



## XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

### **CEMITÉRIOS E CONTAMINAÇÃO DE AQUÍFEROS: CASO DOS CEMITÉRIOS DE IGARASSU E ITAPISSUMA, PE.**

*Kátia Kater<sup>1</sup>; Felisbela Oliveira<sup>2</sup>*

1 Universidade de Pernambuco; 2 Universidade Federal de Pernambuco

**RESUMO** – O estudo se situa no âmbito das preocupações voltadas para a preservação do meio ambiente. A pesquisa faz um levantamento das áreas dos cemitérios dos municípios de Igarassu, e Itapissuma, Pernambuco, possíveis fontes de poluição de águas subterrâneas. Salienta-se que estes cemitérios estão localizados na área de Recarga do Aquífero Beberibe sendo, portanto, um risco à contaminação das águas subterrâneas e também de contaminação. Faz-se uso da teoria empírica de Foster e Hirata (1995) sobre a vulnerabilidade dos aquíferos e mostra-se o potencial de risco de contaminação deste aquífero. O conhecimento das características geotécnicas, geológicas e hidrogeológicas de áreas de implantação de cemitérios são importantes como medida de prevenção a possíveis contaminações do solo, das águas subterrâneas e das bacias hidrográficas, podendo contagiar populações servidas por essas águas e/ou até mesmo pela ingestão de alimentos contaminados provenientes dessa localidade.

**ABSTRACT**– The study falls within the framework of the concerns focused on preserving the environment. The research is a survey of the areas of the municipalities of Igarassu and Itapissuma cemeteries, Pernambuco, possible sources of groundwater pollution. It is noted that these cemeteries are located in the area of recharge of the Beberibe Aquifer thus being a risk to groundwater contamination as well as contamination. The research uses the empirical theory of Foster and Hirata (1995) on the vulnerability of aquifers and shows the potential risk of contamination of this aquifer. Knowledge of geotechnical, geological and hydrogeological characteristics of the areas of deployment of cemeteries are important as a preventive measure to possible contamination of soil, groundwater and river basins, and can infect populations served by the water and / or even by eating contaminated food from that location.

**Palavras-Chave** – cemitérios, aquíferos, contaminação.

## INTRODUÇÃO

Este estudo se situa no âmbito das preocupações voltadas para a preservação do meio ambiente. A pesquisa faz um levantamento das áreas dos cemitérios dos municípios de Igarassu e Itapissuma, Pernambuco, possíveis fontes de poluição de águas subterrâneas

### Cemitérios e contaminação

A origem da palavra cemitério, segundo o Dicionário Aurélio, vem do grego *Koimetérion*, que significa “dormitório” em latim *Coemeteriu* - recinto onde se enterram e guardam os mortos.

Durante muito tempo, em Paris, os cemitérios não foram regidos por nenhuma legislação precisa. As recomendações dos parlamentares, nesse sentido, naquela época, não foram respeitadas nem pelo clero nem pelas classes privilegiadas. Esse fato favoreceu surtos epidêmicos, obrigando os parlamentares a intervir energicamente. Assim, em 1755, foi proibida a realização de enterros nos cemitérios localizados nas igrejas e nos templos. Ainda assim, muitas das prescrições não foram respeitadas e a maior parte dos cemitérios continuou situada em torno das igrejas e no meio dos aglomerados humanos.

No que diz respeito às leis pertinentes ao assunto, a Legislação Brasileira dos séculos XIX e XX, tem as mesmas origens e os mesmos objetivos das legislações europeias: garantir a salubridade pública e impedir a disseminação de doenças. Nos dias atuais, o CONAMA, após constatação de que os cemitérios causam poluição ambiental, baixou a Resolução n.335, de 3 de abril de 2003, exigindo o licenciamento ambiental de cemitérios. Para Sirvinskas (2008), “Essa resolução apresenta os requisitos necessários que devem ser cumpridos nas fases da licença prévia, de instalação e de operação. Os cemitérios existentes deverão adequar-se a essa resolução, devendo firmar com o órgão competente termo de ajustamento de conduta dentro do prazo de cento e oitenta dias contados a partir da data da publicação dessa resolução. O descumprimento desta, bem como do termo de ajustamento, sujeitará o infrator às penalidades previstas na Lei n. 9.605/98”.

