

CEMITÉRIOS COMO ÁREAS POTENCIALMENTE CONTAMINADAS

Robson Willians da Costa Silva

Engenheiro Ambiental pela Escola de Engenharia de Piracicaba (EEP). Mestre pela Universidade Estadual Paulista (Unesp) em Geociências e Meio Ambiente. Consultor Ambiental. Professor na área de Meio Ambiente.
robsonwillians@yahoo.com.br

Walter Malagutti Filho

Geólogo pela Universidade Estadual Paulista (Unesp). Doutor pela Unesp em Geociências e Meio Ambiente. Livre-docente pela Unesp em Geofísica Aplicada.

UNESP/Campus Bela Vista - Pós Graduação em Geociências, Avenida 24 A, nº 1515, 13506-900 – Rio Claro/SP. Tel.: (19) 3422 4069

RESUMO

Este trabalho enfoca a relação entre cemitérios e meio ambiente. Devido à falta de proteção ambiental com a qual o procedimento de enterrar os corpos foi conduzido ao longo das décadas, muitos dos cemitérios se tornaram áreas contaminadas, sendo observado pelos órgãos ambientais e de saúde pública como um aspecto ambiental urbano importante e que deve ser recuperado. Os cemitérios são fontes de contaminação das águas superficiais e subterrâneas, por meio de substâncias orgânicas e inorgânicas, e microrganismos patogênicos presentes no líquido da decomposição de cadáveres, denominado de necrochorume. Essa contaminação ocorre devido à implantação de cemitérios em locais que apresentam condições ambientais desfavoráveis.

PALAVRAS CHAVES

Cemitérios e Meio Ambiente, necrochorume, contaminação das águas.

ABSTRACT

This paper shows the relationship between cemeteries and environment. Due to the lack of environmental protection which the procedure of burying the corpses was accomplished along the decades, many of the cemeteries became contaminated areas, being observed by the environmental and of public health organs as an important urban environmental aspect and that it should be recovered. The cemeteries are contamination sources of the superficial water and groundwater, through organic and inorganic substances, and pathogenic microorganisms present in the liquid of the corpses decomposition, denominated of necrochorume. That contamination happens due to the implantation of cemeteries in places that present unfavorable environmental conditions.

KEYWORDS

Cemeteries and Environment, necrochorume, water contaminations.

INTRODUÇÃO

HISTÓRICO

Durante a Idade Média, instaurou-se o costume de sepultar os mortos em igrejas e imediações, desenvolvendo-se dessa forma uma relação de aproximação entre vivos e mortos. Esses fatos fizeram aumentar significativamente a incidência de epidemias como tifo, peste negra entre outras, o que levou a população desses locais a desenvolverem uma atitude hostil à proximidade com os mortos. Nessa época o processo de sepultamento predominante era por inumação, processo simplificado de sepultamento com apenas recobrimento de solo em profundidades que variavam de 1 a 2 m.

A partir do século XVIII que a palavra cemitério começou a ter o sentido atual, quando, por razões de saúde pública, se proibiu o sepultamento nos locais habituais. Desde então, tornou-se costume os sepultamentos ao ar livre, o mais longe possível do perímetro urbano. Os cemitérios que no passado estavam distantes da população, atualmente, acham-se no meio das cidades devido à urbanização acelerada e desordenada pela quais estas passaram.

Ucisik & Rushbrook (1998) em um relatório publicado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), relataram o impacto que os cemitérios poderiam causar ao meio ambiente, por meio do aumento da concentração de substâncias orgânicas e inorgânicas nas águas subterrâneas e a eventual presença de microrganismos patogênicos.

O objetivo deste trabalho é abordar e discutir de forma ampla os aspectos e impactos ambientais relacionados aos processos de sepultamento de cadáveres,

e a adequabilidade do meio físico para implantação de novos cemitérios e gerenciamento dos já existentes.

ASPECTO AMBIENTAL DE CEMITÉRIOS

Aspecto ambiental é qualquer intervenção direta ou indireta das ações humanas (atividades, produtos ou serviços) sobre o meio ambiente que causa um impacto ambiental. As atividades de sepultamento de cadáveres geram fontes poluidoras do meio físico, sendo assim devem ser consideradas como uma atividade - aspecto – impacto ambiental.

Os cemitérios nunca foram incluídos nas listas de fontes tradicionais de contaminação ambiental, apesar da existência de alguns relatos históricos em Berlim e Paris na década de 70, constatando que a causa de epidemias de febre tifóide estava diretamente ligada ao posicionamento a jusante de fontes de água, como aquíferos freáticos e nascentes, dos cemitérios. Dent (1995) observou o aumento da condutividade elétrica e sais minerais nas águas subterrâneas próximas de sepultamentos recentes no cemitério Botany, na Austrália.

