos evidentes.

Para a realização da pesquisa se tinha como objetivo estudar de forma detalhada no contexto geológico, hidrogeológico e climático da região Metropolitana de São Paulo, os fatores ambientais responsáveis pelos fenômenos conservadores. Para isso foi definida uma metodologia coerente visando a execução de atividades de campo e de laboratório, que foram afetadas por razões econômicas.

O que foi feito está embasado na literatura e observações no campo.

O assunto daquela pesquisa foi abordado no capítulo 10, subcapítulo 10.2 e itens 10.2.1 e 10.2.2.

Para além das descrições constantes dos tratados de medicina legal, não conhecemos trabalhos científicos sobre a influência dos fatores ambientais nos processos transformativos em cemitérios. A nossa pesquisa representa o início de uma contribuição para um aprofundamento dos conhecimentos sobre o assunto, como por exemplo, se os corpos saponificados representam um risco de contaminação para o aquífero freático. As causas da conservação de cadáveres são do interesse da geologia e hidrogeologia.

Os resultados preliminares do trabalho serão publicados na revista "Engenharia e Arquitetura" - Cadernos Ambientais, da Escola da Arquitetura de São Carlos.

O solo deve ter as particularidades que facilitem a decomposição normal dos cadáveres e que retenham os gases pútridos que podem contaminar a atmosfera e afetar a saúde pública. Há terrenos que são mais degradadores que outros, propriedade que é preciso atender.

"A terra do coval deve pois estar nas condições precisas para que a putrefação se faça o mais depressa possível sem todavia se exalarem os produtos pútridos os quais, pelo contrário, devem ser retidos e absorvidos pelo solo até à sua redução última em substâncias inofensivas" (Jorge, sd. apud Dias, 1962).

Segundo aquele princípio, desenvolvemos um trabalho com o título "A importância dos solos na implantação de cemitérios", que foi submetido ao Conselho Editorial do Boletim da Geociências para publicação.

São raros os trabalhos sobre os terrenos susceptíveis de escolha para a implantação de um cemitério. No Brasil não existem estudos sobre o papel

múltiplo do solo no enterramento de resíduos diversos, como de animais, de lixo caseiro e industrial.

Conhecemos a monografia de Dias (1962), a qual mostra os resultados de uma apreciação direta feita pelos geólogos da Carta Geológica de Portugal, editada pela Direcção-Geral de Minas e Serviços Geológicos de Portugal em 1952.

Também conhecemos o trabalho de Ottmann (1987), que dedica um capítulo à utilização dos terrenos para implantação de cemitérios, segundo a geologia.

Temos conhecimento de um guia para instalação de cemitérios elaborado pelo Conselho de Geólogos da África do Sul, que ficou de nos enviar um exemplar. Ainda não conhecemos os critérios constantes do guia.

No nosso trabalho, baseado nos nossos conhecimentos de geologia e hidrogeologia e nas contribuições de todos aqueles que se dedicam à ciência geológica, chamamos a atenção para um conjunto de atividades que devem ser executadas visando a identificação e análise da aptidão de áreas para implantação de cemitérios.

O conhecimento dos solos é importante como forma de controlar o risco potencial que o cemitério representa e, conseqüentemente, prevenir contra a contaminação do aquífero freático.

Foi analisada a natureza e características dos solos: se mostra que certas formações são *a priori* favoráveis, como as areias, aluviões, areias argilosas, areias graníticas; e que outras, como as rochas fissuradas e os calcários com canais de dissolução apresentam riscos.

Cabe acrescentar, que é o manto de alteração da rocha que permite cavar com facilidade, até à profundidade estabelecida por lei. Outro tanto não ocorre na rocha dura.

Claro que no projeto de implantação de um cemitério é preciso ter uma visão global sobre a questão. O binômio água-solo é importante, pois a presença de água pode ser um obstáculo, porque a mesma pode invadir as covas e como diz Otmann (op. cit.), transformar as inumações em "imersão".

Outros aspectos são importantes no projeto de implantação de cemitérios e que devem ser levados em conta, como o relevo topográfico e a declividade. É comum no Brasil as necrópoles serem implantadas em áreas de declividade superior a 15%. Com conseqüência, ocorrem problemas de erosão pluvial e outros de caráter sanitário.