Estudos realizados na Alemanha constataram que um cemitério situado em terreno de aluvião não-consolidado é um grande risco de contaminação para as águas subterrâneas. Esta afirmativa foi baseada em análises químico-bacteriológica das amostras coletadas dessas águas a uma profundidade de 0,50m abaixo da base das covas. Esse mesmo estudo mostrou que a maior concentração de bactérias está nas imediações dos túmulos e à medida que a profundidade vai aumentando o número de bactérias encontradas vai diminuindo, isto se deve a relação inversa existente entre a capacidade de retenção e a permeabilidade (SCHROPS apud PACHECO, 1986). Pacheco (1986) afirma que a infiltração de material contaminante em um terreno arenoso se faz em

velocidades um milhão de vezes superiores à que ocorre na argila, ou seja, os processos de retenção de organismo são mais eficientes nos solos argilosos do que na areia e cascalho. Neste sentido, os aquíferos formados por grandes interstícios, por fraturas e canais de dissolução (Karsts) estão deficientemente protegidos. É necessário lembrar que a capacidade de retenção do solo deve-se também a litologia, a aeração, a umidade, a pluviometria, aos nutrientes aí existentes, etc.

### **Águas subterrâneas**

A importância estratégica dos recursos hídricos subterrâneos, geralmente com qualidade físico-química e biológica muito boa, é fundamental, pois a água subterrânea pode ser aproveitada para todos os usos da atividade humana. A exploração de águas subterrâneas vem registrando um expressivo incremento. Vários núcleos urbanos são abastecidos de água subterrânea, de forma exclusiva ou complementar. Indústrias, propriedades rurais, escolas, hospitais e outros estabelecimentos utilizam, com frequência, água de poços artesianos.

Tendo em vista a utilização das águas subterrâneas como forma de abastecimento de água para os centros urbanos e áreas rurais, os órgãos responsáveis para suprir a demanda de água à população e para as diversas atividades econômicas, tendem a se preocuparem com o volume de exploração dessas águas e conseqüentemente com a recarga dos aquíferos a fim de manterem um abastecimento que venha satisfazer a demanda da sociedade em geral. Ainda assim é importante salientar que nem só o volume dessas águas subterrâneas é importante, mas também a sua qualidade, pois é entre tantas outras funções, um caso de saúde pública.

Com base no exposto, identificar as fontes potenciais de contaminação e os seus respectivos contaminantes e, se possível o histórico e o quantitativo da carga contaminante, pode-se avaliar as conseqüências dos riscos potenciais na saúde das populações residentes e ou das populações que podem chegar a consumir alimentos contaminados e se servirem das águas que não estejam dentro dos padrões de potabilidade, refletindo na qualidade de vida desses indivíduos.

A vulnerabilidade natural é uma característica intrínseca às formações geológicas, mas, esta vulnerabilidade pode ser influenciada pelo homem. Complementando, Diniz apud Kater (1999) expõe que a influência da carga de contaminante é dependente, fundamentalmente, das atividades antrópicas, isto é, *“função direta das modificações introduzidas no meio ambiente, tais como a existência ou não de saneamento básico, lixões, área irrigada, cemitérios, depósitos de combustíveis, etc.”*.