No Brasil, são inúmeros os casos de áreas contaminadas divulgados ao público nos últimos anos. Na tentativa de

resolução do problema, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), órgão responsável pelo controle ambiental no estado de São Paulo, com a cooperação técnica do órgão alemão *Deutsche Gesellschaft Für Technische Zusammenarbeit (GTZ)*, elaborou em 2001 o "Manual de Investigação de Áreas Contaminadas". Esse manual se tornou referência no âmbito de gerenciamento de áreas contaminadas no Brasil, mas não consta em seu capítulo 3 intitulado - "Identificação de Áreas Contaminadas", a atividade de sepultamento de cadáveres como atividade passível de causar contaminação.

Uma área contaminada pode ser definida como uma área onde há comprovadamente poluição ou contaminação, causada pela introdução de substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural (CETESB, 2001).

A CETESB (2001) aponta alguns critérios que devem ser levantados para que uma área possa ser considerada como potencialmente contaminadas. O Quadro 1 apresenta as características das atividades passíveis de causarem contaminação encontrada em cemitérios.

CARACTERÍSTICAS	OCORRÊNCIA
Existência de processos produtivos que possam causar contaminação do solo e águas subterrâneas	Não ocorrem em áreas de cemitérios
Presença de substâncias que possuem potencial para causar danos aos bens a proteger via solos e águas subterrâneas	Pode ocorrer em áreas de cemitério
Atividade industrial ou comercial que apresente histórico indicando manuseio, armazenamento ou disposição inadequada de matérias prima, produtos e resíduos	Pode ocorrer em áreas de cemitério
Atividade industrial ou comercial que apresente histórico indicando a ocorrência de acidentes ou vazamentos	Pode ocorrer em áreas de cemitério
Atividade industrial ou comercial que apresente histórico de geração de áreas suspeitas de contaminação ou de áreas contaminadas	Pode ocorrer em áreas de cemitério

Quadro 1 – Características das atividades passíveis de causarem contaminação encontrada em cemitérios

Mesmo que a atividade de sepultamento não se enquadre literalmente como atividade industrial ou comercial, podem ocorrer vazamentos de substâncias passíveis de causar danos ao solo e águas subterrâneas, visto que nessa atividade se manuseiam resíduos biológicos – os cadáveres.

No Brasil Pacheco et al (1991) constataram em dois cemitérios no município de São Paulo e em um terceiro no município de Santos a contaminação do aquífero freático por microrganismos. Migliorini (1994) observou o aumento na concentração de íons e de compostos nitrogenados nas águas subterrâneas de cemitério de Vila Formosa em São Paulo. Pequeno Marinho (1998) constatou a presença de bactérias e compostos nitrogenados no aquífero freático do cemitério São João Batista em Fortaleza - CE. Braz et al (2000) encontraram números elevados de bactérias em poços a jusante do cemitério do Bengui em Belém - PA. Matos (2001) encontrou em amostras de água do aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha em São Paulo, bactérias e vírus. O autor ainda acrescenta que os resultados da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e da condutividade elétrica foram maiores nas águas próximas de sepulturas. Almeida & Macêdo (2005) observaram aumento da condutividade elétrica e de íons de cloreto a jusante do fluxo da água subterrânea de cinco cemitérios analisados na cidade de Juiz de Fora - MG.

Silva (1995) investigou a situação de 600 cemitérios do país (75% municipais e 25% particulares) e observou a incidência de 15% a 20% de casos de contaminação do subsolo devido ao necrochorume, destes cerca de 60% eram municipais.

ASPECTOS LEGAIS

No Estado de São Paulo, os cemitérios públicos que sempre estiveram sob a competência das Secretarias Municipais de Saúde e/ou de Obras Públicas, atualmente estão sob a competência das Secretarias Municipais de Meio Ambiente.

No entanto, já entendendo que cemitérios se apresentavam como áreas potencialmente contaminadas, a CETESB elaborou a norma técnica L1.040, que passou a dar orientação referente à implantação de novas necrópoles. Essas orientações são requisitos técnicos, como informações geográficas, geológicas e hidrogeológicas do meio físico, que devem constar na caracterização da área.

Em 03 de abril de 2003, foi promulgada a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 335 que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios horizontais e verticais a serem implantados no Brasil. Com a promulgação dessa resolução, os órgãos ambientais estaduais passam a ter a obrigação de licenciar e, portanto, fiscalizar a implantação de novos cemitérios.

Aos cemitérios já existentes foi dado um prazo de dois anos após aquela data, para se adequarem às exigências junto aos órgãos ambientais competentes, inclusive no que se refere à recuperação da área contaminada e a indenização de possíveis vítimas da contaminação ambiental. O descumprimento das disposições desta resolução implicará em sanções penais e administrativas.

