

# CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS E VULNERABILIDADE DO AQÜÍFERO FREÁTICO NA ÁREA DO CEMITÉRIO DA VÁRZEA – RECIFE/PE

Jeane Correia de Espindula<sup>1</sup> & Almany Costa Santos<sup>2</sup>

**Resumo** - Este trabalho é o resultado de um projeto de mestrado realizado no Centro de Tecnologia e Geociências – CTG - da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. O projeto visou à caracterização bacteriológica e físico-química das águas do aquífero freático do cemitério da Várzea-Recife/PE. Nesta parte do projeto são apresentados os estudos realizados para definir algumas características hidrogeológicas desse aquífero. Os resultados mostram que, no interior do cemitério, os sedimentos são predominantemente arenosos até 8,0 metros de profundidade. A profundidade da superfície freática variou de 2,9 a 6,0 metros, sendo diretamente influenciada pela precipitação pluviométrica. O fluxo das águas subterrâneas na área do cemitério da Várzea segue dois sentidos, um a oeste e outro a leste, induzido pelas captações de águas subterrâneas nas áreas contíguas ao cemitério.

**Abstract** - This paper is the result from a MSc project of the Centro de Tecnologia e Geociências (Technology and Geoscience Center) of the UFPE (Federal University of Pernambuco). A bacteriological and physical-chemical characterization of the unconfined aquifer of the Várzea cemetery of Recife is the main goal of this paper. In this study are defined some hydrogeologic characteristics of the unconfined aquifer. The sediments, inside the cemetery, are constituted by sands until 8,0 m depth. The water level varies from 2.9 to 6.0 m directly influenced by the rain precipitation. Two different directions of the groundwater flux were identified, one to west and other to east likely induced by groundwater exploration on the areas near the cemetery.

**Palavras-Chave** – Cemitérios; aquífero freático; vulnerabilidade.

---

<sup>1</sup> Técnica da Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. CPRH. Rua Santana, 367 Casa Forte – Recife-PE. Fone/FAX: (81) 32671861. e-mail: [jjespindula@hotmail.com](mailto:jjespindula@hotmail.com)

<sup>2</sup> Prof. Adjunto do Centro de Tecnologia e Geociências da UFPE. Rua acadêmico Hélio Ramos, S/N Cidade Universitária - Recife/PE, Fone/FAX: (81) 21268239. e-mail: [almany@ufpe.br](mailto:almany@ufpe.br)

## **INTRODUÇÃO**

Os cemitérios, em geral, são implantados fora dos perímetros urbanos. Contudo, a expansão urbana tende a diminuir essa distância, envolvendo-os e inserindo-os na malha urbana. Além disso, quando são implantados desconsiderando os aspectos técnicos necessários à proteção das águas subterrâneas, nomeadamente as do aquífero freático, poderão causar impactos ao meio ambiente, como a contaminação dessas águas em decorrência do processo de decomposição dos corpos (Pacheco et al., 1991), quando prolifera uma infinidade de microrganismos. A esse processo, soma-se a permeabilidade do terreno e a ocorrência de períodos de maior precipitação pluviométrica, que propiciam o transporte desses microrganismos e a elevação do nível freático do aquífero, podendo expor suas águas ao contato direto com as sepulturas ou com camadas contaminadas do solo.

Em 1986, Pacheco realizou estudos em 22 cemitérios da cidade de São Paulo e alertou para a necessidade de cuidados na implantação dos cemitérios, estabelecendo faixas de proteção sanitária, no sentido de garantir a preservação e potabilidade das águas subterrâneas e superficiais (Marinho, 1998; Matos, 2001).

O risco dos cemitérios em meios urbanos decorre da possibilidade de utilização das águas subterrâneas, em especial aquelas do aquífero freático, que poderão estar contaminadas por microrganismos patogênicos oriundos da decomposição dos corpos. Tal é o caso do cemitério da Várzea que apresenta, em seu entorno, várias unidades residenciais que utilizam essas águas, em geral como complementação dos serviços de abastecimento público, ocorrendo com menor frequência os casos em que, essas águas, são a única fonte de abastecimento.