Para Macedo (2004), as principais fontes de contaminação das águas subterrâneas por necrópolis são as sepulturas com menos de um ano e que estejam localizadas nas cotas mais baixas próximas ao nível freático, isto é, em torno de 4 metros. As necrópolis, por necessitarem de grande consumo de oxigênio, provocam um acréscimo na quantidade de sais minerais que aumentam a

condutividade elétrica da água, conseqüentemente, aumentando a concentração dos íons como bicarbonato, cloreto, sódio e cálcio e dos metais como: ferro, alumínio, chumbo e zinco. Por esta razão, o CONAMA e a Agência Nacional das Águas (ANA) dizem que se deve evitar utilizar nos caixões, urnas e mantas com plásticos, tintas, vernizes, metais pesados ou qualquer material nocivo ao ambiente.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia da pesquisa inclui levantamento de dados bibliográficos e cartográficos (profundidades das águas do aquífero na localidade) em órgãos públicos; pesquisa de campo, para identificação e caracterização da área, a partir de mapas topográficos e geológicos; coleta de dados primários junto aos órgãos ligados às Prefeituras de Igarassu e de Itapissuma.

Do ponto de vista da vulnerabilidade do Aquífero, utilizou-se a metodologia empírica de Foster e Hirata (1995). Neste método, a análise da vulnerabilidade é feita utilizando-se os três índices: o tipo de ocorrência de água subterrânea; as características dos estratos acima da zona saturada, em termos do grau de consolidação e tipo litológico e, a profundidade do nível da água.

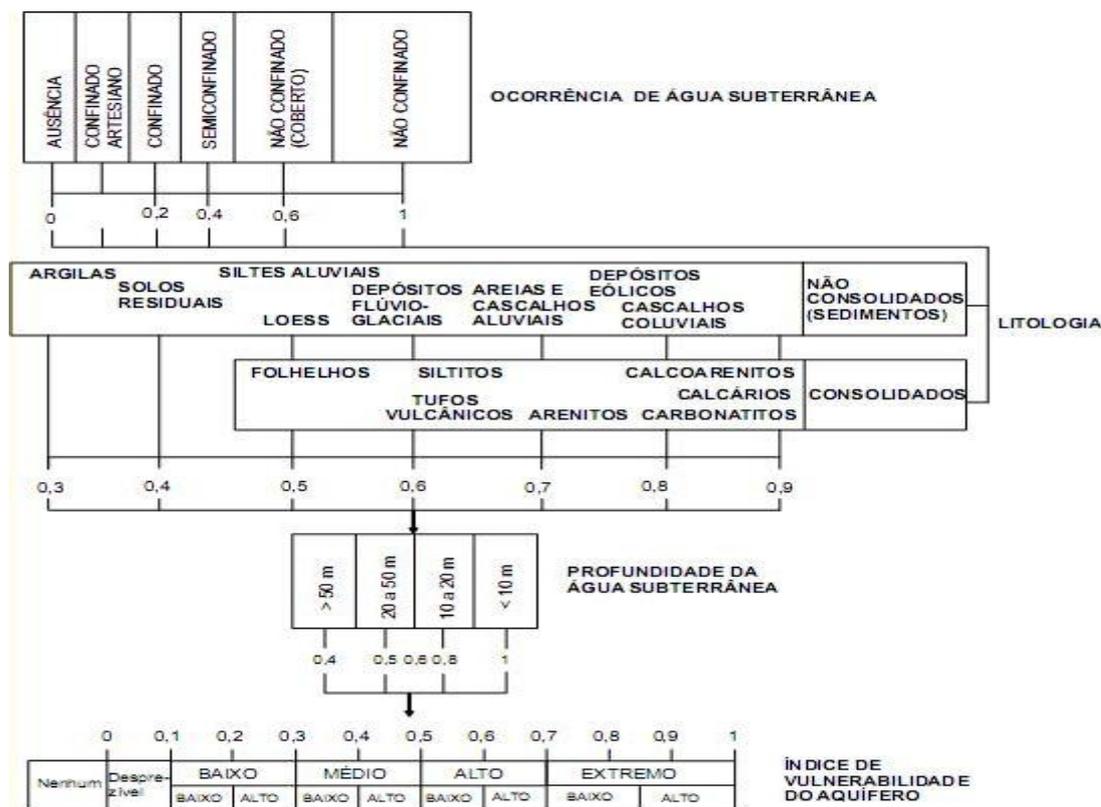


Figura 1: fluxograma do Método de Foster e Hirata (fonte: Google)

Os parâmetros acima mencionados e analisados são recomendações da OMS (Organização Mundial de Saúde), para se avaliar o risco de contaminação de aquíferos.