Em 28 de março de 2006, foi promulgada a Resolução do CONAMA nº 368, que altera alguns dispositivos nos artigos 3º e 5º da Resolução nº 335. No artigo 3º, mudou-se a redação do capítulo 1º vigorando a seguinte: É proibida a instalação de cemitérios em

Áreas de Preservação Permanente ou em outras que exijam desmatamento de Mata Atlântica primária ou secundária, em estágio médio ou avançado de regeneração, em terrenos predominantemente cársticos, que apresentam cavernas, sumidouros ou rios subterrâneos, bem como naquelas que tenham seu uso restrito pela legislação vigente, ressalvadas as exceções legais previstas. Ainda no artigo 3º, fica revogado o inciso III, do § 3º. E no artigo 5º, o inciso I passou a vigorar a seguinte redação: O nível inferior das sepulturas deverá estar a uma distância de pelo menos um metro e meio acima do mais alto nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias; acrescentou-se ainda o capítulo 1º e seus três incisos que complementam os incisos I e IV da resolução nº 335, e o capítulo 2º:

I - a área prevista para a implantação do cemitério deverá estar a uma distância segura de corpos de água, superficiais e subterrâneos, de forma a garantir sua qualidade, de acordo com estudos apresentados e a critério do órgão licenciador;

II - o perímetro e o interior do cemitério deverão ser providos de um sistema de drenagem adequado e eficiente, destinado a captar, encaminhar e dispor de maneira segura o escoamento das águas pluviais e evitar erosões, alagamentos e movimentos de terra;

III - o subsolo da área pretendida para o cemitério deverá ser constituído por materiais com coeficientes de permeabilidade entre 10^{-5} e 10^{-7} cm/s, na faixa compreendida entre o fundo das sepulturas e o nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias. Para permeabilidades maiores, é necessário que o nível inferior dos jazigos esteja dez metros acima do nível do lençol freático.

§ 2º - A critério do órgão ambiental competente, poderão ser solicitadas

informações e documentos complementares em consonância com exigências legais específicas de caráter local.

A resolução CONAMA nº 335 com as alterações dispostas na resolução CONAMA nº 368 estabelecem algumas exigências na elaboração dos projetos de implantação, como forma de garantir a decomposição normal do cadáver e proteger as águas subterrâneas da infiltração do necrochorume. Essas exigências devem ser apresentadas durante as três fases do processo de licenciamento ambiental: na fase da Licença Prévia (LP), na fase da Licença Instalação (LI) e na fase da Licença Operação (LO).

Na fase da LP deverá ser apresentada a caracterização da área do empreendimento, compreendendo: a localização do empreendimento, levantamento topográfico planialtimétrico e de cobertura vegetal, estudo demonstrando o nível máximo do lençol freático ao final da estação de maior precipitação pluviométrica e um estudo geotécnico; e o plano de implantação e operação do empreendimento.

Na fase da LI deverá ser apresentado o projeto do empreendimento contendo plantas e memoriais. E na fase da LO deverá ser apresentado o projeto executivo contemplando as medidas de mitigação e de controle ambiental.

A resolução CONAMA nº 335 estabelece alguns critérios para a execução do projeto do empreendimento como: a distância mínima de 1,5 m entre a base da sepultura e o nível máximo do lençol freático, medido no fim da estação das cheias, se a área não apresentar essa distância mínima, o sepultamento deve ser realizado acima do nível do terreno; a área de sepultamento deverá manter um recuo mínimo de 5 m em relação ao perímetro do cemitério, recuo que

deverá ser ampliado, caso necessário, em função das características hidrogeológicas desfavoráveis da área, como baixa distância do nível do lençol freático, baixa condutividade hidráulica, etc. No projeto executivo os critérios de controle ambiental são: a construção tumular deve apresentar dispositivo que permita a troca gasosa, proporcionando assim, as condições adequadas à decomposição dos cadáveres; os corpos sepultados poderão estar envoltos por mantas ou urnas constituídas de materiais biodegradáveis, não sendo recomendado o emprego de plástico, tintas, vernizes, metais pesados ou qualquer material nocivo ao meio ambiente; os resíduos sólidos, não humanos, resultantes da exumação dos corpos deverão ter destinação ambiental e sanitariamente adequada.

POLUIÇÃO AMBIENTAL DEVIDO A CEMITÉRIOS

A principal causa da poluição ambiental pelos cemitérios é o líquido liberado intermitentemente pelos cadáveres em putrefação, denominado de necrochorume.

Na putrefação são liberados os gases funerários, principalmente o gás sulfídrico (H_2S), o dióxido de carbono (CO_2), as mercaptanas, o gás metano (CH_4), a amônia (NH_3) e o fosfina (PH_3) – hidrato de fósforo, incolor e inflamável.

No entanto, outros poluentes, não menos importantes, levantados por Silva (1995, 1998) não podem ser esquecidos, como, por exemplo, os óxidos metálicos (Ti, Cr, Cd, Pb, Fe, Mn, Hg, Ni e outros) lixiviados dos adereços das urnas mortuárias, formaldeído e metanol utilizados na embalsamação, quase sempre são superdosados, pois as funerárias têm procedimentos próprios (ainda não normatizados). Atualmente vem sendo usada a técnica

de tanatopraxia, que é a técnica de preparar, maquiagem e, restaurar partes do falecido, por meio de cosméticos, corantes, enrijecedores, etc. O necrochorume pode veicular além de microrganismos oriundos do corpo, restos ou resíduos de tratamento químicos hospitalares (quimioterapia) e os compostos decorrentes da decomposição da matéria orgânica. Todos esses contaminantes incorporados ao fluxo de necrochorume são prejudiciais ao solo e águas subterrâneas.