Com este trabalho, também estamos chamando a atenção dos profissionais e autoridades para a importância dos solos, que tanto podem ser propícios a uma ótima solução sanitária, como transformar os cemitérios em focos de contaminação ambiental e de agressão à saúde pública.

Como diz Mondon (sd.) apud Dias (1962), ao examinar o modo da inumação dos cadáveres e da sua decomposição no solo, "fica-se admirado com as causas de poluição que podem acarretar os cemitérios mal dispostos e do perigo que apresentam no ponto de vista dos vivos", para depois concluir que os cemitérios não são insalubres "quando as regras do estabelecimento são estritamente observadas."

Pesquisas em desenvolvimento

Anteriormente, tentamos através de análises bacteriológicas e da modelagem matemática rastrear o transporte e a retenção de microorganismos no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, visando a definição preliminar de um perímetro de proteção sanitária.

Objetivando uma tese de doutoramento, está sendo desenvolvida uma pesquisa sobre o transporte e retenção de microorganismos no aquífero freático, em área de cemitério, pelo aluno Bolivar Antunes Matos.

Trabalhos científicos têm sido desenvolvidos sobre o transporte de microorganismos em meios porosos, nomeadamente, a partir de sistemas de saneamento *in situ*.

Os trabalhos têm mostrado o perigo da contaminação devido a proximidade do nível de água do freático em relação à superfície.

Para fazer face àquela possibilidade, na Áustria, Alemanha e Holanda, as zonas de proteção das águas subterrâneas são estabelecidas em função do tempo de fluxo da fonte de contaminação para o poço, de 50 a 60 dias. Este período é considerado suficiente para a eliminação de bactérias e vírus. Na Suíça, se estabeleceu um tempo de fluxo de 10 dias, ou uma distância de 100 m no meio poroso (Pekdeger et al., 1983). Nos Estados Unidos, a distância mínima exigida entre um poço de abastecimento e um tanque séptico pode variar de 15 a 91 m, mas em média, se situa entre 15 e 30 m. (Plews, 1977 apud Yates et al., 1989). No Brasil, a distância horizontal mínima entre um tanque séptico e um poço ou corpo de água é de 15 m (ABNT, 1993).

Com aquela preocupação, o objetivo do trabalho da tese é desenvolver um modelo de simulação de transporte de microorganismos em meios porosos, a fim de estudar a extensão horizontal da contaminação por organismos locais.

Assim, no cemitério Vila Nova Cachoeirinha, situado na zona norte do Município de São Paulo, onde os sepultamentos, em geral, são por inumação no solo, trabalhos de geofísica, furos de sondagem, coletas de amostras de solo e água para análises física, química e biológica estão sendo

feitos. Testes tipo "bail" foram realizados para a determinação da condutividade hidráulica em torno dos furos e para estimar o fluxo das águas subterrâneas.

Em laboratório foram montadas colunas de solo da área de trabalho para estudar os mecanismo de transporte e retenção de vírus em meios porosos: como são transportados pelo fluxo hidráulico subterrâneo, como são adsorvidos pela matriz sólida através de interações iônicas e quanto tempo conseguem sobreviver até à inativação. Traçadores químico (cloreto de sódio) e biológico (colifago) estão sendo injetados na coluna e o fluxo monitorado.

Acreditamos, que o modelo possa contribuir, significativamente, não só para a definição científica de perímetros de proteção sanitária em relação a cemitérios, mas também a outras fontes de contaminação.

O grande problema dos cemitérios está na possibilidade da contaminação por vírus. Não se conhece o comportamento destes microorganismos nas áreas das necrópoles.

A Lei 5.452/86, que reorganiza os serviços de verificações de óbitos no Estado de São Paulo, em seu artigo 5º estabelece que "o acondicionamento de cadáveres necropsiados deve estar de acordo com a legislação sanitária vigente quando o falecimento decorrer de moléstia-contagiosa". Entretanto, corpos não necropsiados, estão sendo sepultados em caixões normais, isto quer dizer, que já não são enterrados em caixões lacrados, como previa a Lei 10.095/68.

