

CARACTERIZAÇÃO DA VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS LIVRES NA ÁREA DOS CEMITÉRIOS BOM JARDIM E SÃO JOÃO BATISTA – FORTALEZA/CE

Magno Régis Barros de Oliveira¹; Itabaraci Nazareno Cavalcante²; Maria da Conceição Rabelo Gomes³; Milton Antonio da Silva Matta⁴ & João Thiago Viana maia⁵

RESUMO - Este trabalho resultou na avaliação do uso e ocupação de cemitérios instalados em Fortaleza, relacionado às condições geoambientais e hidrogeológicas das áreas ocupadas por estes empreendimentos. Foi realizada a integração de dados obtidos pelo mapa geológico da cidade para representar os litotipos aflorantes de Fortaleza e dados obtidos através de trabalhos realizados em dois cemitérios no município, referentes aos cemitérios São João Batista e o cemitério Bom Jardim, onde foram realizadas análises granulométricas e ensaios de permeabilidade com objetivo de avaliar a vulnerabilidade da região ocupada pelos cemitérios. Os resultados obtidos demonstraram que grandes partes dos cemitérios instalados no município estão em locais desapropriados pelas leis ambientais onde apresentam litologias com a presença de sedimentares que pode apresentar uma boa permeabilidade e transmissividade.

ABSTRACT - This work resulted in the evaluation of the use and occupation of cemeteries installed in Fortaleza, related to the geo-environmental and hydrogeological conditions these areas. We performed the integration of data obtained by the geological map of the city to represent the lithotypes outcropping of Fortaleza and data obtained from work carried out in two cemeteries in the city, referring to São João Batista cemetery and the cemetery Bom Jardim, being performed grain size analysis and testing permeability to evaluate the vulnerability of the region occupied by cemeteries. The results showed that large parts of the cemeteries in the county are installed in inappropriate locations where environmental laws have lithologies in the presence of sediments that may have good permeability and transmissivity .

Palavras chaves: vulnerabilidade, cemitério, Fortaleza.

1 - Graduado em Geologia/UFC. E-mail: magnoregis@yahoo.com.br

2 - Prof. Dr. Associado do Departamento de Geologia/UFC. E-mail: ita@fortalnet.com.br

3 - Doutoranda em Geologia/UFC (Bolsista CAPES/REUNI). E-mail: conceicaorabelo@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A ausência ou o reduzido número de legislação específica que regulamente a implantação e operação de cemitérios no Brasil tem contribuído para que os mesmos sejam instalados em áreas diversas e geralmente inadequadas, sem a realização prévia de estudos geológicos e ambientais. No Brasil, praticamente todos os cemitérios municipais apresentavam algum problema de cunho ambiental ou sanitário, podendo causar a contaminação do aquífero local.

A contaminação de águas subterrâneas por líquidos humorosos, captadas através de poços utilizados para o consumo humano, foi registrado inicialmente nas proximidades de Berlim, na Alemanha, no período de 1863 a 1867, sendo a responsável por pandemia de febre tifóide. Em Paris foram captadas águas subterrâneas mal cheirosas e adocicadas (Pacheco e Torres, 1993), as quais foram, igualmente, responsáveis pela perda de inúmeras vidas.

Em Fortaleza, o primeiro trabalho foi realizado em 1998 quando foi efetuado um estudo ambiental na área ocupada por instalação de cemitério onde está cercada por ruas e avenidas densamente povoadas. A pesquisa foi feita no cemitério São João Batista, onde foi constatada a contaminação, dentro e fora do cemitério, da água subterrânea e o solo e da região.

No ano de 2005 foi realizado um trabalho no cemitério Bom Jardim com objetivo de com objetivo de caracterizar o risco de contaminação e o potencial de vulnerabilidade do aquífero livre da região.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo fica localizado na cidade de Fortaleza em dois cemitérios correspondendo ao Cemitério São João Batista, localizado no bairro de Jacarecanga, entre as ruas Padre Mororo, Tijubana, Aprendizes Marinheiros (Navegantes) e Avenida Filomeno Gomes, e o Cemitério Parque Bom Jardim (Figura 01) cujo acesso é feito a partir do terminal rodoviário da Lagoa, pela Avenida Augusto dos Anjos, seguindo pela Avenida General Osório de Paiva até a Rua dos Jatobás, que tem como característica ser a única via asfaltada da área.