Os compostos orgânicos liberados no processo de decomposição dos cadáveres são degradáveis e causam um aumento da atividade microbiana no solo sob a área de sepultamentos (MATOS, 2001). Ocorre também um aumento na presença de compostos de nitrogênio e fósforo, na concentração de sais (Cl^- , HCO_3^- , Ca^{+2} , Na^+) e consequentemente na condutividade elétrica, no pH e alcalinidade, e dureza da solução do solo.

FENÔMENOS TRANSFORMATIVOS DE CADÁVERES

Sob certas condições ambientais, podem ocorrer fenômenos transformativos destrutivos como *autólise* e *putrefação*, ou conservativos como a *mumificação* e *saponificação*.

A autólise se manifesta uma vez cessada a vida, anulam-se as trocas nutritivas das células e o meio acidifica-se. Sepultando o corpo, instalam-se os processos putrefativos de ordem físico-química, em que atuam vários microrganismos que podem ser aeróbios, anaeróbios ou facultativos.

O fenômeno da mumificação é a dessecação ou desidratação dos tecidos. Aparece em condições de clima quente, seco, com correntes de ar. Existem determinados tipos de solos que

propiciam a mumificação, como os arenosos das regiões desérticas. Em solos calcários, os corpos inumados podem sofrer uma fossilização incipiente, devido à substituição catiônica de sódio e potássio pelo cálcio (PACHECO e MATOS, 2000).

O fenômeno de saponificação é a hidrólise da gordura com liberação de ácidos graxos, que pela acidez, inibem a ação das bactérias putrefativas, atrasando a decomposição do cadáver (MATOS, 2001). Esse fenômeno ocorre em ambiente quente, úmido e anaeróbio, solos argilosos, com baixa condutividade hidráulica, alta capacidade de troca catiônica (CTC) e na presença de bactérias endógenas (SILVA, 1995). Em geral, a saponificação leva de cinco a 6 meses após a morte. O fenômeno é comum nos cemitérios brasileiros, tendo como causa a invasão das sepulturas por águas superficiais e subterrâneas.

A ocorrência desses fenômenos depende de fatores intrínsecos e extrínsecos. Os intrínsecos relacionam-se ao próprio cadáver, tais como: idade, constituição física e a causa da morte. Os extrínsecos são pertinentes ao ambiente onde o corpo foi sepultado, tais como: temperatura, umidade, aeração, constituição mineralógica do solo, condutividade hidráulica, entre outros.

Com relação à idade, Fávero (1991) registra que os recém-nascidos e as crianças se putrefazem mais rapidamente que os adultos.

A constituição do corpo age semelhantemente, transformando os indivíduos corpulentos e obesos mais rapidamente pela putrefação (FÁVERO, 1991).

A causa da morte tem grande influência no processo transformativo, pois grandes mutilações, estados gangrenosos e vítimas de infecções, putrefazem-se mais rapidamente (FRANÇA, 1985).

A temperatura condiciona a putrefação, pois Fávero (1991) afirma que temperatura muito alta ou muito baixa, retarda ou até interrompe a evolução do fenômeno. A temperatura favorável para a ação dos organismos putrefativos vai de 20 a 30°C. Segundo França (1985), temperaturas abaixo de 0°C não permitem o início do fenômeno, podendo conservar-se naturalmente o cadáver.

O teor de umidade do ambiente é de extrema importância na decomposição, pois climas muito secos interrompem a putrefação, favorecendo a mumificação, o contrário favorece a saponificação.

O ambiente precisa ter aeração, embora certos microrganismos sejam anaeróbicos. É necessário que a umidade e a temperatura do ar atendam às exigências dos organismos putrefativos. Os ambientes quentes e fortemente ventilados podem mumificar por processo natural.

NECROCHORUME

O necrochorume corresponde a um líquido viscoso mais denso que a água (1,23 g/cm³), rico em sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis, elevada DBO, de coloração castanho-acinzentado, polimerizável, e grau variado de patogenidade (SILVA, 1998; MATOS, 2001).

O necrochorume é constituído por 60% de água, 30% de sais e 10% de substâncias orgânicas (SILVA, 1998). Com a decomposição das substâncias orgânicas presentes no necrochorume, são geradas diversas diaminas, as mais preponderantes são as mais tóxicas: a putrescina (C₄H₁₂N₂) e a cadaverina (C₅H₁₄N₂), que podem ser degradadas, gerando amônio (NH₄⁺). A relação necrochorume/massa corpórea é da ordem de 0,6 L/kg (SILVA, 1995).

Encontra-se no necrochorume números elevados de bactérias heterotróficas, proteolíticas e lipolíticas. Encontram-se também *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Klebsiella* e *Citrobacter* e a *Streptococcus faecalis*, e microrganismos patogênicos como *Clostridium perfringens*, *Clostridium welchii* – estes causam tétano, gangrena gasosa e toxi-infecção alimentar; *Salmonella typhi* que causa a febre tifóide e *S. paratyphi* a febre paratífóide, *Shigella* causadora da desintéria bacilar e o vírus da hepatite A.