Por outro lado, a Secretaria de Estado da Saúde considera que até que haja consenso sobre a possibilidade ou não de contaminação do meio ambiente por vírus nos cemitérios, o sepultamento de pessoas falecidas em

decorrência da Aids e que não tenham sido necropsidas, seja efetuado no mínimo em caixão com fundo impermeável.

Cabe lembrar que as mortes por doenças infecciosas, nos EUA, aumentaram 58% entre 1980 e 1992. Nos últimos 25 anos, surgiram 29 doenças "novas", a maioria das quais mata rapidamente. Já são conhecidos 5 mil vírus e mais de 30 mil espécies de bactérias, com a agravante de que, enquanto um ser humano leva 20 anos para produzir uma segunda geração, nesse mesmo espaço de tempo uma bactéria pode reproduzir-se 500 mil vezes (Novaes, 1998).

Qual a situação no Brasil ? No ano passado, no interior de São Paulo, morreu uma vítima do hantavírus (na altura era o sétimo caso no País), uma nova espécie que assusta.

Diante desses e outros fatos e aproveitando os poços de monitoramento instalados no cemitério Vila Nova Cachoeirinha, passamos a coleta e análise de água do aquífero freático, objetivando a pesquisa dos enterovírus, grupo de vírus capazes de provocarem doenças, como a meningite, a poliomielite, a hepatite infecciosa e outras. As análises estão sendo feitas pelo Laboratório de Vírus do IBC/USP.

Para as análises bacteriológicas e de solo estamos utilizando os indicadores já usados anteriormente.

Duas amostras coletadas do córrego que atravessa o cemitério apresentaram alta contaminação de origem fecal (coliformes totais, fecais e clostrídios sulfito-redutores), demonstrando que este local recebe contribuição direta de esgoto ou outra fonte de origem humana ou animal.

Uma amostra de água subterrânea coletada em um furo próximo a uma sepultura recente tinha odor desagradável e condutividade elétrica mais elevada que as outras amostras ($\sim 500 \mu\text{S}/\text{cm}$). A mesma amostra apresentou

baixo número de coliformes, mas os clostrídios sulfito-redutores foram encontrados em número elevado (900 NMP/100 mL), sugerindo possível contaminação oriunda das covas.

A pesquisa em desenvolvimento que se insere na questão "Cemitério e Meio Ambiente", estuda pela primeira vez o transporte e retenção de microorganismos em meios porosos, em área de cemitério, usando traçadores químicos e biológicos no campo e simulando a situação num experimento em laboratório. Além disso, pesquisa também pela primeira vez, a presença de vírus no aquífero freático de uma necrópole. É uma pesquisa inédita, que poderá trazer alguma contribuição para a ciência e para instituições sanitárias, que estabelecem regras para os sepultamentos de cadáveres de pessoas que morreram com doenças infecto- contagiosas.

As análises químicas e bacteriológicas estão sendo feitas pelos Laboratórios de Hidroquímica/CEPAS/IGc/USP e de Microbiologia Ambiental/ICB/USP.

Cabe informar, que os trabalhos de geofísica já desenvolvidos no cemitério permitiram a montagem de um artigo com o título "Geophysical Surveying to Investigate Groundwater Contamination by a Cemetery", que foi aprovado para exposição oral no encontro ANNUAL SYMPOSIUM ON THE APPLICATION OF GEOPHYSICS TO ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS, a ser realizado de 20 a 24 de fevereiro em Arlington - EUA.

14. DESDOBRAMENTOS

Como já foi dito, as nossas pesquisas sobre "Cemitério e Meio Ambiente" tiveram e continuam tendo desdobramentos no Brasil e exterior, que nos incentivam a continuar as investigações e estudos neste campo.

No Brasil

O primeiro desdobramento foi uma dissertação de mestrado elaborada por Sebastião Luiz Miotto e defendida em 1990, no Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista (UNESP). O autor propôs uma metodologia visando a adequabilidade de solos para áreas destinadas à implantação de cemitérios, baseada no mapeamento dos aspectos geológico-geotécnicos fundamentais.