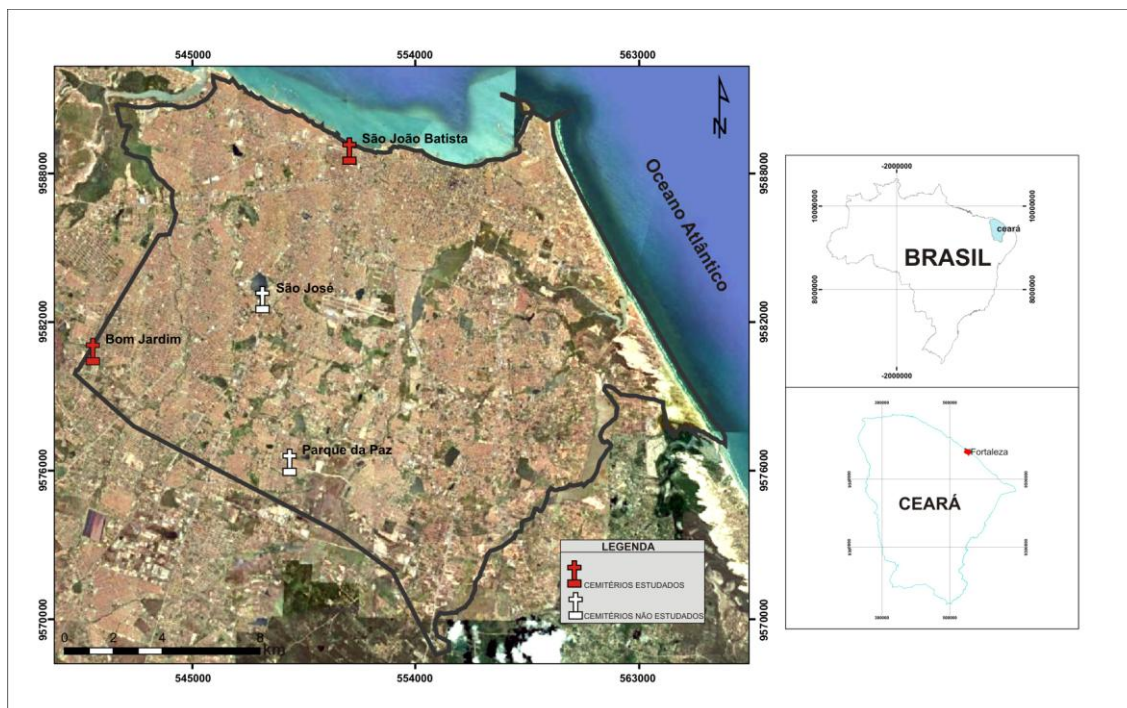


Figura 01 – Distribuição dos cemitérios localizados em Fortaleza.

ASPECTOS GEOAMBIENTAIS

Fortaleza possui 313 km² e está situado na Região Nordeste do Brasil, situando-se entre as quatro maiores metrópoles brasileiras. Possui um clima classificado como “*Macroclima da faixa costeira*” do tipo AW’ (KOPPEN, 1948 in TAJRA, 2001) e por estar situado na faixa costeira é influenciado pelas águas oceânicas, sendo definido como quente e com um regime de chuvas tropicais caracterizado pela alternância de episódios secos ao longo do ano. Dados do período de 1966 a 2007 mostram que os índices pluviométricos variam entre 12 mm (Novembro) a 351,7 mm (Abril) (Gomes, 2008). Nos demais meses, as precipitações são escassas, com chuvas irregulares durante o resto do ano. A temperatura média se situa no faixa de 27,5°C a 26,0°C, tendendo a aumentar no segundo semestre do ano (Setembro a dezembro).