DISCUSSÃO

VULNERABILIDADE DO MEIO FÍSICO DE SUBSUPERFÍCIE À CONTAMINAÇÃO

Ocorre a contaminação do subsolo num dado local, se houver condições de vulnerabilidade no meio físico. Esta suscetibilidade é decorrência das características geológico-geotécnica e hidrogeológicas (SILVA, 1995) (Figura 1).

A zona não-saturada ou de aeração é composta de partículas sólidas e de espaços vazios, que são ocupados por porções variáveis de ar e água. O fluxo das águas intersticiais da zona não-saturada tende a se movimentar dos níveis de potencial hidráulico mais elevado para os mais baixos. Normalmente esse fluxo tem direção vertical.

Esse processo de fluxo continua na zona saturada, contudo com velocidades de percolação muito menores e com direção predominantemente horizontal.

Assim, a zona não-saturada age como filtro, principalmente pelo fato de seu ambiente (solo, ar e água) ser benéfico para o abrandamento ou eliminação de contaminante. Devido algumas características físico-químicas como alta aeração, baixa alcalinidade, alto índice de vazios entre as partículas

sólidas e a grande superfície específica dos poros presentes, são criadas, segundo Miotto (1990) algumas condições para:

- Interceptar, adsorver e eliminar bactérias e vírus;
- Adsorver e biodegradar muitos compostos orgânicos.

A filtração mecânica e absorção são os processos mais importantes na retenção dos organismos (PACHECO, 1986). A eficácia na retenção das bactérias e vírus depende da litologia, da aeração, da redução de umidade, da presença de nutrientes, etc. Esse mecanismo de filtração tem sua maior importância para organismos maiores como as bactérias (MATOS, 2001). Para os vírus, que são bem menores, o mecanismo de adsorção é mais importante, não sendo mais influenciados pela condutividade hidráulica, mas pela capacidade de troca iônica da argila e da matéria orgânica

presente no solo, que aumenta a sorção desses microrganismos nos seus colóides, evitando que os mesmos cheguem à zona saturada.

Schrops (1972) apud Pacheco (1986), em estudo feito em um cemitério na Alemanha, localizado em terrenos de aluvião não-consolidado, observou pelas análises químico-bacteriológicas realizadas a cada 0,5 m, que a diminuição no número de bactérias somente se inicia a partir de 3 m da base do túmulo, havendo uma redução de 97% do número de bactérias a 5,5 m, sendo praticamente nulo o número destas a 6 m.

A capacidade de retenção dos microrganismos é inversamente proporcional à condutividade hidráulica. As propriedades físicas do solo como textura, estrutura, índices de vazios e outras, afetam a capacidade de retenção. Segundo a resolução CONAMA nº335 a condutividade hidráulica do material

geológico de cemitérios deve ser entre 10^{-5} e 10^{-7} cm/s.

Nos terrenos destinados à implantação de cemitérios, a espessura da zona não saturada e o tipo de material geológico são fatores determinantes para a filtragem dos líquidos resultantes da decomposição de cadáveres. A porcentagem ideal de argila no solo é na faixa de 20 a 40%, para que os processos de decomposição aeróbica e as condições de drenagem do necrochorume sejam favorecidos (SILVA, 1995).

Solos com baixa condutividade hidráulica são bons retentores de contaminantes, mas isso faz com que o lençol freático se aproxime da superfície rapidamente, entrando diretamente em contato com as sepulturas e/ou camadas contaminadas do solo.

Romero (1970) apud Pacheco (1986) demonstrou que o percurso máximo em águas subterrâneas dos contaminantes biológicos em condições ordinárias varia entre 15 a 30 m na zona saturada, podendo ocorrer maiores distâncias em águas com nutrientes. Em meios de textura grosseira e em rochas fraturadas, os percursos do contaminante são maiores e, em áreas carstificadas, estes podem percorrer centenas de metros.

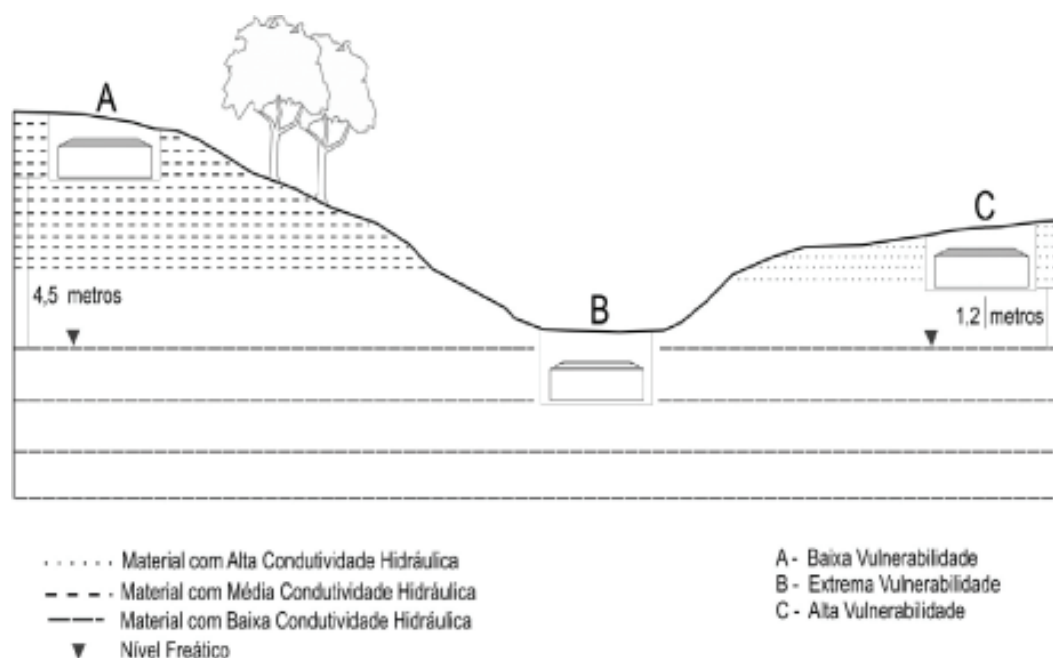
A Figura 2 apresenta um modelo de níveis de vulnerabilidade do meio físico de subsuperfície conforme o local de sepultamento e sua relação com a litologia e o nível freático.