Fonseca (1994) apud Junior et al. (1996), através de análises nas águas do cemitério municipal São José, localizado na periferia da Região Metropolitana de Belém, no Pará, comprovaram a presença de coliformes totais e fecais, clostrídios, bactérias heterotróficas e salmonelas. Como nas adjacências da necrópole existe o bairro do Bengui, onde existem poços tipo amazonas, a Secretaria Estadual de Indústria, Comércio e Mineração, que coordena o Plano Diretor de Águas Subterrâneas, no final do primeiro semestre de 1995, solicitou ao Departamento de Geofísica do Centro de Geociências da Universidade Federal do Pará, estudos específicos na área.

Renato Blat Migliorini, em 1994, através de dissertação de mestrado defendida no Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, mostrou a contaminação química das águas subterrâneas da área interna do cemitério de Vila Formosa, com concentrações excessivas de produtos nitrogenados e metais, como manganês, cromo total, ferro, prata e alumínio. Este trabalho foi desenvolvido dentro do nosso projeto maior - "Cemitério e Meio Ambiente".

Junior et al. (1996), utilizaram métodos geofísicos - potencial espontâneo (SP) e o eletromagnético indutivo (EM) - no estudo hidrogeológico do cemitério municipal de São José, localizado na periferia da Região Metropolitana de Belém - Pará. Neste estudo, segundo os autores, o fluxo de água do aquífero livre detectado pelo SP foi confirmado pelo EM e que o cemitério não apresentava condições salubres para funcionamento.

Através daqueles autores, mas sem detalhes, tivemos conhecimento que análises de águas subterrâneas em três grandes cemitérios do Recife, em Pernambuco, mostraram a contaminação da mesmas por estas necrópoles (1993).

Braz et al. (1996), aproveitando os resultados da geofísica feita por Junior et al., e utilizando como indicadores os coliformes totais e fecais e bactérias heterotróficas, constataram a contaminação da água de poços rasos locados fora do cemitério municipal de São José. Nesta pesquisa, somos de opinião que os autores deveriam ter pesquisado salmonelas e colifagos, considerando os sérios problemas sanitários da necrópole. Este trabalho teve como consequência a elaboração de um "Termo de Referência" por parte da Secretaria Estadual de Ciência e Tecnologia e Meio Ambiente do Pará, que

tem força de lei. A confecção do Termo se baseou na Norma L. 1040/89/93/98 (CETESB).

Yoshinaga et al. (1996), apresentaram no IX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, um trabalho no qual definem e analisam critérios seletivos para viabilização de áreas potenciais para implantação de cemitérios. Este trabalho teve como cenário o Município de Águas de Lindóia, onde se torna necessário preservar as águas subterrâneas, principal fonte geradora de recursos do município.

Silva (1998), no seu trabalho sobre cemitérios como fonte potencial de contaminação de aquíferos livres, apresentado no 4º Congresso Latinoamericano de Hidrologia Subterranea, ocorrido em Montevideo - Uruguai, de 16 a 20 de novembro de 1998, aborda a relação cadáver-solo, os efluentes cadavéricos e põe em evidência as nossas pesquisas sobre a influência de cemitérios na contaminação dos aquíferos freáticos.

Alice Maria C. P. Marinho, em 1998, através da dissertação de mestrado defendida no Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará, mostrou a contaminação química e bacteriológica do aquífero freático pelo cemitério São João Batista, em Fortaleza. As amostras para análise foram coletadas na área interna e externa do cemitério. Neste trabalho, a autora, depois de fazer um breve histórico sobre a legislação de cemitérios no âmbito municipal (Fortaleza) e Estadual, recomenda a elaboração de um "Termo de Referência" para a construção, ampliação e monitoramento de necrópoles, como forma de se proteger o meio ambiente e a saúde pública.

Flávio Severo Pereira de Magalhães, em 1999, publicou no "Caderno Informativo de Prevenção de Acidentes" um trabalho com o título "Cemitério e o impacto ambiental". Nesta pesquisa, desenvolvida no cemitério da Paz, onde são praticados sepultamentos por tumulação, o autor quis provar que são desnecessárias as exigências de recuo de 15 m e 30 m exigidas pelo Código Sanitário do Estado de São Paulo. Assim, recomenda apenas um afastamento, em todo o perímetro do cemitério, por uma faixa de largura mínima de 5 m, destinada a arborização, a qual serviria apenas para efeitos estéticos e urbanísticos.