Geologicamente, Fortaleza está assentada em sedimentos cenozóicos (80%) (Terciário, Tércio-Quaternário e Quaternário) e rochas pré-cambrianas (20%). O arcabouço estrutural da Região Metropolitana de Fortaleza é caracterizado principalmente por um desenvolvimento tectônico polifásico, em que discontinuidades representadas por zonas de fraturas e falhas (estruturas rúpteis) sucederam-se as estruturas resultantes de uma tectônica dúctil (dobras). Este comportamento dúctil está representado com mais evidência nos litocomponentes do Complexo Gnáissico-Migmatítico (TAJRA, op. Cit.).

Os solos originais de Fortaleza encontram-se substancialmente degradados devido à expansão urbana. Apesar disto, variados tipos pedológicos estão representados na região. Os Argissolos Vermelho-Amarelos apresentam ocupação superficial bastante avançada, com predominância de argila de baixa atividade, bem desenvolvida e mediantemente profunda, abrangendo 70% do território municipal. Os Planossolos Nátricos são originados pela associação do saprólito de gnaisses e apresentam-se rasos, mal drenados e susceptíveis a erosão e pedregosidade. Os Gleissolos Sálcos são originados pela associação de depósitos fluviais com influência marinha dos rios Ceará, Cocó e Pacoti, sendo caracterizados por horizontes sálcos e camadas finas de sais cristalizados na superfície, com uma condutividade bastante elevada. Os Neossolos Flúvicos eutróficos englobam áreas de formação recente, como nas várzeas dos rios Maranguapinho, e parte dos rios Ceará e Cocó, apresentando características morfotexturais variadas (areia até a argila) e profundidades de 0,8 a 2,0 metros. Os Neossolos Litólicos eutróficos repousam sobre as rochas vulcânicas alcalinas e são recobertos com vegetação caatinga hipoxerófila. Os Neossolos Quatrênicos ósticos estão distribuídos no litoral em forma de relevo variável, indo do plano ao fortemente ondulado e escarpado, e estão relacionados a Formação Barreiras e aos sedimentos arenosos não consolidados das Dunas e Paleodunas.

Geomorfologicamente, o município de Fortaleza é constituído basicamente pela Planície Litorânea e Glacis Pré-Litorâneos, cujos limites sofrem influência da homogeneidade das formas de relevo, altimetria, estrutura geológica e das características do solo e vegetação. A Planície Litorânea se caracteriza por altitudes inferiores a 200 metros, e compreende os campos dunares (Praia do Futuro, Cidade 2000 e Barra do Ceará), praias (em toda a orla costeira do município) e as planícies flúvio-marinhas (associada aos estuários dos rios Cocó, Ceará e Pacoti/Precabura). As Dunas constituem-se por cordões quase contínuos paralelos à linha de costa, sendo, em alguns locais, interrompidos por cursos d'água, planícies fluviais (associada aos rios Cocó, Ceará e Pacoti), flúvio-marinha e pela Formação Barreiras (ponta do Mucuripe). Os Glacis Pré-litorâneos são formados por sedimentos pré-litorâneos da Formação Barreiras e distribuídos com uma faixa de largura variável que acompanha a linha de costa.

Segundo a Síntese Diagnóstica do Município da Prefeitura de Fortaleza (2001) *apud* TAJRA (2001), as unidades vegetacionais são caracterizadas e classificadas conforme o Complexo Vegetacional Litorâneo do Município em vegetação pioneira, mata a retaguarda de dunas, vegetação de tabuleiro litorâneo, vegetação de mangue, vegetação ribeirinha, vegetação aquática, vegetação antrópica.

A rede hidrográfica do município de Fortaleza é caracterizada por cursos fluviais de pequenos portes, intermitentes, mas que representam uma importância relevante no abastecimento das populações ribeirinhas. As principais bacias hidrográficas em que Fortaleza está situada, são as Bacias da Vertente Marítima, a do Rio Cocó e a do Rio Maranguapinho, que juntas correspondem a uma área total de 336 km² e os seus rios de maior porte são Cocó, Ceará, Maranguapinho, Pacoti e Coaçu.