A situação A, em que o material geológico apresenta média condutividade hidráulica e profundidade do nível freático acima do recomendado, é considerada como de baixa vulnerabilidade de contaminação favorecendo os fenômenos transformativos destrutivos, sendo assim indicado o processo de sepultamento. Já a situação B, em que o material



Figura 1 - Distribuição das águas no solo.

Figura 2 – Modelo de níveis de vulnerabilidade do meio físico de subsuperfície em cemitérios (adaptado de PACHECO, 1986).



geológico apresenta baixa condutividade hidráulica e o nível freático quase aflorante, é considerada como de extrema vulnerabilidade à contaminação e favorecendo fenômenos transformativos conservativos como da saponificação, sendo desfavorável o processo de sepultamento. Na situação C, o processo de sepultamento é desfavorável, devido ao material geológico que apresenta alta condutividade hidráulica e profundidade do nível freático abaixo do recomendado, sendo considerada como situação de alta vulnerabilidade.

RISCO DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUPERFICIAL

Nos cemitérios onde os terrenos estão impermeabilizados pelas construções tumulares e pela pavimentação das ruas, esta situação associada à declividade do piso e a um sistema de drenagem obsoleta favorece

o escoamento superficial das águas pluviais.

Nos períodos de alta pluviosidade, este escoamento inunda os túmulos mais vulneráveis e, após a lavagem da área do cemitério, estas águas são eventualmente lançadas na rede pluvial urbana e canalizadas para os corpos de água existentes na região, contaminando-os com substâncias do interior de cemitérios. Segundo a CETESB (1999), o perímetro e o interior do cemitério deverão ser providos de um sistema de drenagem adequado e eficiente, além de outros dispositivos (terraceamentos, taludamentos, etc.) destinados a captar, encaminhar e dispor de maneira segura o escoamento das águas pluviais e evitar erosões, alagamentos e movimentos de terra.

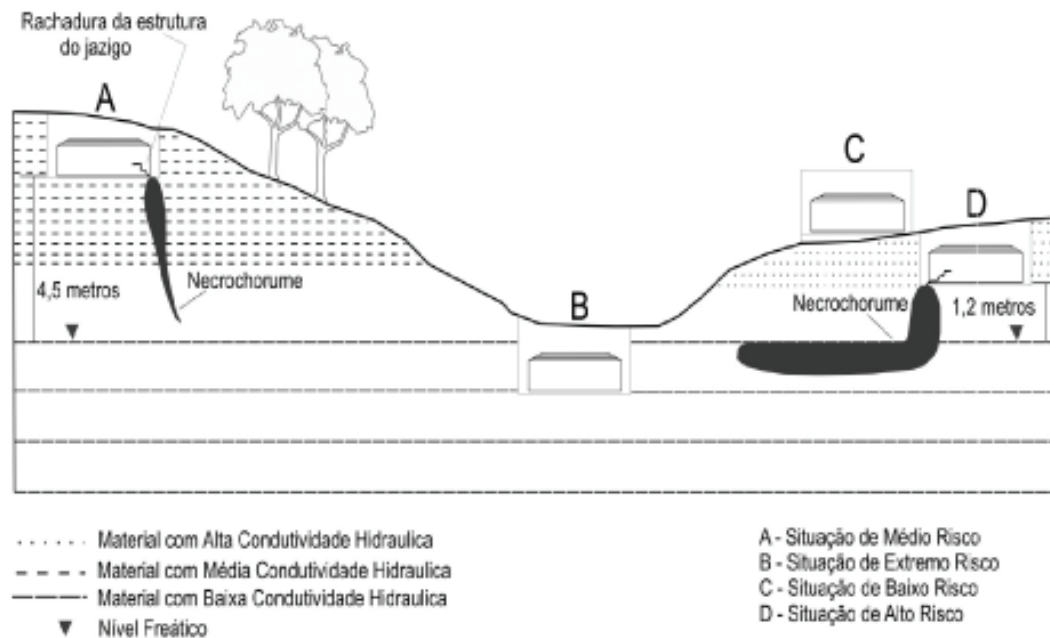
Além do artigo 5º, inciso IV da resolução CONAMA nº 335, que estabelece que a área de sepultamento deverá manter um recuo mínimo de 5 m em relação ao perímetro do cemitério,