Aquela pesquisa, com caráter pontual, peca pelo fato de tirar conclusões sobre os resultados colhidos num cemitério particular, normalmente, bem administrado, negligenciando o que pode ocorrer em termos ambientais e sanitários nas necrópoles municipais, na maioria das quais, se pratica o sepultamento por inumação no solo. Além disso, nos parece insuficiente o número de poços de monitoramento utilizados.

Sobre o assunto já externamos a nossa opinião.

Duas dissertações de mestrado estão sendo desenvolvidas. Uma na Universidade Federal de Minas Gerais e outra na Universidade Federal do Amapá.

No exterior

A Universidade Técnica de Sidney, na Austrália, através de equipe coordenada pelo Professor Michael Knight, está estudando a possível contaminação de cemitérios em nove estados deste país. No estudo estão

utilizando a nossa metodologia no que tange aos indicadores bacteriológicos e às técnicas de construção e implantação de poços de monitoramento.

Após palestra que fizemos em junho de 1997, na Universidade do Algarve, em Faro - Portugal, a Direção Regional do Ministério do Meio Ambiente está fazendo nesta província um levantamento da situação ambiental e sanitária dos cemitérios.

Knight et al. (1998), no International Groundwater Conference, realizado em Melbourne, na Austrália, ao abordar o tema *Sustainability of Waste and Groundwater Management Systems*, para além de analisar a sustentabilidade de aterros de resíduos domésticos, também faz considerações sobre o conceito da sustentabilidade de múltiplos sepultamentos em cemitérios, no contexto de sua interação com a água subterrânea.

15. A ATUAÇÃO DO GEÓLOGO

Aproveitamos oportunidade para pôr em evidência a importância da atuação do geólogo na elaboração e execução de projetos de implantação de cemitérios.

A Norma CETESB L. 1040/89/93/98, abriu um mercado de trabalho para o geólogo. Consequentemente, somos de opinião que este profissional deve inteirar-se da questão "Cemitério e Meio Ambiente", para que possa ter atuação plena neste contexto.

Dentro desta óptica, na disciplina **Urbanização, Industrialização e Meio Ambiente**, do curso de geologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, temos levado ao conhecimento dos alunos os aspectos teóricos e práticos inerentes àquela questão.

O geólogo tem atuação fundamental na elaboração e execução de projetos de implantação e ampliação de cemitérios, porque é o profissional que detém o conhecimento absoluto da geologia e hidrogeologia.

Em França, a circular ministerial de 10 de dezembro de 1900, pela primeira vez, precisa a necessidade da intervenção do geólogo para a pesquisa e avaliação da qualidade de água potável (Ottman, 1987).

Posteriormente, as atribuições do geólogo foram ampliadas, como estudos geológicos para implantação, ampliação ou transferência de cemitérios.

No caso concreto do Estado de São Paulo, onde vigora a norma CETESB, L.1040/98, como já vimos, o projeto construtivo de cemitérios é gerenciado diretamente pelas Secretarias de Obras dos Municípios e Centro

de Vigilância Sanitária (Secretaria de Estado da Saúde). É fundamental que estas Secretarias tenham nos seus quadros o profissional geólogo (que poderia ser chamado de geólogo oficial), para que este possa acompanhar a execução do projeto, na parte que tange à geologia e hidrogeologia.

Como as prefeituras precisam de fazer o reuso das sepulturas provisórias, o geólogo poderia ter uma outra atuação, a de fixar o tempo de rotação legal dos corpos. Esta estaria em função do tipo de solo, de forma a garantir o processo de decomposição normal dos cadáveres. Cabe acrescentar, que nas argilas impermeáveis, muitas vezes úmidas, onde o necrochorume não escoar, trinta anos podem ser necessários para completo desaparecimento do corpo e caixão.