A Bacia da Vertente Marítima compreende a faixa localizada entre as desembocaduras dos rios Cocó e Ceará, com topografia favorável ao escoamento das águas para o mar, cujas principais feições são a lagoa do Mel, riacho Jacarecanga; riacho Pajeú e riacho Maceió-Papicu.

A Bacia do Rio Cocó tem como seu elemento principal o rio homônimo, que nasce na Serra da Pacatuba, no município vizinho (Pacatuba), tendo um percurso total de 45 km, dos quais 25 km atravessam todo o município de Fortaleza. Esta bacia representa o principal recurso hídrico superficial da área e tem como elementos macrodrenantes secundários principais inúmeras lagoas, riachos e açudes, a exemplo da lagoa da Parangaba, lagoa do Opaia, rio Coaçu, Lagoa da Maraponga e Açude Precabura (PDD, 1998 in Tajra, 2001).

A Bacia do Rio Maranguapinho está situada a porção norte-sul do município, sendo sua principal drenagem representada pelo rio Maranguapinho, que nasce na Serra de Maranguape, município vizinho (Maranguape), e percorre 42 km, dos quais 15 km em Fortaleza.

ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

No município de Fortaleza são encontrados dois sistemas hidrogeológicos sedimentares, representados pelas Dunas/Paleodunas (99,4 km²), Barreiras (120,4 km²), Aluviões (38,2 km²), e o Meio Cristalino Fraturado, onde as rochas cristalinas ocupam 55 km² (GOMES, 2008). O Sistema Aquífero Sedimentar corresponde aos sedimentos clásticos do meio sedimentar, estando o aquífero representado pela porosidade intergranular primária, com possibilidades hidrogeológicas variáveis e na dependência dos litotipos e espessura saturada. Esse sistema engloba três unidades aquíferas: Dunas/Paleodunas, Barreiras e Aluviões.

As Dunas/Paleodunas ocorrem bordejando a orla da área do município, sendo que, localmente, observa-se que adentram ao continente na porção leste e oeste, mais precisamente na Praia do Futuro e Barra do Ceará. Este sistema pode ser classificado como um aquífero livre com nível estático freático, sub-aflorante, extremamente vulnerável a poluição e composto por areias pouco consolidadas e extremamente homogêneas, finas, com diâmetro efetivo de 0,15 a 0,25 mm;

possui espessura de sedimentos entre 15 a 25 metros e espessura saturada de 2m a 10m onde, às vezes, ocorrem níveis siltico-argilosos a argilosos oriundos da própria variação da energia de deposição dos grãos, alterando a espessura saturada local e, conseqüentemente, as vazões obtidas. Geralmente se encontram sobrejacentes a Formação Barreiras e as aluviões, e suas águas são captadas por poços rasos com profundidades predominantemente inferiores a 15m.

A recarga se dá pela infiltração pluvial direta e os exutórios são as descargas para os rios Cocó, Pacoti e Ceará, as lagoas interdunares, o mar e a evapotranspiração. De acordo com CAVALCANTE (1998), o nível estático regional é, em média, de 6m e a vazão média obtida a partir de poços tubulares rasos é de 6,0 m³/h.

O Sistema Hidrogeológico Barreiras, no contexto regional, não é considerado por muitos autores como um aquífero, e sim um aquítarde, já que possui porosidade e permeabilidade baixas e condutividade hidráulica estimada em $1,8 \times 10^{-6}$ m/s. Apresenta uma grande variação de fácies, com espessura de sedimentos oscilando de 20m a 60m e espessura saturada no geral inferior a 15m. Esta formação apresenta intercalações diferenciadas de níveis silto-argilo-arenosos, que a condicionam a ter diferentes parâmetros hidrodinâmicos (Permeabilidade, condutividade hidráulica, porosidade efetiva e transmissividade), tanto vertical quanto horizontalmente.