As características do aquífero (tipo e litologia das camadas), com fins de estimativa da vulnerabilidade pelo método de Foster e Hirata, nos pontos estudados, foram obtidas partir dos perfis dos poços da Companhia de Saneamento de Pernambuco. Também os solos das áreas dos cemitérios foram caracterizados, através de ensaios de suas amostras: permeabilidade, granulometria, tipo de solo. Foram coletadas amostras amolgadas, obedecendo a norma NBR 6457, (ABNT), retiradas a trado tipo cavadeira, a uma profundidade variada de 0,0 m à 1,25 m. Feitas as coletas das amostras “*in situ*”, foram iniciados os ensaios de Análise Granulométrica, de acordo com NBR 7181, no Laboratório de Mecânica dos Solos do e instrumentação do Departamento de Engenharia Civil da UFPE.

O Mapa de Fontes Poluentes das Áreas de Recarga do Aquífero Beberibe, elaborado por Kater (1999) na escala 1:50.000, possibilitou uma visão das zonas consideradas mais críticas da área em estudo e serviu de base para confrontar com as observações, resultantes do trabalho de campo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na área de estudo localizam-se três cemitérios: um no município de Igarassu (cemitério municipal) e dois no município de Itapissuma (cemitérios de São Gonçalo e municipal).

Pelo Método de Foster e Hirata (utilização do fluxograma apresentado na figura 1), a área em estudo apresenta uma alta vulnerabilidade. A ocorrência das águas subterrâneas, nesta área, varia de 0,0 à 10,0 m de profundidade, com o substrato litológico formado por arenito (Arenito Beberibe). Esta área representa 95% da superfície de recarga do Aquífero Beberibe, quase sua totalidade, onde ocorre como aquífero livre. Ressalta-se que em pequenas manchas tem-se ocorrência das águas subterrâneas que vão além de 10,0 m de profundidade, correspondendo a 5% aproximadamente, da área em questão. No tabela 1, abaixo, estão descritas as características geológicas e hidrogeológicas do aquífero subjacente ao cemitério e a classificação do aquífero segundo Foster e Hirata.

Tabela 1 – Características do aquífero na área de estudo e vulnerabilidade segundo Foster e Hirata.

Área	Nível Estático		AQUÍFERO		SUBSTRATO		Vulnerabilidade do Aquífero (Foster, Hirata)
	Prof.(in)	vulnerabilidade	Tipo	Vulnerabilidade	Litogia	Vulnerabilidade	
cemitério	0-10	0.8	Não confinado	1.0	Arenitos	0.7	Alta

Para os autores Foster e Hirata (1995) a atividade humana em superfície pode alterar e induzir novos mecanismos de recarga ao aquífero, podendo modificar a taxa, a frequência e a qualidade dessa recarga de águas subterrâneas. Assim sendo, as atividades antrópicas desenvolvidas na área de estudo afetam a quantidade e a qualidade das águas do aquífero localizado sob a região.

