

Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Curso de especialização em Gestão Hídrica e Ambiental

Implantação de Cemitérios – Impacto Ambiental nos Recursos
Hídricos, Medidas Preventivas e Mitigadoras: Um Estudo de
Caso em Macapá- Ap- Brasil

Maria Eleonora de Souza Cunha

ORIENTADOR: Prof. D.Sc. Milton Antonio da Silva Matta

Belém
2010

Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Curso de Especialização em Gestão Hídrica e Ambiental

Implantação de Cemitérios – Impacto Ambiental nos Recursos
Hídricos, Medidas Preventivas e Mitigadoras: Um Estudo de
Caso em Macapá- Ap- Brasil

Maria Eleonora de Souza Cunha

Prof. D.Sc Milton Antonio da Silva Matta (Orientador)

Prof. José Fernando Pina Assis (Examinador)

Belém
2010

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Amapaense de Línguas, pelo incentivo durante o curso e na realização deste trabalho.

À minha família, que sempre me incentivou nos estudos.

À equipe do Curso de Especialização a Distância em Gestão Hídrica e Ambiental, especialmente aos professores, pela oportunidade de realização do curso e pela atenção que nos foi dedicada em todos os momentos.

Aos Professores José Fernando Pina Assis e Milton Antonio da Silva Matta, pelas orientações e incentivo durante a árdua caminhada.

Os meus sinceros e profundos agradecimentos.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	3
SUMÁRIO	4
RESUMO	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	8
3. METODOLOGIA	9
3.1 METODOLOGIA DA PESQUISA HIDROGEOLÓGICA	9
4. ASPECTOS INTERESSANTES SOBRE CEMITÉRIOS NA LITERATURA	11
DISPONÍVEL	11
4.1 OS CEMITÉRIOS	11
4.2 IMPACTOS AMBIENTAIS DE CEMITÉRIOS	12
4.2.1 Necrochorume e outros Poluentes	14
4.2.2 Processos Transformadores em Cadáveres	15
4.3 RISCOS DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E	17
SUBTERRÂNEAS	17
4.4 MEDIDAS PREVENTIVAS E MITIGADORAS	18
4.4.1 Estudos Geológicos-Geotécnicos e Hidrogeológicos	18
4.5 LEGISLAÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DE CEMITÉRIOS	20
5. O CASO ESTUDADO - Localização e Fisiografia da Área Alvo	21
6. RESULTADOS DA PESQUISA GEOLÓGICO-HIDROGEOLÓGICA	26
6.1. GEOLOGIA LOCAL : ASPECTOS SEDIMENTOLÓGICOS	26
6.2. CARACTERIZAÇÃO DA HIDROGEOLOGIA LOCAL	27
7. ANÁLISE CRÍTICA DO TRABALHO REALIZADO NO ESTUDO DE CASO	33
8. CONCLUSÕES	34
8.1 PROPOSTAS PARA AÇÕES MITIGADORAS	35
REFERÊNCIAS	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização da cidade de Macapá – AP	22
Figura 2- Localização Geográfica da Área Alvo	23
Figura 3- Mapas Climatológicos de Precipitação Anual, em mm, com base na média de 30 anos (1978-2007)	24
Figura 4- Aspectos da vegetação da área estudada, com gramíneas em primeiro plano e mata de galeria ao fundo.	26
Figura 5– Mapa de Fluxo Subterrâneo da Área Alvo	28
Figura 6– Dados dos Poços e Tabela de Potencial Hidráulico da Área Alvo	29
Figura 7– Aspectos Comparativos entre o Mapa do Terreno e o Mapa de Fluxo Subterrâneo da Área Alvo	30
Figura 8 - Fluxograma para Avaliação de Vulnerabilidade segundo Foster e Hirata (apud MATTA, 2002)	32

RESUMO

Os cemitérios podem contaminar as águas superficiais e subterrâneas pelo necrochorume resultante da decomposição do corpo humano após a morte, gerando risco à saúde pública. O objetivo deste trabalho é analisar a relação da construção de cemitérios com possíveis contaminações dos recursos hídricos, utilizando um estudo de caso da cidade de Macapá-AP. Para tanto, foi realizada uma pesquisa hidrogeológica que constou de amplo levantamento bibliográfico, e, em campo, levantamentos topográfico, geológico e hidrogeológico do terreno destinado à implantação de um cemitério-parque. A pesquisa resultou no mapa planialtimétrico, no perfil geológico e no mapa de fluxo subterrâneo da área em questão, que permitiram a análise da viabilidade do empreendimento, mostrando a configuração geológica da área e a direção dos fluxos hídricos de leste para oeste parecendo configurar uma região de recarga do aquífero superior na região nordeste da área. Os estudos não mostraram nenhum impedimento para a construção do cemitério na área pesquisada, desde que a área destinada aos sepultamentos esteja situada na parte centro-este do terreno, onde as cotas topográficas são superiores a 9,0 metros e o nível do lençol freático está a mais de 4,0 metros de profundidade. A análise da vulnerabilidade ambiental pelo método GOD mostrou valor final de 0,048, nível de vulnerabilidade negligenciável, o que constitui outro ponto favorável ao empreendimento. Como medidas mitigadoras recomenda-se que seja construído em toda a área do cemitério um sistema de drenagem adequado e eficiente; e que os poços construídos sejam destinados ao monitoramento contínuo da água subterrânea. Para políticas públicas, sugere-se que as resoluções CONAMA 335/2003 e 368/2006 sejam respeitadas e que cada localidade tenha seu próprio Termo de Referência para este tipo de empreendimento, levando-se em consideração suas características fisiográficas, geológicas e hidrogeológicas, visando a proteção e preservação do solo e das águas subterrâneas.

Palavras chave: cemitérios, recursos hídricos, contaminação, necrochorume

ABSTRACT

Cemeteries can be contamination sources of the superficial water and groundwater through the necrochorume, the liquid of the corpses decomposition, what can be a risk for public health. The aim of this study is to show the connection between cemeteries and possible contamination of water resources through a case study in the city of Macapá-AP. The research involved bibliography survey and field work composed of geologic and hydrologic research in an area selected for a project of a cemetery construction in the north of Macapá. The topographic map, the geological descriptions of the underground material and the map of groundwater flow of the site have been made. All this allowed an analysis of the feasibility of the project by showing data such as the geological configuration of the area and the direction of the groundwater flow from east to west, along with the probability of the aquifer recharge zone being located in the northeast of the site. The results of the studies were favorable for the project as long as the area for the burials is located in the east-central part of the site where topographic elevation is above 9,0 meters and the water table depth is greater than 4,0 meters. The analysis of the vulnerability of the upper aquifer by the GOD method showed a 0,048 result, which means a low level of vulnerability, what is positive for the project. It is recommended that the project have an adequate and efficient drainage system in all its area, and that the wells constructed for the researches turn into groundwater monitoring wells for continuous record of the groundwater quality. For public policies it is recommended that Resolutions CONAMA 335/2003 and 368/2006 be respected and that each place have its own Terms of Reference for this kind of project, considering its physiographic, geologic and hydrologic features, for the purpose of the environment protection.

Key words: cemetery, water resources, contamination, necrochorume

1. INTRODUÇÃO

A implantação, ou mesmo a existência de cemitérios mal planejados, pode ocasionar contaminação de águas superficiais e subterrâneas pelo necrochorume resultante da decomposição do corpo humano após a morte, gerando risco à saúde pública. Sendo assim, a cada cemitério a ser implantado, faz-se necessário buscar mais conhecimento sobre o assunto visando uma melhor gestão dos recursos hídricos, para que sejam tomadas medidas preventivas e mitigadoras com relação ao impacto ambiental causado por este tipo de empreendimento.

Este trabalho está relacionado a um estudo geológico-hidrogeológico realizado na cidade de Macapá em uma área onde se pretende implantar um cemitério-parque. Faz-se uma análise crítica da metodologia e dos resultados apurados, e são feitas sugestões para melhor caracterização do local para os sepultamentos, e para as medidas a serem tomadas após a implantação do cemitério visando à proteção dos recursos hídricos locais de possível contaminação.

2. OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é analisar a relação da construção de cemitérios com possíveis contaminações dos recursos hídricos, utilizando um estudo de caso da cidade de Macapá-AP.

Como objetivos específicos estão:

- fornecer propostas concretas de ações complementares a serem realizadas antes da implantação do empreendimento estudado e de ações mitigadoras a serem executadas durante o pleno funcionamento do cemitério em questão visando a proteção dos recursos hídricos locais;

- fornecer, aos poderes públicos, fundamentos técnicos para nortear a escolha de locais mais apropriados e condições mais propícias para a construção de cemitérios urbanos.

3. METODOLOGIA

Foi realizada pesquisa bibliográfica utilizando-se as bases de dados do site *scholar.google*TM, além de artigos científicos e teses de doutorado, para fazer um levantamento dos impactos gerados por cemitérios aos recursos hídricos e da legislação vigente relacionada a este tipo de empreendimento a nível nacional e local, e também uma pesquisa hidrogeológica em uma área na cidade de Macapá-Ap, Brasil, onde se pretende implantar um cemitério-parque, cuja metodologia está descrita no item 3.1, a seguir.

Com os resultados obtidos na pesquisa de campo e os dados levantados na pesquisa bibliográfica, foi realizada uma análise para avaliar se o que foi executado é suficiente ou não para a conclusão sobre a viabilidade do empreendimento no local, e são feitas propostas para ações complementares que possam fornecer melhores bases para a conclusão final, além de propostas para ações mitigadoras a serem executadas após o início do funcionamento do empreendimento.