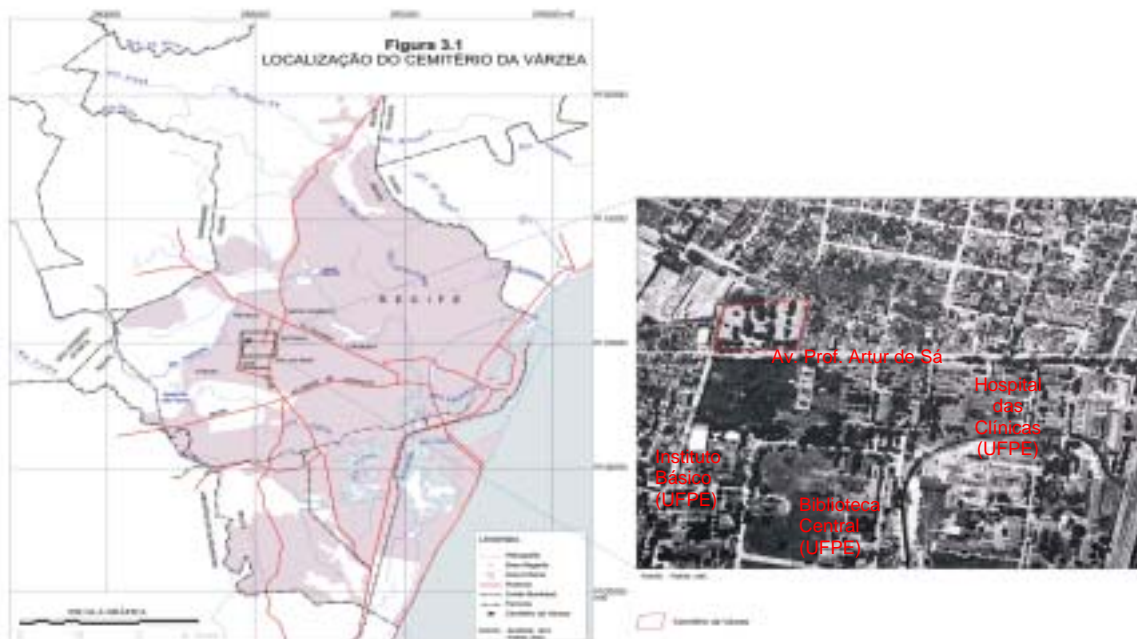
## **ÁREA DE ESTUDO**

### **Localização**

O cemitério da Várzea localiza-se na porção oeste do município do Recife (Figura 1), ao norte do Campus da Universidade Federal de Pernambuco, nordeste Brasileiro. Ocupa uma área de 21.700 m<sup>2</sup> ( $\cong$  2,2 ha) e está inserido em área densamente urbanizada.

### **Características Ambientais**

O clima no município do Recife é do tipo litorâneo úmido com influência de massas tropicais marítimas (CPRM, 2003). Segundo dados obtidos na Estação Meteorológica Recife do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, a precipitação média anual é 2.451mm, sendo os meses mais chuvosos, junho e julho. A evaporação média anual de 1.323mm e temperatura média anual de 25,5°C (INMET, 2003).



**Figura 1** – Localização do Cemitério da Várzea

No tocante a Geomorfologia, a área do estudo situa-se na Planície Costeira do Recife e está inserida na bacia hidrográfica do baixo Capibaribe. O cemitério encontra-se em área de relevo plano, apresentando cotas altimétricas que variam de 10 metros, na porção sudeste, a 11 metros, na porção noroeste do mesmo.

Geologicamente, a área do cemitério está assentada sobre sedimentos quaternários, mais especificamente aqueles classificados por Alheiros et al. (1995) como Terraços Marinheiros Pleistocênicos Modificados, que nada mais são que os próprios Terraços Marinheiros Pleistocênicos com sua sedimentação alterada pela contribuição e retrabalhamento da rede fluvial, a qual introduziu, nesses terraços, areias fluviais e espessos depósitos de argila.