CAVALCANTE (1998) encontrou, a partir de poços analisados da Região Metropolitana de Fortaleza - RMF, valores para nível estático inferiores a 15m. A vazão chega até 20 m³/h, com predominância para o intervalo entre 1,2 a 3,5 m³/h refletindo mais um caráter silto-arenoso. Como recarga tem-se a precipitação atmosférica e as águas dos sedimentos clásticos sobrejacentes e, como exutórios naturais, a rede de drenagem e as lagoas.

As aluviões constituem aquíferos livres, vulneráveis a poluição antrópica, que ocorrem ao longo dos principais rios de Fortaleza (Cocó, Ceará e Maranguapinho). Os sedimentos aluvionares são geralmente porosos, permeáveis, de pequenas a médias espessuras, com nível estático médio de 2m e vazões pequenas em função da presença de níveis silto-argilosos. Segundo CAVALCANTE (1998), as águas subterrâneas das aluviões dos rios Cocó e Maranguapinho estão comprometidas com a poluição derivada de esgotos domésticos e industriais, consideradas como impróprias para consumo e uso humano. A recarga se faz por infiltração das águas de chuvas e pela drenagem influente que, no período de estiagem, passa a funcionar como exutório, além da evapotranspiração.

O Meio Cristalino engloba os litotipos ígneos e metamórficos. No município de Fortaleza o embasamento cristalino não é aflorante, mas localmente, nos bairros Bom Jardim e Granja Portugal situa-se praticamente aflorante. CAVALCANTE (1998) mostra que os poços no contexto cristalino da RMF possuem profundidades oscilando predominantemente de 50 a 60m, podendo atingir

localmente até 80m; o nível estático situa-se entre 0,7m a 15m, enquanto a vazões média é de 2m³/h e a capacidade específica inferior a 1,00 [(m³/h)/m].

Na análise de 101 fichas de poços realizadas pelo Projeto Fortaleza (MORAIS, 1984) no âmbito do município de Fortaleza, se confirma este comportamento da vazão para Fortaleza, ressaltando-se que os poços localizados nos bairros Conjunto Palmeiras (Sul) e Granja Portugal (Oeste) chegam a possuir vazões de até 12 m³/h. A recarga dos aquíferos fissurais de Fortaleza é realizada pela infiltração direta da água de chuva ou indiretamente através dos depósitos aluvionares dos rios Ceará, Cocó, Maranguapinho e Pacoti. O armazenamento fica restrito ao pacote de rochas alteradas ao longo das fraturas e/ou fendas e aos corpos fraturados abertos pela tectônica rúptil.

METODOLOGIA DE TRABALHO

Para obtenção dos dados foram utilizados 13 poços de observação construídos na área interna e fora dos cemitérios, foram construídos 3 poços no cemitério São João Batista e 10 no cemitério Bom Jardim. No momento da construção dos poços foram coletadas amostras para posteriormente serem feitas análises granulométricas e ensaios de permeabilidade (Figura 02).

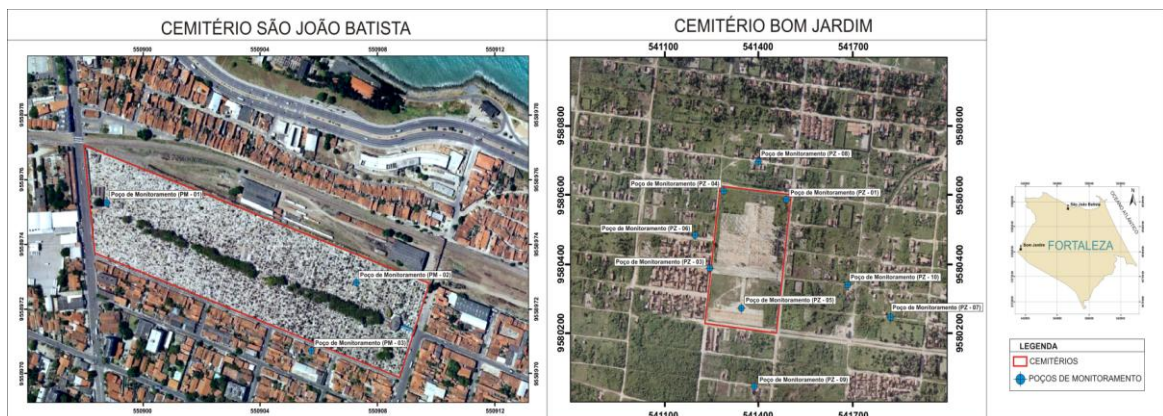


Figura 02 - Localização dos poços de observação

AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE DAS ÁREAS OCUPADAS POR CEMITÉRIOS INSTALADOS EM FORTALEZA, CEARÁ.