3.1 METODOLOGIA DA PESQUISA HIDROGEOLÓGICA

Para a realização da pesquisa hidrogeológica, foi realizado levantamento fisiográfico, geológico e hidrogeológico do terreno destinado ao cemitério, além de leitura dos principais trabalhos desenvolvidos na região relacionados à pesquisa hidrogeológica e à implantação dos cemitérios já existentes na cidade. O estudo realizado foi descritivo e exploratório.

Na fase preliminar da pesquisa foi realizado o levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral da área para servir de base aos trabalhos posteriores (ANEXO – Mapa de Detalhe do Terreno). Na fase de campo, foram construídos 05 (cinco) poços tubulares, com profundidades variando de 4,0 metros até 13,0 metros, cujo posicionamento foi decidido através da análise do mapa planialtimétrico, onde foram escolhidos locais com diferentes cotas topográficas e em pontos estratégicos para a delimitação da área para os sepultamentos. A perfuração de cada poço foi feita até atingir 1,0 metro após o aparecimento da água do aquífero.

Nestes poços foi realizada amostragem geológica, a cada variação de litologia, para caracterização do perfil geológico até a profundidade de 13 metros. Após 72 horas da perfuração, permitindo-se que o nível hidrostático atingisse seu ponto de repouso, foi medido o nível do lençol freático e anotadas as respectivas cotas topográficas de cada poço para o cálculo do Potencial Hidráulico. A variação sazonal de nível freático foi obtida através de informações fornecidas por moradores das redondezas e está entre 2,0 e 3,0 metros. Considerando-se que a pesquisa foi realizada no inverno, época de nível mais alto, os dados encontrados são os de maior nível, podendo haver variação de 1,0 (um) metro para mais ou para menos.

A verificação do fluxo subterrâneo foi feita através de medidas dos níveis estáticos em cada poço escavado e também em poços do tipo amazonas pré-existentes na vizinhança do terreno. Para obtenção dos valores do potencial hidráulico, os valores dos níveis estáticos coletados em cada um destes poços foram subtraídos dos valores de suas respectivas cotas topográficas. A partir da tabela de potenciais hidráulicos e de coordenadas geográficas de cada ponto, utilizou-se o programa SURFER FOR WINDOWS para a construção gráfica do fluxo subterrâneo.

4. ASPECTOS INTERESSANTES SOBRE CEMITÉRIOS NA LITERATURA DISPONÍVEL

Há um conjunto de temas que são relevantes quando se trata de cemitérios e sua relação com o meio ambiente, que serão aqui tratados.

4.1 OS CEMITÉRIOS

Cemitério ou Necrópole é a área destinada a sepultamento de cadáveres. Os cemitérios podem ser do tipo Horizontal, que são localizados em áreas descobertas, compreendendo os cemitérios tradicionais e os do tipo Parque ou Jardim; Vertical, que é um edifício de um ou mais pavimentos dotado de compartimentos destinados aos sepultamentos; e também cemitérios de animais (BRASIL, 2003).

Silva *et al* (2006) menciona que os cemitérios surgiram há mais de 100 mil anos, com a finalidade de enterrar os corpos dos mortos, para evitar predadores e pelo incomodo que um corpo em decomposição pode ocasionar; e que, com o passar do tempo, este costume foi inserido em rituais religiosos dos povos, tornando-se prática obrigatória na maioria das religiões, como por exemplo as civilizações dos egípcios e dos maias, bastante distintas em épocas e costumes, porém para as quais o sepultamento era um momento extremamente importante.

A mesma autora informa que, oriunda do grego, a palavra *koimetérion* que significa dormitório, e do latim *coemeteriu*, que tem o mesmo significado, passa a ser visto sob um novo contexto a partir do cristianismo, passando a ser um local de descanso após a morte. Assim, a partir de meados do século XVII, os mortos começaram a ser enterrados nas igrejas, abadias, mosteiros, conventos, seminários e hospitais.

Segundo Silva (2008), os cemitérios passaram a ser observados como impactantes ao meio ambiente e à saúde pública a partir do século XVIII, quando se observou que o costume de sepultar mortos em igrejas e imediações, vindo desde a Idade Média, resultava em aumento significativo de epidemias como tifo, peste negra e outras. Assim, por motivo de saúde pública, estes tipos de sepultamentos foram proibidos e surgiu o costume de fazer os sepultamentos em lugares ao ar

livre, o mais longe possível da zona urbana, seguindo o modelo já adotado por povos como os japoneses, chineses e judeus.

Atualmente, porém, continua o autor, devido à urbanização acelerada e desordenada, os cemitérios estão localizados no meio das cidades, podendo causar impacto ao meio ambiente pela contaminação do subsolo por meio do aumento da concentração de substâncias orgânicas e inorgânicas nas águas subterrâneas, além da eventual presença de organismos patogênicos, todos resultantes da decomposição de corpos e dos materiais de caixões e outros utilizados nos sepultamentos (SILVA, 2008).

4.2 IMPACTOS AMBIENTAIS DE CEMITÉRIOS

Impacto ambiental é o impacto sobre o ambiente físico e biológico e sobre a saúde e bem-estar humano causado por projetos, empreendimentos, procedimentos operacionais e outras atividades humanas, e também por alterações naturais (MATTA, 2007a). O sepultamento de cadáveres gera fontes poluidoras do meio físico, sendo então uma atividade considerada como de impacto ambiental (MATOS, 2001).

Uma área contaminada é definida como um local onde há comprovadamente poluição 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, que causem prejuízo à qualquer forma de vida nela existente (CETESB, 2001).

Conforme Cavalcante & Matta (2007.a), uma água é considerada contaminada quando os teores das substâncias introduzidas ficam acima dos valores máximos permitidos pelos padrões (nacionais ou internacionais) de qualidade para consumo humano, industrial ou agrícola.

Os cemitérios podem ocasionar danos ambientais, especialmente sobre a qualidade das águas subterrâneas adjacentes, pois a infiltração e percolação das águas pluviais através dos túmulos e solo provocam a migração de compostos químicos orgânicos e inorgânicos através da zona não saturada, podendo atingir a zona saturada e poluir o aquífero (ROMANÓ, 2005).

Segundo Romanó (2005), o maior impacto causado ao meio físico é o extravasamento do necrochorume e o seu aporte no nível hidrostático, onde a contaminação até então localizada, poderá disseminar-se (pluma de poluição). Entretanto, conforme Silva (1999), a camada de solo reúne condições de degradar a matéria orgânica enterrada, em condições normais de aeração, na porção acima do nível das águas subterrâneas, dependendo de sua constituição mineralógica, das condições intempéricas e do conteúdo microbiológico.

Pacheco (1986) menciona o estudo de Schrops, 1976, em um cemitério na Alemanha, em terreno de aluvião inconsolidado, onde através de análises químico-bacteriológicas foi observado que a diminuição no número de bactérias somente se inicia a partir de 3,0 m (três metros) da base do túmulo, havendo uma redução de 97% deste número a 5,5 m (cinco metros e meio), sendo praticamente nulo a 6,0 m (seis metros).

No Brasil, vários estudos do subsolo e das águas subterrâneas em áreas de cemitérios e adjacências denunciam casos de contaminação. Pacheco *et al* (1991) constataram contaminação do aquífero freático por microorganismos em dois cemitérios no município de São Paulo e em um cemitério no município de Santos. Migliorini (1994) relata o aumento na concentração de íons e de compostos nitrogenados nas águas subterrâneas de um cemitério em Vila Formosa, São Paulo. Pequeno Marinho (1998) constatou a presença de bactérias e compostos nitrogenados no aquífero freático do cemitério de São João Batista em Fortaleza, Ceará.

Braz *et al* (2000) relatam números elevados de bactérias em poços a jusante do cemitério do Bengui em Belém, Pará. Em 2001, um estudo no aquífero freático na área do cemitério Vila Nova Cachoeirinha em São Paulo, encontrou bactérias e vírus, sendo que estes últimos foram transportados a mais de 3,2 m da fonte de contaminação, na zona saturada, até atingir o aquífero (MATOS, 2001). O autor menciona também que os resultados da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e da condutividade elétrica foram maiores nas águas próximas das sepulturas.

Em 2005, foram estudados cinco cemitérios na cidade de Juiz de Fora, M.G, e foi observado aumento da condutividade elétrica e de íons de cloreto a jusante do fluxo da água subterrânea vinda destes locais (ALMEIDA & MACEDO, 2005).

Em Macapá, não há nenhum estudo publicado referente à implantação dos cemitérios já existentes, havendo apenas um relatório interno do IEPA (Instituto de

Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá) de um laudo geofísico realizado na área do cemitério municipal de Macapá, localizado na Rodovia Perimetral Norte, BR 210, próximo ao Km6, no qual foi utilizado o método GPR (Ground Penetrating Radar) para se caracterizar uma área de baixa vulnerabilidade com relação aos elementos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos para a implantação do cemitério (IEPA, 1999).

4.2.1 Necrochorume e outros Poluentes

Silva (1995;1998) cita que o líquido resultante da decomposição do corpo humano após a morte é denominado de *necrochorume*, e é a principal causa de poluição ambiental pelos cemitérios. Além disso, o autor também menciona outros poluentes não menos importantes que devem ser considerados, tais como os óxidos metálicos (Ti, Cr, Cd, Pb, Fe, Mn, Hg, Ni e outros) lixiviados dos adereços das urnas mortuárias; o formaldeído e o metanol utilizados na embalsamação, quase sempre superdosados; restos e resíduos de tratamento químico hospitalar (quimioterapia); e restos e resíduos de produtos químicos cosméticos utilizados na técnica de tanatopraxia, que é uma técnica de preparar, maquiar e restaurar partes do falecido por meio de cosméticos, corantes, enrijecedores, etc. Todos esses contaminantes são incorporados ao fluxo do necrochorume no subsolo (SILVA, 1995;1998).