Descrições litológicas de quatro poços tubulares construídos no Campus da UFPE (CONESP, 1973; COPERSON, 1996; WB Perfurações de Poços, 2002), distando, aproximadamente, 400 metros (mínimo) e 1200 metros (máximo) ao sul da área estudada, mostram que esse terraço indiferenciado encontra-se recobrendo as rochas do embasamento cristalino. Essas, por sua vez, encontram-se a 36 metros (mínimo) e 54 metros (máximo) de profundidade e estão recobertas por materiais que se alternam entre argilas, areias de granulometria variada, com ocorrência de fragmentos de conchas em alguns horizontes.

O cemitério da Várzea está situado aproximadamente 150 metros ao norte da nascente do riacho Cavouco, afluente da margem direita do rio Capibaribe. A nascente desse riacho foi transformada, desde 1998, em um lago com delimitação das margens e com injeção de água, nos períodos mais secos, para manutenção do volume de água do reservatório.

Os sedimentos indiferenciados sobre os quais assenta-se o cemitério da Várzea integram o aquífero Boa Viagem. Esse aquífero tem nível freático entorno de 6,0 metros de profundidade, espessura média de 50 metros nos bairros da Várzea e Cidade Universitária, vazão média de 17 m<sup>3</sup>/h e vazão específica média de 4,5 m<sup>3</sup>/h/m (CPRM, 2003).

Estudos geotécnicos realizados pelo Instituto Tecnológico de Pernambuco – ITEP -, em outubro de 2001, no interior do cemitério da Várzea, indicaram que o nível da superfície freática não foi alcançado até 4,0 metros de profundidade (ITEP, 2001). A construção de um poço de observação, a trado manual, no interior desse cemitério, em fevereiro 2003, possibilitou a determinação do nível da água em subsuperfície, o qual encontrava-se a 6,0 metros de profundidade.

## **METODOLOGIA**

Para obtenção das medições da superfície freática foram utilizados três poços de observação (PO-01, PO-02 e PO-03) construídos na área interna do cemitério da Várzea e três poços (PR-04, PR-05 e PR-08) levantados em residências contíguas a esse cemitério. Essas medições foram realizadas mensalmente no período de abril a outubro de 2003.

As cotas altimétricas desses poços foram determinadas através de levantamento em campo com nível topográfico ZEISS modelo Ni 50 e mira graduada centimétrica. A diferença de cota observada entre os poços foi pouco significativa, dada a ocorrência de um relevo plano na área estudada.

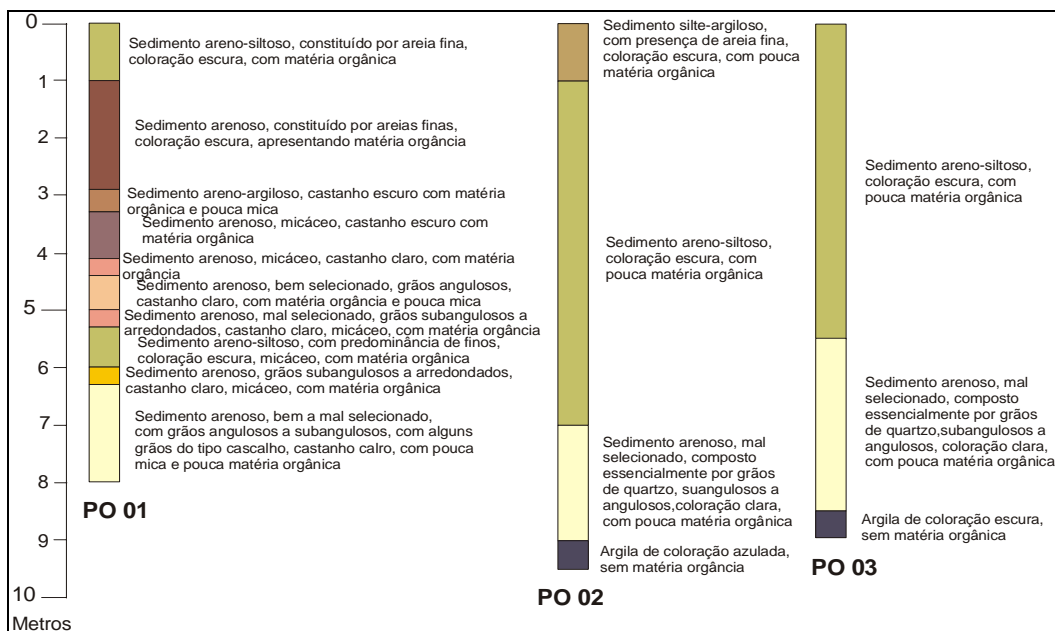
Os poços de observação têm filtros com comprimento igual a 2,0 metros. No entanto, para os poços residenciais, não foi possível determinar a extensão dos filtros, sabendo-se apenas que esses poços têm, aproximadamente, a mesma profundidade dos poços de observação.