Segundo MARINHO (1998), o cemitério São João Batista está localizado em solo com percentual de até 99% de areia e possui porosidade e permeabilidade elevadas, facilitando a passagem do necro-chorume para o lençol freático. A classificação segundo os parâmetros estatísticos (Folk & Ward. 1957 in MARINHO,1998) indica sedimentos moderadamente selecionados, mesocúrticos, com assimetria variando de aproximadamente simétricos a assimetria

positiva. De acordo com a classificação por frequência simples, os cascalhos representam cerca de 0.02% a 0.97% das amostras, enquanto que as areias estão presentes com 99.03% a 100%.

Conforme classificação feita pela mediana e média, os intervalos estudados apresentam-se como areia média. Pela classificação textural (Shepard) todas as amostras são identificadas como areia.

Os ensaios de permeabilidade com carga constante e com carga variável resultaram em valores de permeabilidade média (K) igual a $3,3 \times 10^{-4}$ e $3,0 \times 10^{-4}$ cm/s, respectivamente, indicando que o solo possui permeabilidade elevada, classificado como areias.

Segundo OLIVEIRA (2009), que realizou a pesquisa no cemitério Bom Jardim, no geral o solo é constituído pela fração de silte e argila, revelados pelas análises granulométricas. As análises granulométricas revelaram que este litótipo apresenta um predomínio de silte e argila na camada mais superficial, e na camada mais profunda ocorre um aumento no percentual da fração areia (Figura 03).

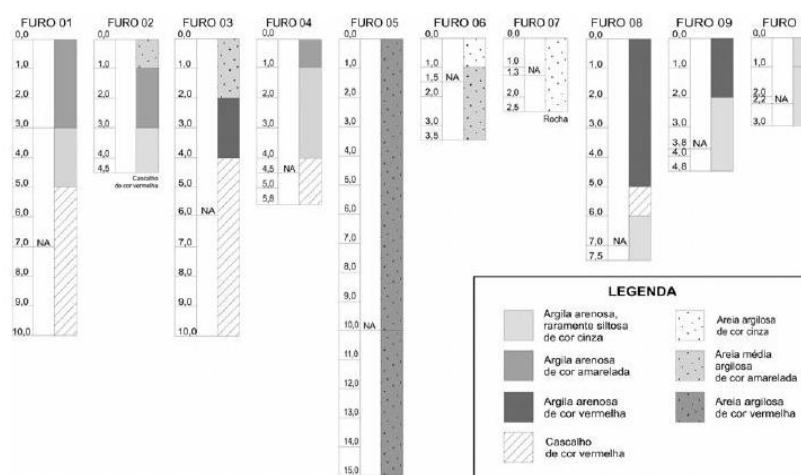


Figura 03 - Perfil dos furos de sondagem a trado realizado na região do cemitério Bom Jardim.

Os ensaios de permeabilidade resultaram em valores médios de $1,92 \times 10^{-8}$ e $5,65 \times 10^{-4}$ cm/s, indicando que, no geral, o solo possui permeabilidade de argila e silte. No entanto, nos perfis dos furos de sondagens foi observado sedimentos com cascalho e areia que apresentam uma boa permeabilidade e transmisividade.

CEMITÉRIOS EM FORTALEZA, CEARÁ.

O aquífero principal da região de Fortaleza é do tipo livre poroso, constituído pela camada das coberturas sedimentares superficiais. O embasamento cristalino representado pelo Complexo Gnáissico-Migmatitos pode eventualmente forma um aquífero fissural, de importância secundária na região, neste contexto, podemos caracteriza o grau de vulnerabilidade de modo estimado do aquífero livre poroso através dos pacotes sedimentares presente na região.