O necrochorume é um líquido escuro, rico em sais minerais, bactérias e vírus, mais denso do que a água, sendo sua densidade igual a $1,23\text{g/cm}^3$; tem elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO), é polimerizável e apresenta grau variado de patogenicidade (SILVA,1998; MATOS, 2001). É constituído por 60% de água, 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas (SILVA,1998).

Conforme Silva (1995), a decomposição das substâncias orgânicas existentes no necrochorume dá origem a diversas diaminas, sendo que as mais preponderantes são as mais tóxicas: a *putrecina* ($\text{C}_4\text{H}_{12}\text{N}_2$) e a *cadaverina* ($\text{C}_5\text{H}_{14}\text{N}_2$), que quando degradadas geram amônio (NH_4^+). A relação necrochorume/massa corpórea é da ordem de 0,6L/Kg (SILVA, 1995).

Silva (2008) informa que são encontrados no necrochorume números elevados de bactérias heterotróficas, proteolíticas e lipolíticas. O mesmo autor menciona também a existência de *Escherichia coli*, espécie dos gêneros

Enterobacter, *Klebsiella* e *Citrobacter*, *Streptococcus faecalis*, além de microorganismos patogênicos como *Clostridium perfringens* e *Clostridium welchii*, que causam tétano, gangrena gasosa e toxi-infecção alimentar; *Salmonella typhi* que causa a febre tifóide e *S. paratyphi*, a febre paratifóide, e espécies do gênero *Shigella* causadoras da desintéria bacilar e o vírus da hepatite A (SILVA, 2008).

O necrochorume e os microorganismos provenientes da decomposição, além dos outros poluentes mencionados acima, podem contaminar o solo, a água subterrânea e, conseqüentemente, o lençol freático, atingindo a população que vier a consumir esta água (SILVA *et al*, 2006). A mesma autora também informa que os microorganismos podem se propagar a uma distancia superior a 400 metros além cemitério, sendo responsáveis por doenças de veiculação hídrica, que, em geral, causam fortes distúrbios gastrintestinais, tais como vômitos, cólicas e diarréias. No Brasil, as principais doenças de veiculação hídrica são a hepatite, a leptospirose, a febre tifóide e o cólera, podendo ainda ocorrer a contaminação da poliomielite. Normalmente o transporte do necrochorume e patógenos é acelerado pelas águas das chuvas (SILVA *et al*, 2006).

4.2.2 Processos Transformadores em Cadáveres

O corpo humano, após a morte, conforme as condições ambientais do local de sepultamento, passa por fenômenos transformativos que podem ser destrutivos, como a autólise e a putrefação, ou conservativos como a mumificação e a saponificação (SILVA, 2008).

A autólise é o processo auto-destrutivo das células e tecidos, que se opera sem interferência externa, no qual há a liberação de enzimas proteolíticas contidas nos lisossomas (SILVA, 2008).

Ucisik e Rushbrook (1998) mencionam que a putrefação ocorre através de processos físico-químicos, em que atuam vários microorganismos que podem ser aeróbios, anaeróbios ou facultativos; e que o processo inicia logo após o óbito e continua no túmulo (jazigo) ou no solo (inumação). Conforme Pacheco (1986), o processo constitui dois períodos: o gasoso e o coliquativo. No primeiro ocorre a produção do necrochorume, que pode atingir valores na ordem de 07 a 12 litros, em

um período de 01 a 04 semanas; no segundo período, de duração de 02 a 08 anos, ocorre a dissolução pútrida (PACHECO, 1986).

A temperatura é um importante fator condicionante da putrefação: temperatura muito alta ou muito baixa retarda ou até interrompe a evolução do processo; e a temperatura entre 20° C e 30° C é a mais favorável para a ação dos microorganismos putrefativos (FÁVERO, 1991). Segundo França (1985), temperaturas abaixo de 0° C não permitem o início do processo, podendo conservar-se naturalmente o cadáver.

Conforme Silva (2008), o teor de umidade do ambiente é também muito importante neste processo, pois climas muito secos favorecem a mumificação, e os muito úmidos, a saponificação. O autor informa que é necessário que a umidade e a temperatura do ar atendam às exigências dos organismos putrefativos, e que o ambiente precisa ter aeração, embora certos microorganismos sejam anaeróbicos (SILVA, 2008).

Em Pacheco e Matos (2000) encontra-se que a mumificação é a dessecação ou desidratação dos tecidos que ocorre em climas quentes e secos, com correntes de ar. Os mesmos autores citam que determinados tipos de solos como os arenosos das regiões desérticas, favorecem a mumificação; e informam também que em solos calcários, os corpos inumados podem sofrer uma fossilização incipiente, devido à substituição catiônica de sódio e potássio pelo cálcio.

A saponificação é a hidrólise da gordura com liberação de ácidos graxos, que pela acidez, inibem a ação das bactérias putrefativas, retardando a putrefação 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). É um fenômeno comum nos cemitérios brasileiros, causado principalmente pela invasão das sepulturas por águas superficiais e subterrâneas (SILVA, 2008).

4.3 RISCOS DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS

Sob determinadas condições, conforme as características geológico-geotécnicas e hidrogeológicas locais, pode ocorrer contaminação tanto da água superficial quanto da água subterrânea como resultado do sepultamento de corpos (SILVA, 1995).

As águas superficiais podem sofrer contaminação em casos de cemitérios cujos terrenos se encontram impermeabilizados pelas construções tumulares e pela pavimentação das ruas. Em casos onde há declividade do piso associada a um sistema de drenagem obsoleto, haverá então facilidade de escoamento superficial das águas pluviais, e, no período de alta pluviosidade, este escoamento inunda os túmulos mais vulneráveis causando uma “lavagem” da área do cemitério, resultando no lançamento desta água poluída na rede pluvial urbana e, conseqüentemente, nos corpos d’água existentes na região, contaminando-os com substancias provenientes do interior dos cemitérios (SILVA, 2008).

Quanto às águas subterrâneas, é importante conhecer o movimento da água no subsolo. A água proveniente da precipitação penetra no solo através da infiltração, e o tipo de solo é fundamental neste processo. Em solos muito permeáveis, como os arenosos, a taxa de percolação é de vários metros por ano, enquanto que em solos argilosos é de 1,0 a 2,0 metros por ano (MATTA, 2007b).

Silva (2008) conclui que a implantação de cemitérios em áreas que apresentem na sua constituição geológica materiais que propiciem fenômenos conservativos de cadáveres ou materiais com menor retenção do contaminante na zona não-saturada apresenta risco de alteração nas características físico-químicas e bacteriológicas das águas subterrâneas, causando sua contaminação; e considera também que a baixa profundidade do nível freático é um fator de risco de contaminação destas águas.

Outros fatores de contaminação das águas são os túmulos em ruínas, tendo como principal causa o abatimento de solos, provocando rachaduras; a presença de árvores de grande porte com raízes não pivotantes; e a negligencia dos proprietários dos túmulos (PACHECO, 1986).

4.4 MEDIDAS PREVENTIVAS E MITIGADORAS

Para a implantação de um cemitério é necessário que haja instrumentos legais de controle ambiental e estudos geológicos-geotécnicos e hidrogeológicos para planejamento do empreendimento em locais adequados (SILVA, 2006). Após a implantação, assim como para cemitérios já existentes, é necessário um gerenciamento ambiental que busque estabelecer critérios de controle ambiental visando os indicadores de saúde pública, como a qualidade da água subterrânea, e critérios de prevenção e controle de eventual contaminação, como, por exemplo, criar dispositivos de drenagem superficial eficientes (SILVA, 2006).

4.4.1 Estudos Geológicos-Geotécnicos e Hidrogeológicos

Conforme Pires (2008) é fundamental que haja um estudo geológico-geotécnico e hidrogeológico para verificação das condições do local antes da implantação de um cemitério em determinado terreno. A autora considera que através destes estudos, pode-se ter informações topográficas, litológicas, geológicas e estruturais, hidrogeológicas, tipo de solo e suas características, drenagem superficial, enfim, um conjunto de dados que possam auxiliar em conclusões sobre itens como a capacidade de infiltração do solo, dificuldades de escavação, adequação para instalações subterrâneas, adequação para disposição de rejeitos, etc. e que podem fornecer uma “carta de adequabilidade do terreno para áreas destinadas à implantação de cemitérios”.

Matos (2001) considera essencial a realização de estudos das características geofísicas antes de se destinar uma área para necrópoles, além do estudo das características do solo, da permeabilidade e do nível freático. Para o autor, o método geofísico de sondagens elétricas é útil para a caracterização do tipo de material do solo, pois a resistividade elétrica do terreno será determinada de acordo com a rapidez com que a corrente gerada pela descarga atravesse as camadas subterrâneas. Desta forma, informa o autor, em terrenos mais sólidos há maior velocidade de propagação, sendo então possível verificar a profundidade do embasamento rochoso e do aquífero.