Dos poços de observação construídos, apenas o furo do poço PO-01 foi executado a trado manual. Para os outros foi utilizada perfuratriz artesanal para furo em sedimento, a qual utiliza lama (bentonita) na perfuração. Dessa forma, somente as amostras de sedimentos coletadas durante a construção do PO-01 foram encaminhadas para o Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha – LGGM – da UFPE para análise granulométrica e classificação das frações.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A análise tátil-visual das amostras de sedimentos coletadas durante a construção dos poços de observação, mostrou nos primeiros 6,0 metros de profundidade, a predominância, de forma generalizada, de sedimentos clásticos, com algumas intercalações areno silte-argilosas e coloração variando de castanho clara nos horizontes arenosos a castanho escura nos horizontes mais argilosos. Abaixo desse intervalo, cerca de dois metros de profundidade, os sedimentos apresentaram-se

bastante arenosos com presença de grãos do tipo cascalho e com coloração castanho clara. Na base dos poços PO-02 e PO-03, numa espessura de 0,5 metros, foi constatada a presença de argila de coloração escura (Figura 2).

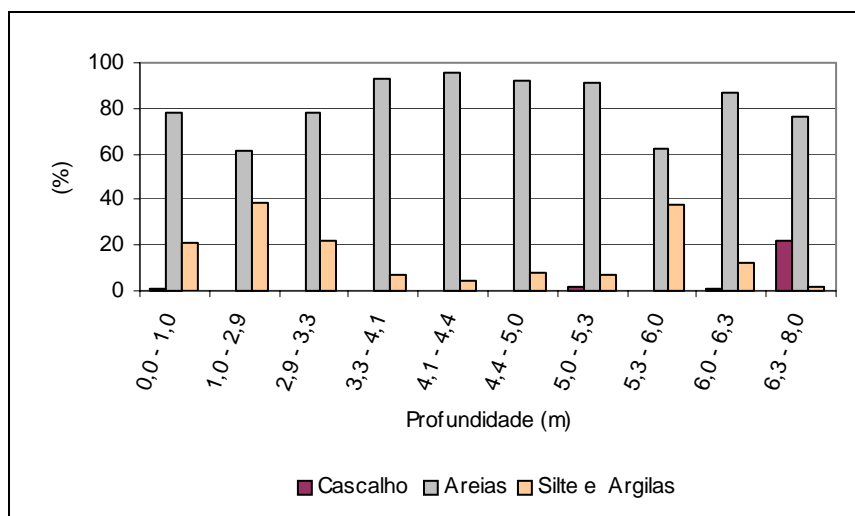


Fonte: Pesquisa de campo, 2003.

Obs.: Nenhuma amostra reagiu ao ácido clorídrico.

**Figura 2 - Perfis dos Poços Construídos no Interior do Cemitério.**

A análise granulométrica do PO-01 mostra o domínio da fração areia ao longo de todo perfil (Figura 3).



**Figura 3 – Granulometria do Poço de Observação 01**

Com base nos dados obtidos na análise granulométrica do PO-01, verifica-se que os sedimentos, na área do cemitério, apresentaram predominância de grãos do tipo areia, mal selecionado, predominando ao longo do perfil sedimentos clásticos finos. A fração silte e argila está concentrada nos intervalos de 1,0 a 2,9m e de 5,3 a 6,0m. Sedimentos com essas características (areia fina com silte e argila), segundo Ottmann (1987), apresentam uma má permeabilidade, com um coeficiente  $k$  entre  $10^{-6}$  a  $10^{-9}$  m/s, constituindo-se, nesse caso, a permeabilidade como um fator atenuante para os contaminantes, sobretudo, os relacionados aos microrganismos.