No que tange ao Centro de Vigilância Sanitária, é importante que os seus sanitaristas acompanhem, periodicamente, a operação de cemitérios, para verificarem se os aspectos higiênicos estão sendo considerados nos sepultamentos, na exumação de corpos, na limpeza, na coleta, e na disposição dos resíduos funerários. A atuação deste Centro não deve resumir-se apenas quando o mesmo for solicitado. Deste modo, muitas irregularidades sanitárias serão evitadas, acautelando o estado de saúde das populações, principalmente, daquelas que vivem nas proximidades dos cemitérios.

16. CONCLUSÃO

Fazer uma sistematização crítica das pesquisas desenvolvidas e em desenvolvimento, pode parecer, à primeira vista, tarefa simples. Não é verdade. A falta de trabalhos correlatos sobre o assunto que permitissem confrontos, reflexões e sugestões, torna esta tarefa extremamente difícil.

Criticar com precisão, em poucas linhas, procedimentos complexos tomados sem arrimo bibliográfico, exige ousadia, para além de espírito de síntese e de equilíbrio.

Fizemos o possível em relação às nossas pesquisas, esperamos ter cumprido, tanto quanto possível, com o objetivo proposto.

Entretanto, temos a satisfação de poder contribuir para o desbravamento de uma nova linha de pesquisa - "Cemitério e Meio Ambiente", em especial, no capítulo da contaminação biológica das águas, cujo interesse já é do domínio nacional e internacional.

Temos a certeza, que hoje, já existe um ponto de partida, alguma bibliografia que servirá de orientação para todos aqueles que estiverem interessados em trabalhar com aquela linha, no Brasil.

Continuaremos a pesquisar, pois as questões são inúmeras, exigindo o conhecimento científico e tecnológico sobre o assunto e não apenas procedimentos rotineiros, aleatórios e de interesse econômico.

O sepultamento de um cadáver, seja ele humano ou animal não encerra a questão em termos ambientais e sanitários, se o procedimento não for adequado.

A contaminação das águas subterrâneas por cemitérios inadequadamente implantados não é ficção, mas realidade, como mostram as pesquisas científicas realizadas.

17. BIBLIOGRAFIA

- ARIÈS, P. (1977) O homem perante a morte. Lisboa, Publicações Europa América, 2v. 714 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) (1993) Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, ABNT. 15 p. (NBR 7229).
- BAYARD, J. P. (1993) Le sens caché des rites mortuaires. France, Editions Dangle, 330 p.
- BERGAMO, H. (1954) Os cemitérios - Um problema de engenharia sanitária. In: CONGRESSO-INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, IV., São Paulo, 1954. *Anais*. São Paulo, AIES, p. 333-339.
- BITTON, G.; GERBA, C. P. (1984). Groundwater Pollution Microbiology. John Wiley & Sons, Inc. New York, N.Y.
- BOWER, H. (1978) Groundwater hydrology. 1ª ed. N. York, Mc Graw Hill Book Company, 1978, 480 p.
- BRAZ, V. N.; BECKMAN, L.; BERREDO, F. (1996) A contaminação de águas subterrâneas. Resultado do uso inadequado do solo na instalação de cemitérios. In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA e AMBIENTAL, Gramado, 1996. *Anais*. Gramado.
- DEROBERT. L. (sd.) Médecine légale. France, Flammarion.
- DIAS, V. M. L. (1962) Cemitérios - Jazigos e sepulturas. Portugal, Coimbra Editora. (Esgotado).

- DIAS, V. M. L. (1963) Notícia histórica da inumação. Portugal, Coimbra Editora, 120 p.
- DE MELO, J. A. (1985) Medicina Legal. São Paulo, Fittipaldi Ltda, 306 p.
- DOREA, L. E. (1995) Fenômenos cadavéricos. Porto Alegre, Sagra - D.C. Luzzatto, p. 37-43.
- FÁVERO, F. (1980) Medicina Legal. Belo Horizonte, Itatiaia, p. 500-566.
- FERREIRA, A. B. H. (1999) Dicionário Aurélio. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro.
- JUNIOR, M. F. C.; SILVA, L. M. C. (1996) SP e eletroresistividade aplicados ao estudo hidrogeológico de um cemitério. Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, p. 471-474.
- KNIGHT, J. M.; DENT, B. B. (1998) Sustainability of waste and groundwater management systems. In: INTERNATIONAL ASSOCIATION OF HYDROGEOLOGISTS. Melbourne, Australia, p. 359-374.
- KONEFES, J. (1991) Ashes to arsenic... dust to death. Ground water in the news. In: *Revista Ground Water*, v. 28, nº 6, p. 36.
- LEE, J. S. (1976) Proteolytic microorganisms. In: Speck, M. L. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. Washington, D.C. American Public Health Association, 1976, p. 184-188.