As características dos solos, nas áreas dos cemitérios considerados, baseadas nos ensaios geotécnicos realizados, são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 – Características dos solos dos cemitérios

Cemitérios	Classificação do Solo (U.S.C.) <sup>1</sup>	Permeabilidade Provável-K (cm/s)	Permeabilidade Relativa	Potencialidade de Drenagem
Cemitério de Igarassu	SM – Areia Siltosa	$10^{-3}$ a $10^{-6}$	Moderada a muito pouco permeável	Regular a Impermeável
Cemitério de São Gonçalo	SP-Areias e SM-Areias Siltosas	$10^{-3}$ a $10^{-6}$	Moderadamente permeável	Para SP-Excelente Para SM-Regular a Impermeável
Cemitério Municipal de Itapissuma	SP-Areias e SM-Areias Siltosas	$10^{-3}$ a $10^{-6}$	Moderadamente permeável	Para SP-Excelente Para SM-Regular a Impermeável

Fonte: Kater, 1999.

<sup>1</sup>USC - Unified Soil Classification System

Pela classificação Unificada dos Solos (U.S.C.), os materiais terrosos dos cemitérios variam de areias a areias siltosas. Os coeficientes de permeabilidade variam de  $10^{-3}$  a  $10^{-6}$  cm/s, com permeabilidade relativa de pouco a moderadamente permeável, com possibilidade de drenagem de regular a impermeável. Embora a fração arenosa facilite a drenagem dos fluidos, de fato, o silte, presente na areia siltosa, por sua pequena granulometria, induz a baixos coeficientes de permeabilidade. Este fato corrobora para uma maior proteção, localmente, do subsolo no que diz respeito a contaminantes.

Guiguer (1996) mostra valores típicos de porosidade total para solos diferentes (tabela 3). Sabe-se que a permeabilidade e porosidade dos solos estão inter-relacionadas. Solos de grãos grossos tais como areias (como no caso estudado) e cascalhos apresentam coeficientes de permeabilidade elevados; valores de porosidade elevados para estes tipos de solos (25 a 40%) também indicam permeabilidade elevada como se observa nos solos arenosos dos cemitérios.

Tabela 3 – Variação de porosidade de vários tipos de solos

TIPO DE SOLO	VARIAÇÃO DE POROSIDADE
areia ou cascalho	25 à 40 por cento
areia e cascalho, misturados	25 à 35 por cento
sedimentos glaciais	10 à 20 por cento
Argila	33 à 60 por cento

Observa-se que nessa área, onde a vulnerabilidade natural é alta, há variações quanto à própria característica de vulnerabilidade. Onde existem areias, a permeabilidade é maior e a drenagem é excelente o que facilita a contaminação do aquífero; por outro lado, areias siltosas

apresentam menor coeficiente de permeabilidade portanto drenagem mais difícil e menos susceptibilidade de poluição das águas subterrâneas.

Quanto aos sepultamentos ao mês, os números oscilam de 06 (seis) a 08 (oito), sendo estes em covas rasas com profundidade de cerca de 1,50m. O estado de conservação, desses cemitérios, são precários: os túmulos apresentam rachaduras em função da ação das raízes das árvores frutíferas ali existentes. Outra observação a ser assinalada, é que não há nenhum tipo de pavimentação no seu interior, ficando essas áreas como possíveis áreas de captação de águas (figura 1).



Figura 1 – aspecto do cemitério São Gonçalo, covas rasas e sem pavimentação

A presença de cemitérios nas áreas urbanas provocam impactos ambientais. O mais importante está no risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas por microorganismos que proliferam durante o processo de decomposição dos cadáveres, e posterior o uso das águas pelas populações. Considerando-se que, de maneira geral, na localização de cemitérios não se levam em conta os aspectos geológicos e hidrogeológicos, estes, por efeito da inadequação do tipo de construção, poderão se constituir em unidades de alto potencial de risco para as águas. As águas atingidas por necrochorume apresentam contaminação microbiológica por bactérias heterotróficas, bactérias proteolíticas, clostrídios sulfitorredutores, enterovirus e adenovirus. Há também um grande consumo de oxigênio, devido à decomposição biológica e transformações químicas, principalmente dos produtos com nitrogênio, fósforo, enxofre e outros. As sepulturas provocam um acréscimo na quantidade de sais minerais, aumentando a condutividade elétrica destas águas. Parece haver um aumento na concentração dos íons maiores bicarbonato, cloreto, sódio e cálcio, e dos metais ferro, alumínio, chumbo e zinco e de outros metais, há presença de diaminas muito tóxicas, que são constituídas pelas putrescina (1,4 butanodiamina) e a cadaverina