O quadro 1 mostra as medições da superfície freática, obtidas nos poços, durante o período monitorado. Nele, observa-se que essa superfície variou 2,0 metros, com maior rebaixamento ocorrido no mês de abril e maior elevação no mês de julho. Esse último, coincidindo com o final do período de maior incidência de chuvas (junho a julho), demonstrando ser a superfície freática diretamente influenciada pela precipitação pluviométrica (Figura 4).

As medições da superfície freática foram utilizadas para calcular as cargas hidráulicas ao longo do período monitorado, quando se constatou a ocorrência das menores cargas, em abril, e as maiores, em julho, com uma variação máxima de 2,0 metros. Com base nessas cargas hidráulicas foi elaborado o mapa potenciométrico para a área do cemitério (Figura 5).

O mapa potenciométrico mostra que as cargas hidráulicas, entre os poços, apresentaram poucas variações. Além disso, a distribuição dessas cargas indica que, no interior do cemitério, há um divisor de água, de forma que o fluxo ocorre tanto no sentido oeste como no sentido leste, induzido pelo bombeamento de água subterrânea no entorno do cemitério.

**Quadro 1 – Superfície Freática Observada nos Poços Monitorados**

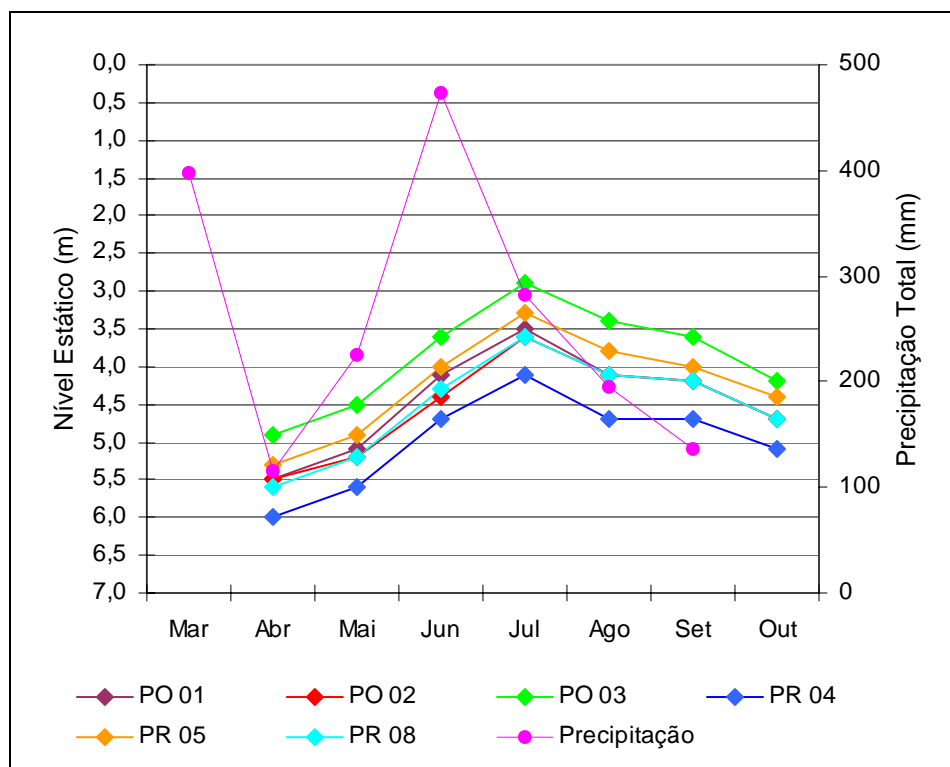
POÇO	SUPERFÍCIE FREÁTICA (m)							
	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Variação máxima
PO-01	5,5	5,1	4,1	3,5	4,1	4,2	4,7	2,0
PO-02	5,5	5,2	4,4	3,6	4,1	4,2	4,7	1,9
PO-03	4,9	4,5	3,6	2,9	3,4	3,6	4,2	2,0
PR-04	6,0	5,6	4,7	4,1	4,7	4,7	5,1	1,9
PR-05	5,3	4,9	4,0	3,3	3,8	4,0	4,4	2,0
PR-08	5,6	5,2	4,3	3,6	4,1	4,2	4,7	2,0

Fonte: Pesquisa de Campo, 2003.