- MAGALHÃES, F. S. P. (1999) Cemitério e o impacto ambiental. Caderno Informativo de Prevenção de Acidentes (CIPA). São Paulo, ano XX - 230, p. 47-57.
- MARINHO, A. M. C. P. (1998) Contaminação de aquíferos por instalação de cemitérios. Estudo de caso: Cemitério São João Batista, fortaleza - Ceará. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geologia/UFC, Fortaleza, 77p.
- MARTINS, M. T. ; PELLIZARI, V. H.; PACHECO,; MYAKI, D. M.; ADAMS, C.; BOSSOLAN, N. R. S.; MENDES, J. M. B.; HASSUDA, S. (1991) Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios. *Revista Saúde Pública*. São Paulo, 25 (1): 47-52.
- MATOS, B. A.; YAMAMOTO, J. K.; PACHECO, A. (1997) Mecanismos de transporte e retenção de microorganismos em aquíferos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, XII., Vitória - ES, 1997. *Anais*. Vitória, ABRH, v. 3, p. 525-532.
- MENDES, J. M. B.; PACHECO,; HASSUDA, S. (1989) Cemitérios e o meio ambiente - A geofísica como método auxiliar na avaliação de sua influência nas águas subterrâneas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 2º, Florianópolis, 1989. *Anais*. Florianópolis, p. 50-57.
- MIGLIORINI, R. B. (1994) Cemitérios como fonte de poluição em aquíferos. Estudo do cemitério Vila Formosa na Bacia sedimentar de São Paulo. Dissertação de Mestrado, IGc/USP, São Paulo, 74 p.

- MIOTTO, S. L. (1990) Aspectos geológico-geotécnicos da determinação da adequabilidade de áreas para a implantação de cemitérios. Dissertação de Mestrado, IGc e Ciências Exatas / UNESP, Rio Claro, 116 p.
- MUÑOZ, D. R. (1992) Saponificação. *Jornal da USP*, de 30/3 a 5/4 de 1992, p. 8.
- NOVAES, W. (1998) As novas armadilhas. *Jornal O Estado de São Paulo*, A2, 24 de abril.
- OTTMANN, F. (1987) Créer ou aménager un cimetière. Paris, Éditions du Moniteur, 161 p.
- PACHECO, A. (1986) Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento. *Revista do Sistema de Planejamento e de Administração Metropolitana*. São Paulo, ano IV, nº 17, ago/86, p. 25-37.
- PACHECO, A.; MENDES, J. M. B.; HASSUDA, S. (1988) O problema geoambiental da localização de cemitérios em meio urbano - Estudo preliminar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 5., São Paulo, 1988. *Anais*. ABAS, São Paulo, p. 207-215.
- PACHECO, A.; MENDES, J. M. B. (1990) Cemitérios podem contaminar as águas subterrâneas. *Revista saneamento ambiental*. Signus Editora Ltda., São Paulo, ano I, nº 6, p. 31-33.
- PACHECO, A.; MENDES, J. M. B.; MARTINS, M. T.; HASSUDA, S.; SILVA, A. A. K. (1990) Cemeteries - A potencial risk to groundwater. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE POLUIÇÃO, PROTEÇÃO E