Podemos observar que na capital cearense a grande maioria dos cemitérios está inserida em áreas que são impróprias a sua implantação, localizados em locais onde o litótipo aflorante corresponde a sedimentos que apresentam uma boa condutividade hidráulica, representados pela Formação Barreiras, Depósitos Flúvio-Aluvionares e Paleodunas, mais vulneráveis a contaminação por necro-churume.

O Cemitério São João Batista que foi implantado está localizando em uma área onde o litotipo aflorante corresponde aos sedimentos recentes de Paleodunas, que foi comprovado com as análises granulométricas e ensaios de permeabilidade, refletindo sedimentos com boa permeabilidade.

O Cemitério bom Jardim foi implantado em uma região de rochas cristalinas que afloram em pequenas locais; no geral a área é coberta por sedimentos colúvio-eluviais com granulometria de silte e argila, apresentando moderada a pequena permeabilidade.

O Cemitério São José localizado na Parangaba, porção central de Fortaleza, e não foram realizadas análises granulométricas e ensaios de permeabilidade. De modo estimado, através da geologia, pode-se observar que o cemitério está localizado na Formação Barreiras, que representam sedimentos que, no geral, apresentam uma boa permeabilidade

O Cemitério Parque da Paz está localizado na porção sul de Fortaleza e também não foi feito análises granulométricas em ensaios de permeabilidade, mesmo assim em relação à localização integrando com as informações do mapa geológico, o cemitério está implantado em uma área imprópria onde existem sedimentos Flúvio-Aluvionares, podendo apresentar uma boa permeabilidade e transmisividade.

CONCLUSÕES

Os cemitérios estão, no geral, inseridos em áreas de sedimentos com boas permeabilidade e transmissividade, e representam um risco potencial de contaminação para as águas subterrâneas, podendo disseminar doenças de veiculação hídrica para os habitantes residentes circunvizinhos que utilizam de poços, particularmente os rasos, para suas atividades habituais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANDÃO, Ricardo Lima. Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza., CPRM. 1995. 105p. il. Sistema de Informação para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza. Projeto SINFOR. Diagnóstico Geoambiental e os Principais Problemas de Ocupação do Meio Físico da Região Metropolitana de Fortaleza. Fortaleza: CPRM, 1998. 105 p. il. (Série Ordenamento Territorial, 01).

CAVALCANTE, I.N. Fundamentos hidrogeológicos para gestão integrada de recursos hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, estado de Ceará. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências/USP. São Paulo-SP. 164p, 1998.

GOMES, S. A. Diagnóstico Hidrogeológico e Hidroquímico da Região do Mucuripe. Relatório de Graduação em Geologia, Centro de Ciências. Universidade Federal do Ceará, 2008.79p.

MARINHO, Alice Maria Pequeno. Contaminação de aquíferos por instalação de cemitérios. Estudo do caso do cemitério S. João Batista, Fortaleza - Ce. Dissertação de Mestrado. Hidrogeologia. Universidade Federal do Ceará (UFC). 1998.

MORAIS, J. B. A.. Projeto Fortaleza: Hidrogeologia e Controle Tecnológico nas Perfurações de Poços Tubulares no Município de Fortaleza. 1984. Fortaleza/CE: DNPM/CPRM, 2 vol. 1984.

OLIVEIRA, M.R.B.,. Interpretação de Dados de Elétrorrestividade e Análise Qualitativa da Água Subterrânea do Cemitério Parque Bom Jardim, Fortaleza-CE. Relatório de Graduação DEGEO/UFC, 2009.

PACHECO, Alberto, TORRES, Sérgio Lúcio. Cemitérios e meio ambiente: riscos e medidas de proteção. (*In: Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente*). Cuiabá, 1993. Anais...Cuiabá, 1993.

TAJRA, A. A, Aspectos Técnico-Construtivos dos Poços Tubulares e a Legislação Pertinente – Área Piloto de Fortaleza – CE. Dissertação de Mestrado. DEGEO/UFC, 110p .2001.