PO – Poço de Observação; PR – Poço Residencial.

## CONCLUSÕES

Os sedimentos sobre os quais assenta-se o cemitério da Várzea são de natureza predominantemente clástica até, aproximadamente, 8,0 metros de profundidade. A superfície freática, no interior do cemitério, variou de 2,9 a 5,5 metros de profundidade em relação à superfície do terreno, com distâncias mínimas de 2,1 a 2,7 metros entre o fundo das sepulturas e a superfície freática.



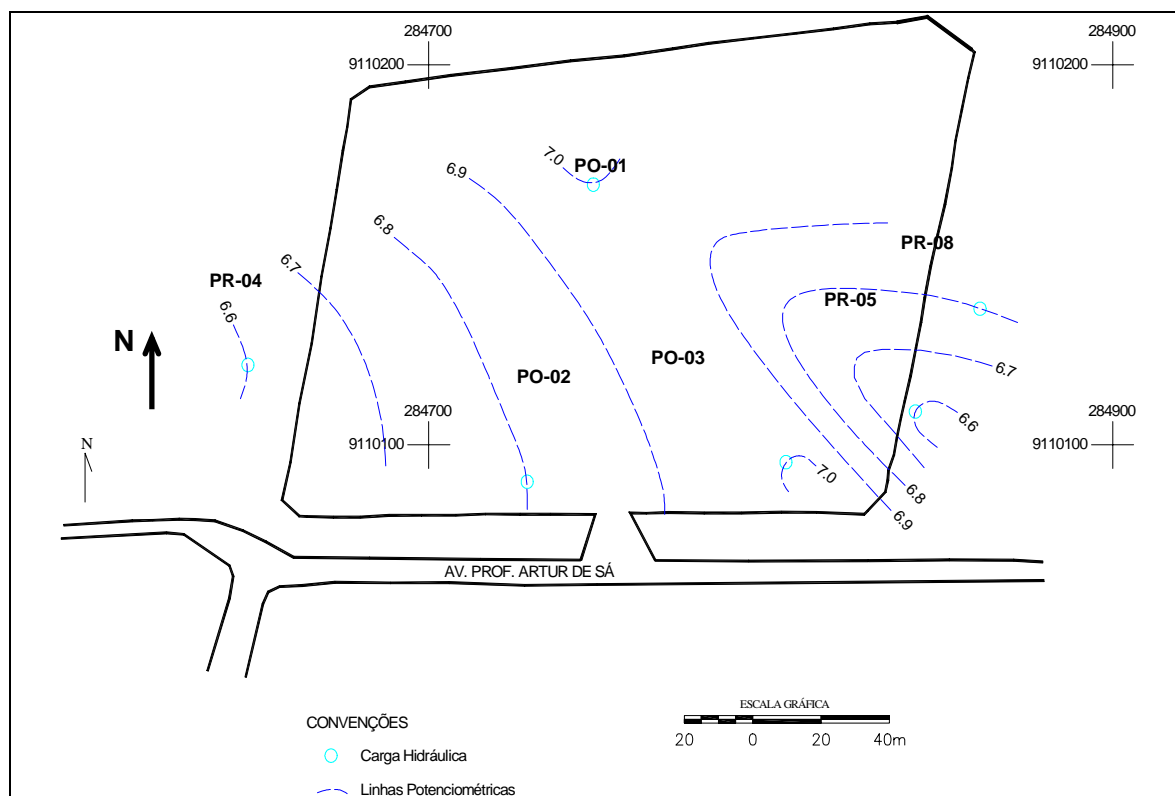
Fonte: Pesquisa de Campo, 2003; INMET, 2003.

**Figura 4** - Relação entre as Medições da Superfície Freática nos Poços e a Precipitação Pluviométrica Ocorrida no Período.