Com relação ao aquífero livre, Oliveira *et al* (2004) realizaram um trabalho sobre a avaliação do grau de vulnerabilidade do aquífero livre. Estes autores citam que a vulnerabilidade natural de um sistema aquífero é a probabilidade ou risco maior ou menor que o mesmo tem de ser contaminado; ou ainda pode ser a capacidade de atenuação que o subsolo possui, em função da ocorrência de diversos processos físico-químicos e biológicos, capazes de reter, eliminar e filtrar cargas contaminantes. A metodologia utilizada no trabalho de Oliveira *et al* (2004) constou de cadastramento sazonal de poços existentes na área de estudo, consistindo de localização georreferenciada dos poços, medições de nível d'água em várias épocas do ano, perfil estratigráfico da zona não-saturada e mapa topográfico. A partir destes dados, os autores confeccionaram mapas potenciométricos para os períodos de estiagem e de chuvas com auxílio do *Software Surf 7.0*, através do modelo de interpolação por curvatura mínima; e concluíram o trabalho com a análise da vulnerabilidade do aquífero, através do Método GOD que consiste na atribuição de índices de 0 a 1 para cada um dos seguintes parâmetros: G= tipo de aquífero, O= litologia, D= profundidade do nível estático, sendo que valores próximos de 0 indicam menor vulnerabilidade e os mais próximos de 1 maior vulnerabilidade do sistema.

Matta (2002) também utiliza a metodologia GOD para a elaboração do mapa preliminar de vulnerabilidade natural de aquíferos em Barcarena/ Pa e menciona que é uma metodologia proposta por Foster & Hirata em 1993. O autor utiliza esta metodologia acoplada a um sistema de análise das cargas contaminantes impostas em superfície e subsuperfície e ao estudo do fluxo da água do aquífero livre.

O conhecimento dos fluxos das águas subterrâneas constitui uma ferramenta importante no estabelecimento de locais menos ou mais propícios para instalação dos cemitérios (MATTA, 2002). Segundo o autor, o conhecimento do comportamento das superfícies potenciométricas em uma determinada área é de fundamental importância para a gestão integrada dos recursos hídricos, além de se constituir em uma importante ferramenta no controle e gestão dos processos contaminantes das águas subterrâneas da área estudada.

O mapeamento dos fluxos hídricos subterrâneos permite estabelecer a direção e o sentido em que a água subterrânea está se deslocando e visualizar o local mais adequado para a construção dos cemitérios (MATTA, 2002).

4.5 LEGISLAÇÃO PARA IMPLANTAÇÃO DE CEMITÉRIOS

Em âmbito federal, para implantação de cemitérios horizontais e verticais no país, foi promulgada em abril de 2003 a Resolução do Conselho Federal do Meio Ambiente (CONAMA) n° 335 que exige que os órgãos ambientais estaduais passem a licenciar e fiscalizar a implantação de novos cemitérios e adequar os cemitérios já existentes às regras vigentes. Em março de 2006, foi promulgada a Resolução CONAMA n° 368 que altera alguns dispositivos da Resolução n° 335/2003. Estas duas resoluções têm sido a base para a legislação ambiental referente a cemitérios em muitos Estados e municípios, como por exemplo, Rio Grande do Norte (IDEMA,2006). Os Estados do Rio de Janeiro, São Paulo e Pará já dispunham de legislação referente à implantação de cemitérios anteriores à Resolução CONAMA n° 335/2003, que, em geral, têm disposições bem semelhantes, principalmente quanto à exigência de sondagens geológicas no terreno (in Matos, 2001).

A Resolução CONAMA n° 335/2003, com as alterações dispostas na Resolução n° 368, estabelece as regras para os projetos de cemitérios visando garantir a decomposição normal do cadáver e proteger as águas subterrâneas da infiltração do necrochorume. Na fase de Licença Prévia (LP) deverá ser apresentada a caracterização do empreendimento, levantamento topográfico planialtimétrico e de cobertura vegetal, estudo hidrogeológico demonstrando o nível máximo do lençol freático e um estudo geotécnico, além do plano de implantação e operação do empreendimento. Nas fases seguintes, Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO), são exigidos projetos contemplando medidas mitigadoras e de controle ambiental.

Os critérios estabelecidos nestas resoluções para implantação compreendem: a distancia mínima de 1,5 m entre a base da sepultura e o nível máximo do lençol freático; a área de sepultamento deverá manter um recuo mínimo de 5,0 m em relação ao perímetro do cemitério, o qual deverá ser ampliado, caso necessário, em função de características hidrogeológicas desfavoráveis da área, como baixa distancia do lençol freático, baixa condutividade hidráulica, etc.

Além do disposto nas Resoluções federais 335/03 e 368/06, para melhor proteção ambiental, a Cetesb/ SP (CETESB, 1999) define também que 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.

No Estado do Amapá, os órgãos ambientais competentes para licenciamento de necrópoles seguem as normas das Resoluções CONAMA 335/03 e 368/06.

5. O CASO ESTUDADO - Localização e Fisiografia da Área Alvo

O município de Macapá está localizado na região Sudeste do Estado do Amapá, estendendo-se da margem esquerda do Rio Amazonas (entre os rios Pedreira, Matapi e litoral atlântico) até a nascente do Rio Maruanum. É cortado pela linha do Equador e sua altitude é de 16,48m (sede). A cidade de Macapá é a capital do Estado, com 366.484 habitantes e 6.563 Km² de área, conforme IBGE, 2009 (Figura 1).

A área estudada encontra-se na região norte da cidade de Macapá, em um terreno de aproximadamente 80 hectares, de propriedade privada, situado no bairro Brasil Novo, distante 18 Km do centro da cidade, na altura do Km4 da rodovia Perimetral Norte, BR210, a apenas 1,0Km do cemitério municipal (Figura 2).

O bairro Brasil Novo é uma área de ocupação recente, com as ruas principais asfaltadas, porém sem saneamento básico. Não há rede de esgoto e drenagem superficial, e a comunidade utiliza fossas negras para armazenamento dos efluentes domésticos. Em grande parte das residências há poço do tipo Amazonas para o abastecimento de água.



Figura 1- Localização da cidade de Macapá – AP
A= Latitude 00° 02' 18.84" N e Longitude 51° 03' 59.10" W
Fonte: Google Maps- Brasil

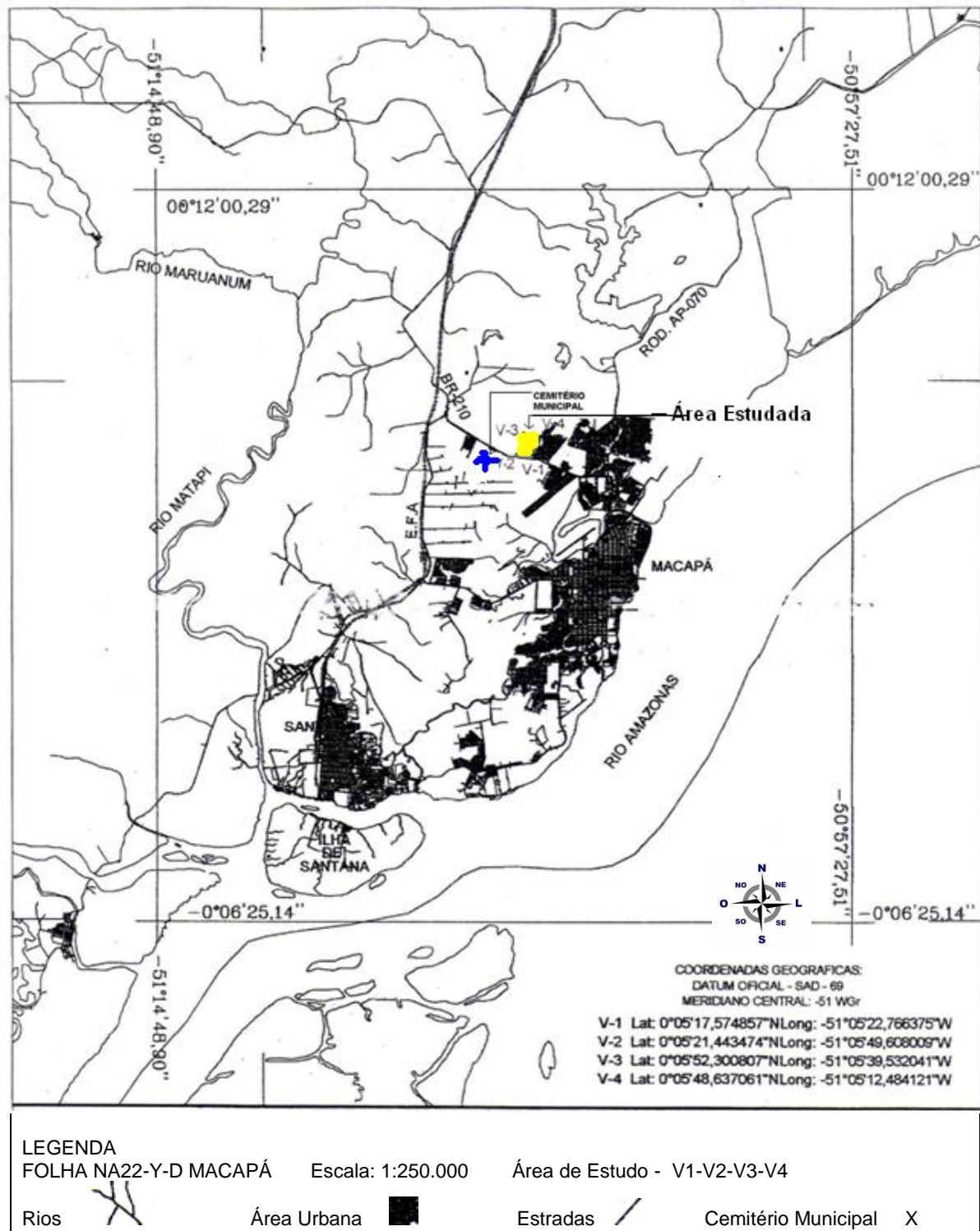


Figura 2- Localização Geográfica da Área Alvo

Fonte: CUNHA, 2007

O clima local é Equatorial quente-úmido, com temperatura máxima de 34° C e mínima de 22° C; e alta umidade do ar, com média de 80%. Quanto a precipitação, conforme Souza e Cunha (2010), o volume de chuva anual na região de Macapá é de aproximadamente 2.600mm, sendo o período mais seco nos meses de setembro a novembro (menos de 200 mm trimestral) e o mais chuvoso nos meses de março a maio (chuva trimestral em torno de 1.000mm) (Figura 3).