- CONTROLE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Porto Alegre, 1990. *Anais. ABAS/WST*, Porto Alegre, p. 85-91.
- PACHECO, A.; MENDES, J. M. B.; MARTINS, M. T.; HASSUDA, S.; SILVA, A. A. K. (1991) Cemeteries - A potencial risk to groundwater. *Revista Water Science and Technology*. Great Britain, v. 24, n° 11, p. 97-104.
- PACHECO, A.; PELLIZARI, V.; MIDORI, D.; TORRES, S. L.; MENDES, J. M. B. (1992) Os perímetros de proteção sanitária em cemitérios e sua importância para as águas de abastecimento - Estudo preliminar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 7., Belo Horizonte, 1992. *Anais. ABAS*, Belo Horizonte, p. 119-122.
- PACHECO, A.; MENDES, J. M. B.; TORRES, S. L. (1993) Cemitérios e meio ambiente. In: IX SEMANA DE GEOQUÍMICA e II CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, Porto, 1993. *Memória n° 3*. Porto, p. 351-354.
- PACHECO, A.; TORRES, S. L. (1993) Cemitérios e meio ambiente - Riscos e medidas de proteção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS SOBRE O MEIO AMBIENTE, 4., Cuiabá, 1993. *Anais. Cuiabá*, p. 368-375.
- PACHECO, A.; ESPÍNDOLA, R. S.; FIGUEIRA, J.; SPANDERMAN, A. L. (1995) Cemeteries in urban areas. In: THIRD INTERNATIONAL SEMINAR ON THE ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF URBAN CENTERS - ECOURB'S 95, Rio de Janeiro, 1995. *Abstracts volume*. Rio de Janeiro, p. 13-14.

- PACHECO, A.; SILVA, L. M.; MENDES, J. M. B.; MATOS, B. A. (1998) resíduos de cemitérios: um problema, também social. *Revista da Associação Brasileira de Limpeza Pública*. São Paulo, ABLP, p. 25-27.
- PACHECO, A.; BATELLO, E. (1999/2000) A influência dos fatores ambientais nos fenômenos transformativos em cemitérios. *Revista de Engenharia e Arquitetura - Cadernos Ambientais*. Escola de Engenharia de São Carlos/USP. São Carlos, p. (aguardando envio de exemplares da revista).
- PACHECO, A.; MENDES, J. M. B.; MATOS, B. A. A importância dos solos na implantação de cemitérios (trabalho submetido ao Conselho Editorial do Boletim da Geociências).
- PACHECO, A.; MATOS, B. A. (2000) Cemitérios e meio ambiente. *Revista de Tecnologias do Ambiente*. Lisboa, p. (para publicação em janeiro).
- PEKDEGER, A.; MATTHESS, G. (1983) Factors of bacteria and virus transport in groundwater. *Environmental Geology*, v. 5, n. 2, p. 49-52.
- PERSON, J. (1979) Interventions réglementaires du géologue agréé en vue de la protection des eaux destinées à l'alimentation humaine. *Documents du BRGM*. France, 193 p.
- RAGON, M. (1981) L'espace de la mort. Paris, Albin Michel, 340 p.
- REIS, J. J. (1991) A morte é uma festa. São Paulo, Companhia das Letras, 357 p.

- RODRIGUEZ, W. C.; BASS, W. M. (1985) Decomposition of buried bodies and methods that may aid in their location. *Journal of Forensic Sciences*. JFSCA, v. 30, nº 3, july, 1985, p. 836-852.
- ROMERO, J. C. (1970) Le mouvement des bacteries et de virus em milieu poreux. SGN 212 HYD BRGM.
- SCHRAPS, W. C. (1972) Importance des qualités de filtration du sol pour l'installation des cimitieres. Mitt. Dtsch. Bodenk, Ges, nº 16.
- SILVA, L. M. (1995) Os cemitérios na problemática ambiental. In: I SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE CEMITÉRIOS E MEIO AMBIENTE. São Paulo, 79 p.
- SILVA, L. M. (1998) Cemitérios: Fonte potencial de contaminação dos aquíferos livres. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE HIDROLOGIA SUBTERRANEA, 4º., Montevideu, 1998. *Memorias ALHSUD*, Montevideu, p. 667-678.
- YATES, M. V.; YATES, S. R. (1989) Septic tank setback distances: A way to minimize virus contamination of drinking water. *Ground Water*, v. 27, n. 2, p. 202-208.