Associada às características hidrogeológicas de um aquífero está à vulnerabilidade natural, que pode ser definida como a sensibilidade do estrato geológico frente a uma carga contaminante (Hirata, 1996 apud Da Silva & Santos, 2003), bem como a própria carga contaminante que, como resultado de atividade antrópica, é capaz de provocar alteração na qualidade das águas subterrâneas. Segundo Costa (2002) o método mais utilizado para o estabelecimento do índice de vulnerabilidade, quando os dados são escassos e mal distribuídos, é o GOD. Baseado nesse método, cujo índice de vulnerabilidade varia de 0 a 1, e é classificado como negligenciável, baixo, moderado, alto e extremo (Foster & Hirata, 1998), o aquífero freático do cemitério da Várzea apresenta índice correspondente a 0,45, estando classificado como moderado.

O fluxo das águas subterrâneas, no interior do cemitério, segue dois sentidos, um a oeste e outro a leste, induzido, pelas captações de água subterrânea nas áreas adjacentes ao cemitério.

O índice de vulnerabilidade do aquífero freático desse cemitério, classificado segundo o método GOD, é moderado.



**Figura 5 - Mapa Potenciométrico da Área do Cemitério**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALHEIROS, M. M.; FERREIRA, M. G. V. & LIMA FILHO, M. F. 1995. **Mapa geológico do Recife**. Recife. Convênio FINEP/ LSI-DEC-UFPE.
- [2] CONESP - COMPANHIA NORDESTINA DE SONDAJENS E PERFURAÇÕES - 1973. **Perfis litológicos de poços construídos no Campus da Universidade Federal de Pernambuco**. Recife.
- [3] COPERSON POÇOS ARTESIANOS Ltda. 1996. **Perfis litológicos de poços construídos no Campus da Universidade Federal de Pernambuco**. Recife.
- [4] COSTA, W. D. 2002. **Análise sobre Risco de Contaminação de Mananciais Hídricos**. Relatório elaborado para subsidiar o licenciamento ambiental do Cemitério Sete Torres – Várzea. Recife. 14p.
- [5] CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. 2003. **Sistema de informações geoambientais da Região Metropolitana do Recife**. Coordenador: Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff. Recife. 119p.



- [6] DA SILVA, M. R. R. & SANTOS, A. C., 2003. **Parecer Hidrogeológico da Área da Usina de Tratamento de Lixo do Distrito Estadual de Fernando de Noronha, Estado de Pernambuco**. Relatório elaborado para subsidiar o licenciamento ambiental da Usina de Tratamento de Lixo da Ilha de Fernando de Noronha. Recife. 23p.
- [7] FOSTER, S. & HIRATA, R. 1988. **Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data**. Lima. CEPIS-OPIS-OMM. 81 p.
- [8] INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2003. **Normal Climatológica do Período de 1962 a 1990 e Dados de Precipitação, Evaporação e Temperatura de outubro de 2002 a setembro de 2003**. 3º DISME. Recife. 2p.
- [9] ITEP - INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PERNAMBUCO. 2001. **Relatório de Ensaio nº 177.543 - Determinação da taxa de percolação e nível do lençol freático no cemitério da Várzea**. Recife. 3 p.
- [10] MARINHO, A. M. C. P. 1998. **Contaminação de Aquíferos por Instalação de Cemitérios. Estudo de Caso do Cemitério São João Batista, Fortaleza – Ceará**. Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. Dissertação de Mestrado. 88 p.
- [11] MATOS, B. A. 2001. **Avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismos no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo**. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo. Tese de Doutorado. 161 p.
- [12] OTTMANN, F., 1987. **Créer ou Aménager um Cimetière**. Ed. Moniteur, Paris. 162 p.
- [13] PACHECO, A., MENDES, J. M. B., MARTINS, T., HASSUDA, S. & KIMMELMANN, A. A. 1991. Cemeteries – A potencial risk to groundwater. **Water Science and Technology**, v. 24, nº 11, p. 97-104.
- [14] WB Perfurações de Poços Ltda. 2002. **Perfis litológicos de poços construídos no Campus da Universidade Federal de Pernambuco**. Recife.