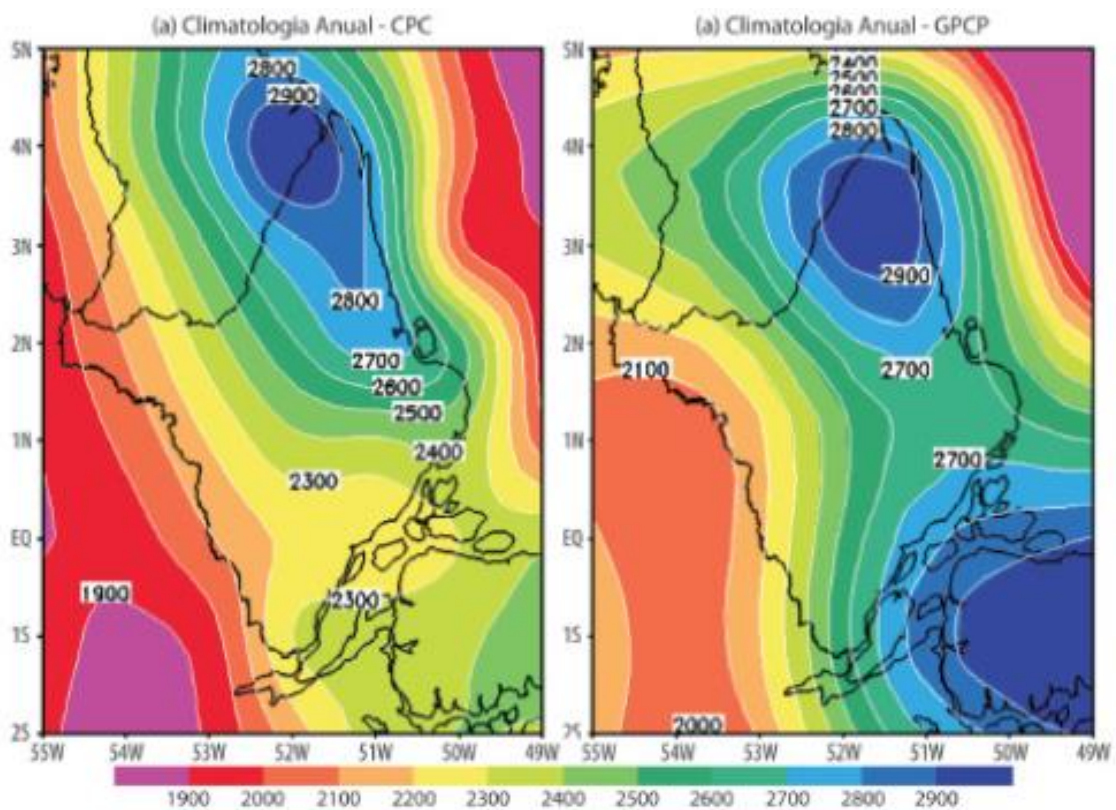


Figura 3- Mapas Climatológicos de Precipitação Anual, em mm, com base na média de 30 anos (1978-2007)

Fonte: Souza e Cunha, 2010

Com relação à geologia regional, o estado do Amapá situa-se no âmbito da Faixa Móvel Maroni-Itacaiúnas, do Cráton Amazônico, de idade Mesoproterozóica e Paleoproterozóica, formada por complexos granito-gnáissicos com um núcleo granulítico e faixas vulcano-sedimentares metamorfasadas na fácies xisto verde até anfibolito. O embasamento cristalino é composto por terrenos de alto grau de metamorfismo e rochas magmáticas associadas, sendo representado por gnaiss, migmatito, granito, tonalito e granulito ácido e básico, e denominado de Complexo Guianense (LIMA *et al.* 1974). Sedimentos Terciários da Formação Barreiras

encontram-se dispostos discordantemente sobre as rochas do Complexo Guianense, estando por vezes recobertos por sedimentos quaternários. A Formação Barreiras é constituída por uma grande variedade de litologias, desde sedimentos argilosos, siltosos, arenosos até conglomerados. Sua origem está relacionada a sistema de leques aluviais e planícies fluviais e lacustres. No Amapá, essa formação está restrita a porção oriental do estado, distribuída numa faixa com direção N-S e largura variável (LIMA et al. 1991).

Na região de Macapá, a Formação Barreiras é representada por sedimentos pelíticos, predominando argilas com variações nas frações silte e areia fina. É comum intercalações de lentes a delgadas camadas areno-siltico argilosas com possibilidade de exploração de água subterrânea. Quanto a potencialidade hídrica subterrânea da área, o contexto aquífero local é caracterizado pela ocorrência de sedimentos argilosos, intercalados por lentes a delgadas camadas siltico arenosas a arenosas (OLIVEIRA, 2004).

Quanto à geomorfologia e vegetação, conforme Lima *et al* (1974), o terreno estudado está situado em região de relevo suavemente ondulado, com base física do solo caracteristicamente latossólica, com susceptibilidade à seca e baixa fertilidade natural dos solos; a vegetação está no domínio das áreas savaníticas, que corresponde ao cerrado, em sentido amplo, envolvendo tipologias cerrado/parque, arbóreo/arbustível e de florestas de galerias; onde ocorrem espécies medicinais, tais como barbatimão, sucubá, mendoca etc; além de espécies frutíferas comestíveis, como mangaba, muruci e caju-do-campo; e flora graminóide utilizada como base forrageira alternativa ou complementar para a pecuária local.

A área do terreno estudado (ANEXO) apresenta relevo em sua maior parte plano, com suaves ondulações em algumas partes, havendo um declive na porção oeste do terreno, com lençol freático aflorante na época das chuvas e que apresenta vegetação do tipo buritizeiro. Na parte norte, cortando o terreno no sentido E-W, há uma mata de capoeira de aproximadamente 100m de largura na sua porção mais larga (Figura 4). Na parte central apresenta vegetação composta em sua maior parte por arbustos e gramíneas, havendo poucas árvores frutíferas do tipo cajueiro e ameixeira.



Figura 4- Aspectos da vegetação da área estudada, com gramíneas em primeiro plano e mata de galeria ao fundo.

6. RESULTADOS DA PESQUISA GEOLÓGICO-HIDROGEOLÓGICA

A pesquisa hidrogeológica realizada no estudo de caso, conforme a metodologia descrita no item 3.1, constou de algumas etapas cujos resultados serão aqui apresentados.

6.1. GEOLOGIA LOCAL : ASPECTOS SEDIMENTOLÓGICOS

Com base nos perfis geológicos estudados até a profundidade de 13 metros, a seqüência litológica encontrada está correlacionada aos sedimentos terciários da Formação Barreiras e aos processos de lateritização acontecidos na Amazônia.

Litologicamente encontrou-se uma seqüência de material argiloso-siltico, de coloração acinzentada, por vezes mosqueada, sobreposta por material laterítico, que é descrita a seguir, conforme uma coluna típica, de 13 m de espessura, da base para o topo:

- Material argiloso colorido (vermelho, cinza, marrom e amarelado), maciço, um pouco friável, granulação argila-silte; encontrado a uma profundidade, em geral, a partir de 8m até 13m;

- Material argiloso acinzentado, com ocorrência de pelotas de argila avermelhada, granulação muito argilosa, maciço, pouco friável quando seca; encontrado a uma profundidade, em geral, a partir de 7m até 8m;
- Material argiloso acinzentado, granulação argilosa com presença de silte e areia muito fina, friável, um pouco pegajoso, com raras ocorrências de concreções ferruginosas; encontrado a uma profundidade, em geral, no intervalo entre 6m a 7m;
- Material argiloso colorido (cinza, vermelho, arroxeadado e amarelado), granulação argila-silte-areia muito fina com ocorrência de concreções ferruginosas esparsas de tamanho variando de 3mm até 1,5cm em alguns pontos; encontrado a uma profundidade, em geral, no intervalo de 4m até 6m.
- Material argiloso, marrom-amarelado, escuro, laterítico, com concreções ferruginosas de tamanhos variados até 2,0cm, com matriz argila-silte-areia muito fina, friável, pouco pegajoso. Em alguns pontos apresenta ocorrência de pelotas de argila acinzentada na base. Material encontrado a uma profundidade, em geral, a partir de 2,5m até 4m;
- Solo laterítico, marrom-avermelhado, com concreções ferruginosas de até 3,0cm, em matriz argila-silte-areia fina até areia grossa, friável, pouco pegajoso, que se encontra desde a superfície até uma profundidade, em geral, de até 2,5m.

6.2. CARACTERIZAÇÃO DA HIDROGEOLOGIA LOCAL

O mapa de fluxo subterrâneo (Figura 5) caracteriza o comportamento geométrico do fluxo da água subterrânea no aquífero superior. O mapa foi elaborado a partir dos dados de posição geográfica e potencial hidráulico dos poços escavados e também de poços artesianos já existentes na vizinhança a leste do terreno conforme a Tabela de Potencial Hidráulico (Figura 6).