(1,5 pentanodiamina), dois venenos potentes para os quais não se dispõem de antídotos eficientes (MATOS apud NOGUEIRA *et al*, 2013). No Brasil, a proteção qualitativa das águas subterrâneas vem sendo negligenciada, apesar da sua importância do ponto de vista estratégico e econômico. (MARINHO, 1996).

## **CONCLUSÃO**

A área estudada apresenta, segundo o Método de Foster e Hirata, alta vulnerabilidade das águas subterrâneas à poluição. Entretanto estudos geotécnicos apontam variações nas características do solo que recobrem a localidade, como a permeabilidade relativa, que varia de moderada a muito pouco permeável, e drenagem regular a impermeável; fato este que se traduz por variações na vulnerabilidade à contaminação a partir do tipo de cobertura de solo sobre o aquífero.

Pode-se afirmar também que a área, além da presença do cemitério, está vulnerável à poluição em função da população aí residente, sem saneamento básico, lançando os seus dejetos no solo e/ou nas águas superficiais. Esta carga poluente pode comprometer o solo e as águas superficiais de abastecimento. Sugere-se, por isso, análise das águas de poços e cacimbas, considerando o sedimento hospedeiro é arenoso (quartzo) e, portanto, não vai reter indicadores da presença de contaminante.

A contaminação nos aquíferos subterrâneos pode demorar muito a evidenciar-se, em consequência da lenta circulação de suas águas, capacidade de absorção dos terrenos e exploração difusamente distribuída, podendo atingir vastas áreas. A poluição das águas subterrâneas, quando detectada, envolve um volume alto de recursos para sua recuperação ou minimização da área degradada. É o contrário do que ocorre com os cursos d'água superficiais, nos quais as possíveis contaminações, sendo visíveis, permitem uma ação imediata para seu controle ou medidas reparadoras.

## **BIBLIOGRAFIA**

CONAMA. *Resolução 335 de 3 de abril de 2003*.

FOSTER, Stephen; HIRATA, Ricardo. *Groundwater Risk Assessment - A methodology using available data*. Lima: Pan American Center for Sanitary Engineering and Environmental Sciences (CEPIS), 1995.

GUIGUER, Nilson. *Poluição das Águas Subterrâneas e do Solo Causada por Vazamentos em Postos de Abastecimentos*. Ed. Waterloo – Hydrologic. 2000. P. 7

- KATER, Kátia Virgínia. *Estudo Ambiental da Vulnerabilidade das Áreas de Recarga do Aquífero Beberibe: Municípios de Igarassu e Itapissuma*. 1999. 179p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- MACEDO, Jorge Antonio Barros. *Águas & Águas*. Ed. Belo Horizonte. CRQ – MG, 977p. 2004.
- MARINHO, Alice M. C. Pequeno. *Contaminação em Aquíferos por instalação de cemitérios: Estudo do caso do Cemitério São João Batista, Fortaleza - CE*. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará/Centro de Ciências/Departamento de Geologia, 1996.
- NOGUEIRA, Cláudia; COSTA JÚNIOR, José Edimar; COIMBRA, Luis Antonio. *Cemitérios e seus impactos Socioambientais no Brasil*. Período Eletrônico Fórum Ambiental de Alta Paulista. Volume 9, número 11, 2013. P. 4.
- PACHECO, Alberto. *Os cemitérios como risco potencial para as águas de abastecimento*. Revista SPAM, São Paulo, n. 17, p. 25-27, 1986.
- SIRVINSKAS, Luis Paulo. *Manual de Direito Ambiental*. Editora Saraiva. São Paulo. 2008.