a CETESB (1999) reporta que esse recuo deve conter uma cortina constituída por árvores e arbustos adequados, preferencialmente de espécies nativas, diminuindo assim a velocidade de escoamento e contribuindo para infiltração; mas deve-se ressaltar que a mesma norma aconselha que em zona de sepultamento, devem ser plantadas árvores de raízes pivotantes, a fim de evitar invasões de jazigos, destruição do piso e túmulos ou danos às redes de água, de esgoto e drenagem.

RISCO DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A vulnerabilidade de contaminação das águas subterrâneas é função da eficiência de filtragem físico-química do solo, atividades antrópicas passíveis de contaminação, medidas de controle ambiental, etc., sendo estas, variáveis para o gerenciamento do meio físico

Figura 3 – Modelo de risco à contaminação da água subterrânea (adaptado de PACHECO, 1986).



urbano como plano diretor, zoneamento ambiental urbano, entre outros.

A implantação de cemitérios em áreas que apresentem condições geológicas - materiais geológicos que propiciem fenômenos conservativos dos cadáveres ou materiais que propiciem menor retenção do contaminante em sua camada superficial, e hidrogeológicas - baixa profundidade do nível do lençol freático, podem levar a uma alteração nas características físico-química e bacteriológica destas águas, contaminando-as.

Pacheco (1986) salienta que túmulos em ruínas podem constituir um foco de contaminação das águas subterrâneas, tendo como principais causas o abatimento de solos, que provoca o aparecimento de rachaduras; a presença de árvores de grande porte com suas raízes não pivotantes; e a negligência dos proprietários.

A Figura 3 apresenta um modelo de quatro situações de sepultamento e seus

respectivos riscos à contaminação da água subterrânea pela pluma de contaminante, conforme o local do sepultamento e a relação aos materiais geológicos, profundidade do nível freático e os aspectos ambientais externos ao meio físico como rachaduras nos jazigos.

Na situação A ocorre uma lenta condução do contaminante devido à média condutividade hidráulica do material geológico, alta adsorção/ retenção devido às características geossanitárias do material argiloso aliado a profundidade do nível freático favorável, o contaminante é interceptado na zona não saturada, sendo assim classificada como situação de médio risco à contaminação da água subterrânea. Já na situação B o jazigo está locado sob o nível freático podendo ser inundado. Uma vez que, de maneira geral, os jazigos não são impermeáveis, considera-se essa uma situação de extremo risco. Na situação D há um favorecimento na

condução do contaminante a profundidades maiores, devido sua alta condutividade hidráulica aliada à baixa profundidade do nível freático, considera-se como situação de alto risco; para resolver esse tipo de situação objetivando a diminuição do risco a contaminação da água subterrânea, a resolução CONAMA nº 335 exige o sepultamento acima do nível natural do terreno, conforme a situação C.

CONCLUSÕES

As atividades de sepultamento de cadáveres, bem como os cemitérios têm que ser observados e considerados como atividades contaminantes, e áreas potencialmente contaminadas, respectivamente.

A contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas ocorre devido ao vazamento de necrochorume das construções tumulares. Sendo assim, há

o aumento de substâncias inorgânicas como compostos nitrogênio e fósforo, na concentração de sais minerais (Cl^- , HCO_3^- , Ca^{+2} , Na^+), e conseqüentemente na condutividade elétrica, no pH e na alcalinidade e dureza da solução do solo. São liberados também compostos orgânicos biodegradáveis, e que por esta razão causam um aumento da atividade microbiana no solo sob a área de sepultamentos.

Do ponto de vista da saúde pública, o principal risco que pode ser efetivamente associado à atividade dos cemitérios reside em possibilitar a ocorrência ou disseminar doenças a partir de microrganismos, por contato do risco direto, risco maior para os funcionários, ou através da contaminação de fontes de abastecimento de água para consumo humano e corpos d'água superficiais nas vizinhanças. Por isso, os cemitérios devem ser submetidos a avaliações sanitárias periódicas, por meio do monitoramento das características físico-químicas e biológicas da água subterrânea, principalmente nas regiões onde haja consumo de água captada de poços e fontes próximos a cemitérios.

A adequabilidade geológico-geotécnica do meio físico, como alta aeração, baixa alcalinidade, alto índice de vazios entre as partículas sólidas e a grande superfície específica dos poros presentes, favorece o processo de decomposição do cadáver e realiza a filtração físico-química dos compostos orgânicos e inorgânicos e retém os microrganismos patogênicos, diminuindo assim a possibilidade de contaminação do mesmo.