As setas no mapa indicam a direção e o sentido do fluxo, e pode-se observar que a tendência da água subterrânea nesta parte da área é a de escoamento em direção a oeste, onde há uma declividade do terreno e o aquífero aflora na época de maior índice de chuvas, e também na parte norte da área e para sudoeste no setor mais sul da área estudada. O escoamento se dá na direção E-W, na porção norte da área, no sentido oposto ao da região do bairro Brasil Novo, sendo que a oeste do

terreno não há moradias, indicando que, qualquer que seja o nível de impacto ambiental negativo, os poços da vizinhança não serão afetados (Figura 7).

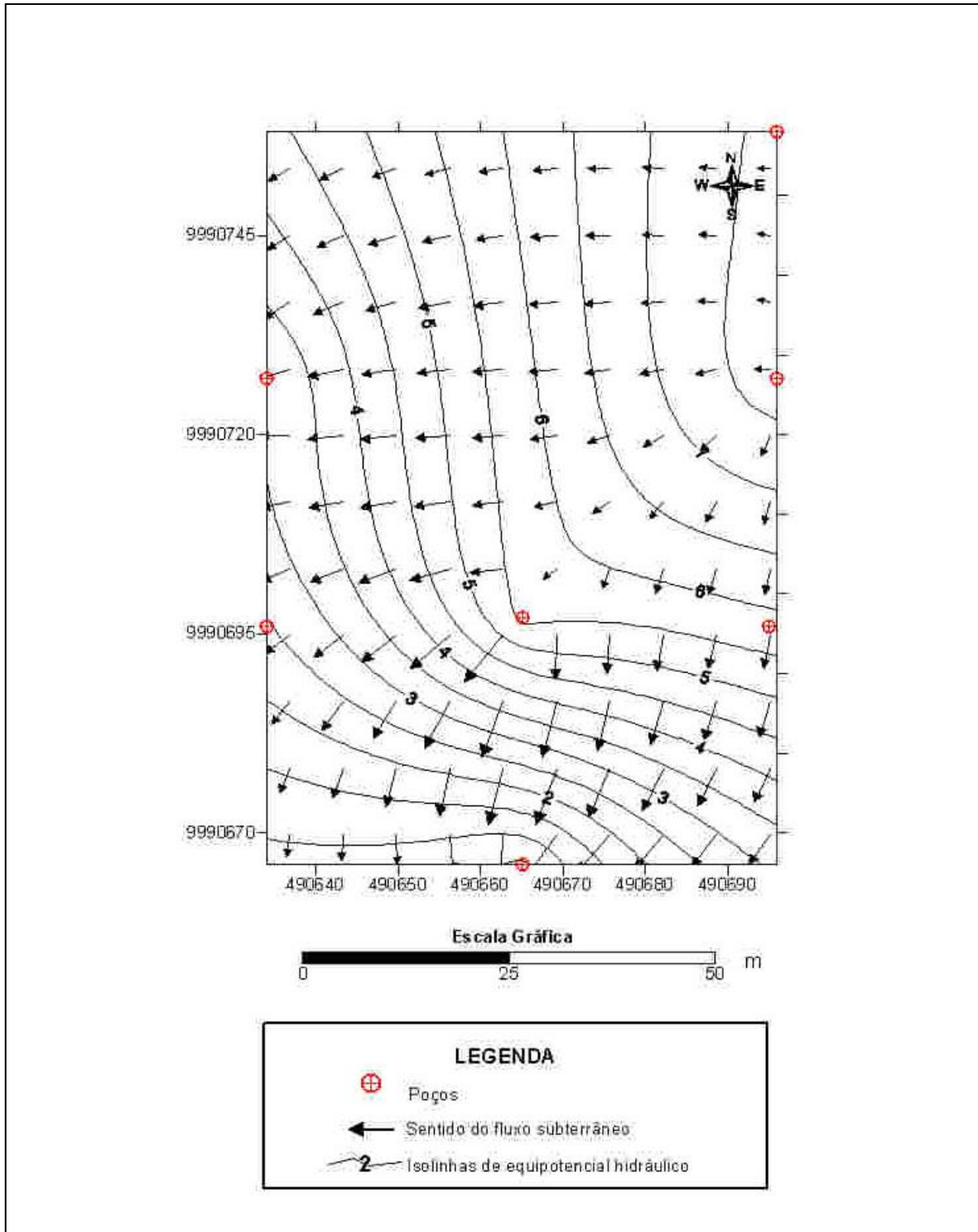


Figura 5– Mapa de Fluxo Subterrâneo da Área Alvo

POÇOS E POTENCIAL HIDRÁULICO					
POÇO	Posição Geográfica		Cota (m)	Nível estático(m)	Potencial Hidraulico
	latitude- N	longitude- W			
PC-pç casa caseiro (poço amazonas)	0°05' 30,2166"	51°05' 22,3273"	15,34	9,74	5,6
Poço 1- P1	0°05' 21,1542"	51°05' 35,9121"	10,77	7,78	2,99
Poço 2 - P2	0°05' 29,9218"	51°05' 30,0593"	13,86	9,21	4,65
Poço 3- P3	0°05' 36,0880"	51°05' 34,7189"	6,05	3,59	2,46
Poço 4- P4	0°05' 40,4886"	51°05' 24,9131"	7,71	7,31	0,4
Poço 5- P5	0°05' 26,2231"	51°05' 37,7832"	6,78	3,98	2,8
Poço Amazonas- PA1	0°05' 36,2988"	51°05' 17,4953"	14,73	8,90	5,83
Poço Amazonas- PA2	0°05' 38,7741"	51°05' 17,8188"	10,70	6,08	4,62
Poço Amazonas- PA3	0°05' 33,0593"	51°05' 15,6338"	15,57	8,90	6,67
Poço Amazonas- PA4	0°05' 28,9216"	51°05' 14,9091"	16,34	8,56	7,78
Poço Amazonas- PA5	0°05' 22,5704"	51°05' 13,7967"	16,23	8,34	7,89
Poço Amazonas- PA6	0°05' 18,7535"	51°05' 13,1281"	16,35	8,71	7,64
		Meridiano	Datum		
		-51°00' 00"	SAD-69		

Figura 6– Dados dos Poços e Tabela de Potencial Hidráulico da Área Alvo

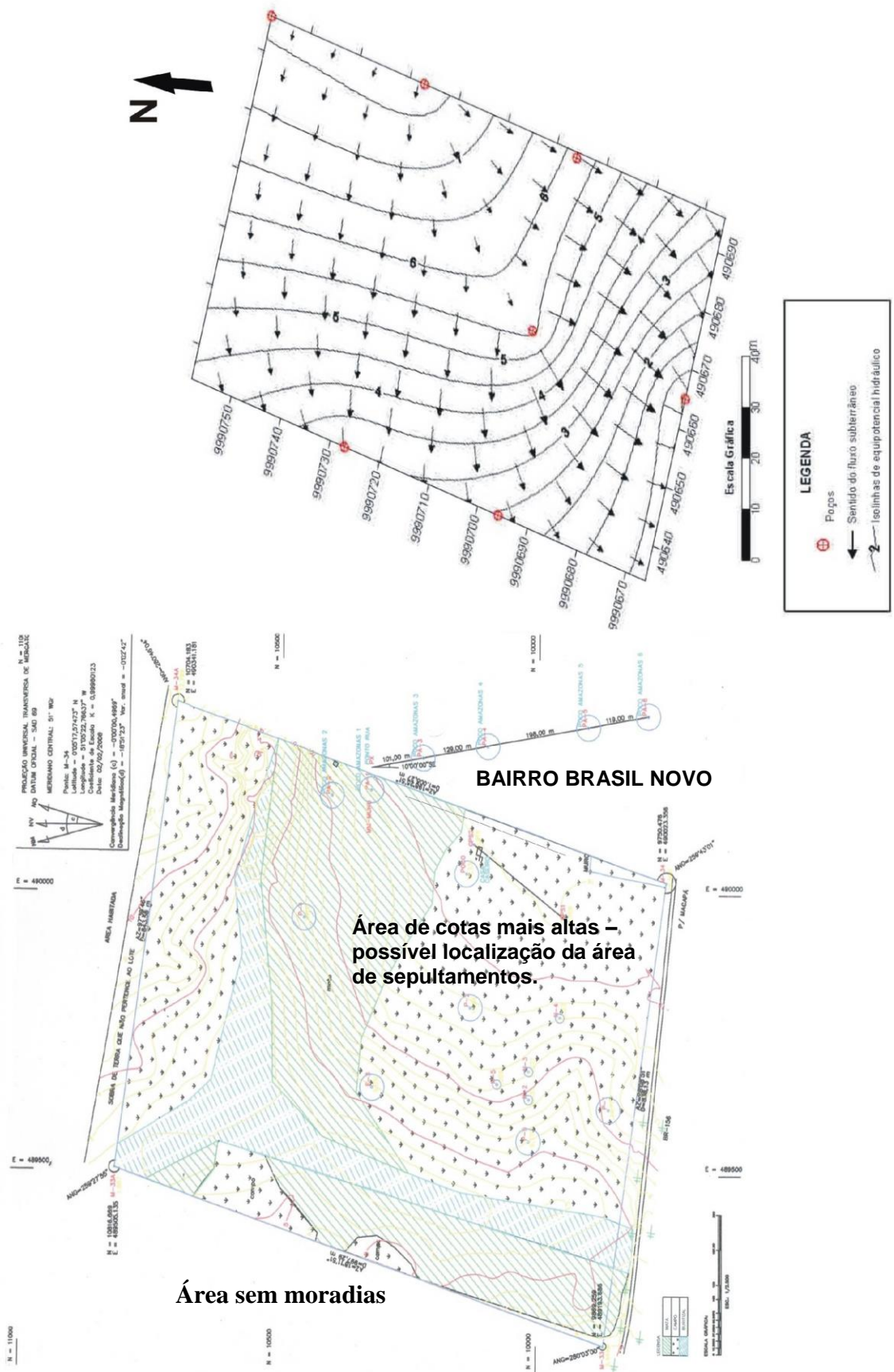


Figura 7– Aspectos Comparativos entre o Mapa do Terreno e o Mapa de Fluxo Subterrâneo da Área Alvo

6.3 CONCLUSÕES DA PESQUISA HIDROGEOLÓGICA

Conforme os dados do mapa de fluxo subterrâneo, comparando-se com o mapa do terreno (Figura 7), observa-se uma tendência das setas a serem divergentes em relação ao setor nordeste da área, podendo indicar a existência de um setor de recarga do aquífero fora da área estudada, nas zonas a nordeste do mapa. As zonas de recarga dos sistemas aquíferos são extremamente importantes do ponto de vista ambiental e devem ser preservadas pelos poderes públicos. Qualquer ação sobre elas, principalmente aquelas que resultam em impermeabilização do solo local, impedirão a recarga dos sistemas aquíferos causando danos que podem ser irreparáveis.

Em contrapartida, a litologia da área, com alto teor de argila pode ser um fator favorável ao empreendimento, pois, em geral, os solos argilosos apresentam baixos valores de permeabilidade e, devido a essa característica, são freqüentemente usados como barreiras naturais em sítios de disposição de resíduos.

Outro item positivo para o empreendimento é o nível do lençol freático que, nas partes do terreno com cotas topográficas superiores a 9,0m, mesmo considerando-se as variações sazonais, é sempre superior a 4,0 (quatro) metros de profundidade. Esta característica, aliada à composição do solo, poderá permitir uma área para os túmulos nas partes mais altas do terreno, onde o nível inferior das sepulturas estará sempre a mais de 2,5 metros acima do nível do lençol freático. A legislação exige que este valor seja, no mínimo, de 1,5 metros (BRASIL, 2003). Além disso, esta área está a uma distância de mais de 150 metros da parte mais baixa do terreno, onde o aquífero superior aflora na época chuvosa, sendo considerada uma distância segura conforme a Norma Técnica L1-040/S.P - item 4.3 (CETESB,1999) que exige, no mínimo, 30 metros.

Com relação à vulnerabilidade do aquífero, de acordo com o método GOD, (conforme o fluxograma apresentado em Matta (2002) (Figura 11) pode-se ter o seguinte resultado para a parte da área escolhida para os sepultamentos:

- 1- Índice G - ocorrência da água subterrânea na área: em aquífero confinado, valor igual a 0,2.
- 2- Índice O - litologia da zona não saturada: argilas, valor igual a 0,3.
- 3- Índice D – profundidade do nível estático: entre 5 e 15 metros, valor igual a 0,8.

Multiplicando-se os parâmetros entre si, o resultado será 0,048, que está no nível de vulnerabilidade negligenciável (entre 0 e 0,1), sendo outro ponto favorável ao empreendimento.

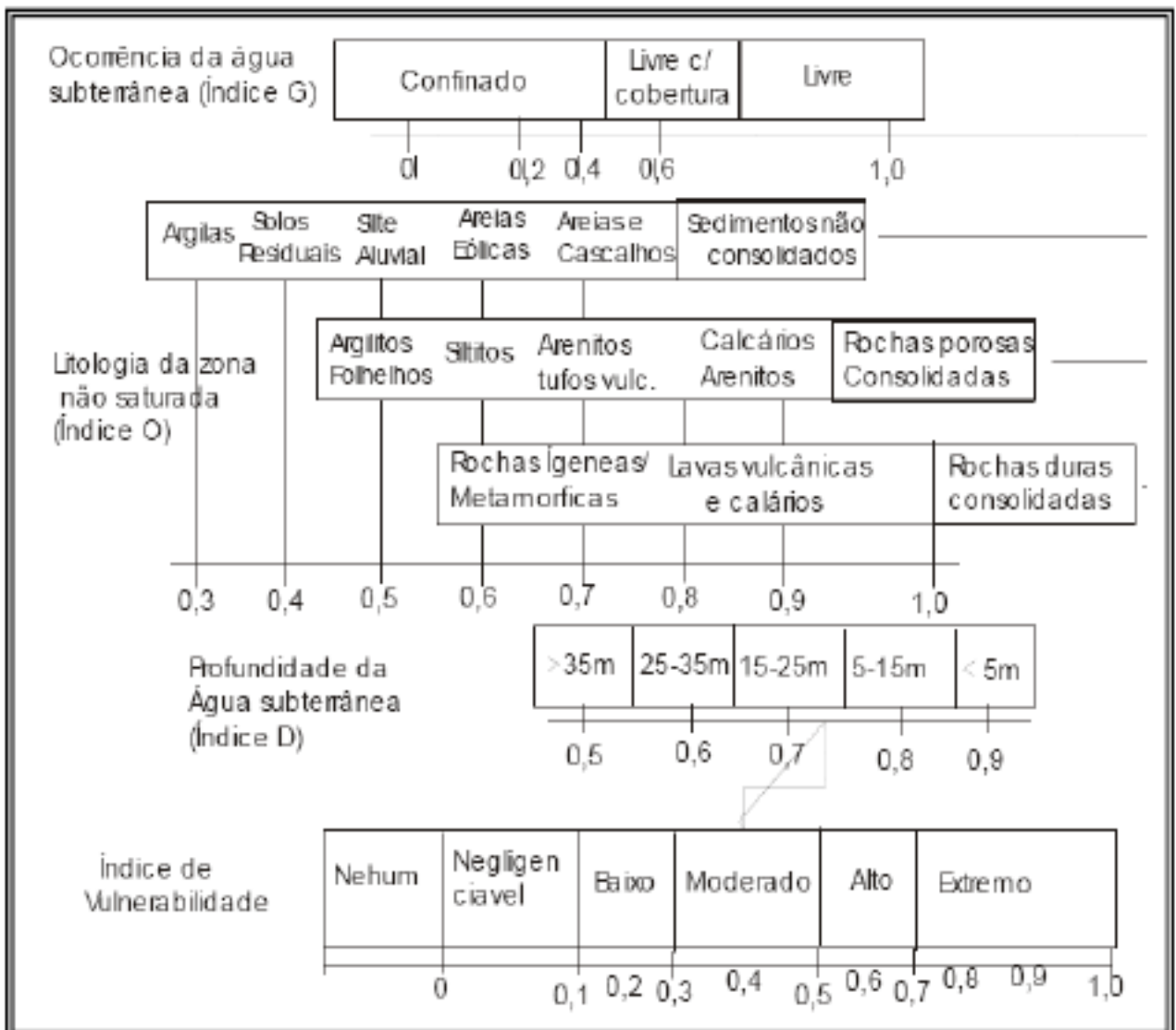


Figura 8 - Fluxograma para Avaliação de Vulnerabilidade segundo Foster e Hirata (apud MATTA, 2002)

7. ANÁLISE CRÍTICA DO TRABALHO REALIZADO NO ESTUDO DE CASO

Os resultados obtidos na pesquisa hidrogeológica ainda não são totalmente conclusivos sobre a viabilidade ou não da área para a implantação do empreendimento.

Os dados de fluxo subterrâneo, embora permitindo as informações descritas no item 6, acima, não apresentaram fechamentos dentro da área estudada para bem caracterizar as zonas de recarga e descarga do aquífero. Por isso, considera-se necessário a construção de mais alguns poços em pontos específicos que seriam escolhidos sobre o mapa da área, para se obter mais dados, de forma que o mapa de fluxo subterrâneo possa demonstrar com mais exatidão a porção do terreno onde há recarga do aquífero.

Se for interpretada a porção do terreno escolhida para os sepultamentos como zona de recarga, ainda assim isso não se configuraria como um empecilho ao estabelecimento do cemitério. Pelo fator positivo de o nível do lençol freático estar a mais de 4,0 m de profundidade, poderão ser realizados estudos de tecnologias de sepultamentos que demonstrem existir condições de segurança e de contenção do necrochorume, e que não impeçam a infiltração natural das águas pluviais em partes estratégicas da área, o que poderá ser realizado por uma equipe de engenharia.

A engenharia do empreendimento também deve planejar em toda a área do cemitério, um sistema de drenagem adequado e eficiente, destinado a captar, encaminhar e dispor de maneira segura o escoamento das águas pluviais, a fim de evitar erosões, alagamentos e movimentos de terra, conforme exige a Resolução Conama 368/2006 (BRASIL, 2006).

O estudo do subsolo, apesar do reconhecimento do tipo de litologia existente no local, não fornece valores de permeabilidade para o tipo específico do material argiloso encontrado, e não foram realizados testes de infiltração no solo para melhores subsídios sobre este item. Desta forma, faz-se necessário um estudo sedimentológico de qualificação das argilas existentes no subsolo para melhor caracterizar sua permeabilidade, para verificação se está compatível com a resolução CONAMA 368/2006 (BRASIL, 2006) que exige coeficientes de permeabilidade entre 10^{-5} e 10^{-7} cm/s para os materiais do subsolo de cemitérios.

Recomenda-se também que sejam feitos testes de infiltração do solo na área que se pretende destinar aos sepultamentos, uma vez que a infiltração das águas pluviais nessa área poderá acarretar sérios danos às águas subterrâneas, pela contaminação por necrochorume levado pela percolação das águas pluviais através dos túmulos.