Na construção da maioria dos cemitérios implantados, não havia instrumentos legais de controle ambiental, não levando em conta estudos geológico-geotécnicos e hidrogeológicos, por isso, estes podem constituir-se em fonte com risco de

contaminação. Conforme a resolução CONAMA nº 335/2003 e 368/2006 esses cemitérios tem que se adequarem às exigências, como mudança do tipo de sepultamento, para acima do nível do terreno quando a profundidade do lençol freático na época de cheia for inferior a 1,5 m em relação à base da sepultura, manter a troca gasosa entre a construção tumular e o ambiente externo para facilitar a putrefação do cadáver. O descumprimento das disposições destas resoluções implicará em sanções penais e administrativas.

Apesar da existência de instrumentos regulamentadores para a atividade cemiterial, como as resoluções CONAMA nº 335/2003 e 368/2006 e estaduais como a norma técnica da CETESB L1.040/1999, o principal problema é o descumprimento dos instrumentos técnicos e legais para os cemitérios a serem implantados, bem como a falta de manutenção e gerenciamento dos já existentes.

Pela resolução CONAMA nº 368/2006, aos órgãos ambientais foi delegada a responsabilidade pelo licenciamento ambiental dos novos cemitérios e dos já existentes. É necessário licenciar, fiscalizar e gerenciar as atividades cemiteriais.

Os municípios devem estabelecer o planejamento do meio físico, possibilitando, no caso, direcionar a implantação de novos cemitérios em locais onde há adequabilidade nas características geológico-geotécnicas e hidrogeológica.

O gerenciamento ambiental dos cemitérios é de suma importância, busca estabelecer critérios de controle ambiental, observando os indicadores de saúde pública, como qualidade da água subterrânea, e critérios de prevenção e controle da eventual contaminação, como estabelecer dispositivos de drenagem superficial eficientes.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.M. de; MACÊDO, J.A.B. de. Parâmetros físico-químicos de caracterização da contaminação do lençol freático por necrochorume. In: SEMINÁRIO DE GESTÃO AMBIENTAL – Um convite a Interdisciplinariedade, 2005, Juiz de Fora. *Anais...* Juiz de Fora: Instituto Viana Junior, 2005.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 335, de 03 de abril de 2003*. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. 2003. Disponível em: <<http://www.aguaseguas.ufjf.br>>. Acesso em: 13 set. 2006.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução nº 368, de 28 de março de 2006*. Altera dispositivos da Resolução nº 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res36806.xml>>. Acesso em: 03 de abr. 2008.
- BRAZ, V.; BECKMANN, L. de C.M.; COSTA e SILVA, L. Integração de resultados bacteriológicos e geofísicos na investigação da contaminação de águas por cemitérios. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 1., 2000, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: ABAS, 2000. 1 CD-ROM.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. *Implantação de cemitérios*: Norma L1.040. São Paulo, 1999. 6 p.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. *Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas*. Programa CETESB/GTZ. São Paulo, 2001. 385p.
- DENT, B.B. *Hydrogeological Studies at Botany Cemetery*. 1995. M.Sc. Proj. Rept. – University of Technology of Sydney, Sydney, 1995.
- FÁVERO, F. *Medicina Legal*. 12. ed. Belo Horizonte: Vila Rica Editoras Reunidas, 1991.
- FRANÇA, G.V. de. *Medicina Legal*. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1985. 402p.
- MATOS, B.A. *Avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismo no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo*. 2001. 113 f. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- MIGLIORINI, R.B. *Cemitérios como fonte de poluição em aquíferos: estudo do cemitério Vila Formosa na bacia Sedimentar de São Paulo*. 1994.

74 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MIOTTO, S.L. *Aspectos geológico-geotécnicos da determinação da adequabilidade de áreas para implantação de cemitérios*. 1990. 116 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1990.

PACHECO, A. Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento. *Revista do Sistema de Planejamento e Administração Metropolitana*, São Paulo, n. 17, ano IV, p. 25-31, 1986.

PACHECO, A. et al. Cemeteries – a potential risk to groundwater. *Water Science and Technology*, Oxford, v. 24, n.11. p. 97-104, 1991.

PACHECO, A.; MATOS, B.A. Cemitérios e meio ambiente. *Tecnologias do Ambiente*, Lisboa, n. 33, p. 97-104, 2000.

PEQUENO MARINHO, A.M.C. *Contaminação de aquíferos por instalação de cemitérios: estudo de caso do cemitério São João Batista*. 1998. 88 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.

SILVA, L.M. Os Cemitérios na Problemática Ambiental. In: SINCESP & ACEMBRA: *Seminário Nacional "Cemitérios e Meio Ambiente"*, São Paulo, 1995. 1., 1995. (Apostila).

SILVA, L.M. Cemitérios: fonte potencial de contaminação dos aquíferos livres. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE HIDROLOGIA SUBTERRÂNEA, 4., 1998, Montevideo. *Memórias...* Montevideo: ALHSUD, 1998. v. 2, p. 667-681.

UCISIK, A.S.; RUSHBROOK, P. *The impact of cemeteries on the environment and public health: an introductory briefing*. Denmark: WHO Regional Office for Europe. 1998. 11 p.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo auxílio na execução desse trabalho.