Além disso, o conhecimento das características das argilas do subsolo poderá ser útil para se deduzir se haverá facilidade ou não para o processo de putrefação dos corpos, pois, segundo Silva (2008) se o ambiente não apresentar a aeração necessária, sendo muito úmido, poderá ocorrer saponificação dos corpos, que é um fenômeno comum nos cemitérios brasileiros.

8. CONCLUSÕES

Cemitérios poluem e contaminam o meio ambiente. Esta é uma afirmativa confirmada em muitos trabalhos científicos, porém, a grande maioria dos municípios brasileiros ainda não faz a devida fiscalização e monitoramento deste tipo de empreendimento. São necessárias políticas públicas e conscientização dos governos locais para que cada município tenha seu próprio Termo de Referência contendo as exigências específicas para a implantação de novos cemitérios, e para a manutenção daqueles já existentes.

As resoluções CONAMA 335/2003 e 368/2006 (BRASIL, 2003 e 2006) devem ser respeitadas, e a cada localidade devem ser feitas exigências apropriadas conforme as peculiaridades de sua localização geográfica, levando-se em conta os aspectos fisiográficos, geológicos e hidrogeológicos locais, visando a proteção e preservação do solo e das águas subterrâneas.

Os resultados aqui obtidos permitiram mostrar que os fluxos hídricos subterrâneos na área estudada se dirigem de leste para oeste e parecem configurar uma região de recarga do aquífero superior na região nordeste da área, com fortes implicações ambientais.

Os estudos não mostraram nenhum impedimento para a construção do cemitério na área pesquisada. Porém aconselha-se que a área destinada aos sepultamentos deva estar situada na parte centro-este do terreno, onde as cotas

topográficas são superiores a 9,0 metros e o nível do lençol freático está a mais de 4,0 metros de profundidade.

A análise da vulnerabilidade ambiental da área estudada pelo método GOD mostrou valor final de 0,048, nível de vulnerabilidade negligenciável o que constitui outro ponto favorável ao empreendimento.

8.1 PROPOSTAS PARA AÇÕES MITIGADORAS

Em se confirmando a viabilidade do empreendimento, o cemitério- parque deve ser implantado de forma que sejam executadas ações que possam facilitar o correto monitoramento das atividades conforme as recomendações a seguir:

- A área destinada aos sepultamentos deverá estar situada na parte centro-este do terreno, onde as cotas topográficas são superiores a 9,0 metros e o nível do lençol freático está a mais de 4,0 metros de profundidade, permitindo a ação da depuração natural pelo solo.

- 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, conforme resolução CONAMA 368/2006 (BRASIL, 2006).

- Implantação de poços de monitoramento do nível hidrostático, podendo ser aproveitados alguns dos poços abertos para a pesquisa hidrogeológica, sendo que deverão estar localizados estrategicamente a montante e a jusante da área do cemitério, com relação ao sentido do fluxo freático (E –W). Estes poços também servirão para coleta de água para análises físico-químicas a serem realizadas trimestralmente, visando detectar uma eventual pluma de contaminação e suas características.

- Os poços de monitoramento deverão ser amostrados e as águas subterrâneas analisadas, antes do início de operação do empreendimento, para o conhecimento da qualidade original destas águas de acordo com a Portaria 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2005). Desta forma, esta amostragem servirá de padrão para comparação com as posteriores, para que sejam observadas possíveis modificações da qualidade, resultantes de possível contaminação.

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. *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.mma.gov.br/port/conama/res/res03/res33503.xml> Acesso em: 20/11/2009.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Portaria MS n.º 518/2004 / Ministério da Saúde**, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação- Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília: Editora do Ministério da Saúde. 2005

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 368, de 28 de março de 2006**. Altera dispositivos da Resolução n o 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: 20/11/2009

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria 1469, de 29/12/2000**. Sobre a qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providencias. DOU, Brasília, v.139, n.38E, p.39. 22/02/2001. Seção 1. 2000

BRAZ, V.N & LOPES, M.S.B. VI-010 – **Presença de Contaminação em Áreas de Cemitério, após sua Desativação: Estudo de Caso do Cemitério do Benguí**. Belém-PA. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande, MS, 2005. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/VI-010.pdf> Acesso em 12/01/2010.

BRAZ, V.; BECKMANN, L. 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.Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: ABAS, 2000. 1 CD-ROM. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO. 2000

CAVALCANTE, I.N.; MATTA, M.A.S. **Poluição das Águas**. Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos, IGHA, UFPa. 2007a

CAVALCANTE, I.N.; MATTA, M.A.S. **Qualidade das Águas**. Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos, IGHA, UFPa. 2007b

CETESB- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Implantação de Cemitérios: Norma Técnica L1.040**. São Paulo. 1999

CUNHA, M.E.S- **Relatório de Pesquisa Hidrogeológica para Implantação do Cemitério Brasil Novo**. Macapá, AP. 2007

FÁVERO, F. **Medicina Legal**. 12. Ed. Belo Horizonte: Vila Rica Editoras Reunidas, 1991

GOOGLE MAPS- <http://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR&tab=w> Acesso em 20/10/2009

IDEMA - INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO NORTE. **Instruções Técnicas para Apresentação de Projetos de Cemitérios**. 2006

IEPA – INSTITUTO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DO ESTADO DO AMAPÁ. **Lauda Geofísico da Área da Nova Lixeira e do Cemitério do Município de Macapá-Ap** (Relatório Interno). 1999

LIMA, M.I.C *et al.* **Geologia. Folha NA/NB.22 (Macapá). Levantamento de Recursos Naturais 6: 1-120**. Projeto RADAM, DNPM, Rio de Janeiro. 1974

LIMA, M.I.C.; BEZERRA, P.E.L.; ARAÚJO, C.C.G. **Sistematização da Geologia do Estado do Amapá**. In: SBG- Núcleo Norte, Simpósio de Geologia da Amazônia, 3, Anais, Belém. 1991

MATTA, M.A.S. **Avaliação de Impacto Ambiental-AIA**. Curso de Especialização em Gestão Hídrica e Ambiental, GHA, UFPa. 2007a

MATTA, M.A.S. **Hidrogeologia**. Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos, GHA, UFPa. 2007b

MATTA, M.A.S. *et al.* **Vulnerabilidade e Risco de Contaminação do Sistema Aquífero Superior da Região de Barcarena/Pa**. 2002 Disponível em: <http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/ASUB/Revis%E3oBibliografica/541.pdf> . Acesso em 20/10/2009.

MATOS, B.A. **Avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismo no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo**. 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**. Tese de Mestrado. USP, São Paulo. 1994

MIOTTO, S.L. **Aspectos Geológico-geotécnicos da Determinação da Adequabilidade de Áreas para Implantação de Cemitérios**. 116 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1990

MORAES, J.C. **Elementos de Hidrologia**. Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos, GHA, UFPa, 2007

- OLIVEIRA, M.J *et al.* **Vulnerabilidade Natural e Sazonalidade do Aquífero Livre no Loteamento Marabaixo III-Macapá-AP.** UNIFAP, Macapá, 2004. Disponível em: http://www.iepa.ap.gov.br/arquivopdf/artigo_geologia/vulnerabilidade.pdf . Acesso em 20/10/2009.
- 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
- PEQUENO MARINHO, A.M.C. **Contaminação de aquíferos por instalação de cemitérios: estudo de caso do cemitério São João Batista.** 88 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1998.
- PIRES, A.S.; GARCIAS, C.M. **São os Cemitérios a melhor solução para a Destinação dos Mortos?** In: IV Encontro da ANPPAS, junho de 2008, Brasília-DF. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/encontro4/cd/ARQUIVOS/GT14-442-156-20080509225125.pdf> . Acesso em 15/10/2009.
- ROMANÓ, E.N.L. **Cemitérios: Passivo Ambiental, Medidas Preventivas e Mitigadoras.** Instituto Ambiental do Paraná, Ponta Grossa- PR. 2005. Disponível em http://www.sobrade.com.br/eventos/2005/visinrad/palestras/elma_romano_cemiterio.pdf . Acesso em 12/10/2009.
- SILVA, L.M. **Os Cemitérios na Problemática Ambiental.** In: SINCESP & ACEMBRA: Seminário Nacional “Cemitérios e Meio Ambiente”, São Paulo, 1995. 1. (Apostila).
- SILVA, L.M. **Cemitérios: fonte potencial de contaminação dos aquíferos livres.** In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE HIDROLOGIA SUBTERRÂNEA, 4, Montevideo. Memórias...Montevideo: ALHSUD, v. 2, p. 667-681. 1998
- SILVA, M. **A influência dos Cemitérios no Meio Ambiente.** I fórum SINCEPAR “Cemitérios - Impacto Ambiental”. Curitiba, 1999.
- SILVA, R.W.C.; MALAGUTTI FILHO, W. **Cemitérios como Áreas Potencialmente Contaminadas.** Revista Brasileira de Ciências Ambientais - Gestão Ambiental, n.9, USP, S.Paulo, p. 26-35, abril de 2008.
- SILVA, V.T. *et al.* **Um Olhar Sobre as Necrópoles e seus Impactos Ambientais.** In: III Encontro da ANPPAS, Brasília-DF. 2006 Disponível em: http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro3/arquivos/TA559-05032006-212429.DOC Acesso em 20/09/2009.
- SOUZA, E.B & CUNHA, A.C. **Climatologia de Precipitação no Amapá e Mecanismos Climáticos de Grande Escala.** IN: Tempo, Clima e Recursos Hídricos: Resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá. Macapá: IEPA, p. 177-195. 2010

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

ANEXO

MAPA DE DETALHE DO TERRENO