

# ESTUDOS HIDROGEOLÓGICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO TUCUNDUBA, REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM/PA

Andrei B. de Figueiredo<sup>1</sup>; Érika Regina França Dias<sup>1</sup>;  
Fabiola Magalhães de Almeida<sup>1</sup> & Milton Antonio da Silva Matta<sup>1</sup>

**Resumo** - Este trabalho mostra parte dos resultados obtidos com o desenvolvimento de um projeto financiado pelo Governo do estado do Pará, que estudou os recursos hídricos subterrâneos da região de Belém e Ananindeua/PA. Aqui são descritos fundamentos hidrogeológicos de interesse para a gestão das águas subterrâneas da bacia hidrográfica do Tucunduba, localizada na porção sudeste da Região Metropolitana de Belém. Foram identificados três sistemas aquíferos: Barreiras, Pirabas Superior e Inferior. Estes sistemas são formados por uma seqüência de camadas arenosas intercaladas com outras argilosas, seguindo um complexo arranjo geométrico. As reservas hídricas subterrâneas são da ordem de 6,1 milhões de metros cúbicos no sistema aquífero Barreiras. Três classes de vulnerabilidade foram estabelecidas para os sistemas aquíferos: **Alta** – existente no Sistema Aquífero Barreiras, quando formados por aquíferos livres e com pequenas espessuras da zona não saturada; **Moderada** – existente no Sistema Aquífero Barreiras quando confinados; **Baixa a Muito Baixa** – existentes nos Sistemas Aquíferos Pirabas, Superior e Inferior. Entre as principais fontes potenciais de poluição das águas subterrâneas se encontram os sistemas de esgotamento sanitário deficientes, os cemitérios, as águas superficiais poluídas, os postos de serviços de combustível e os poços tubulares mal construídos.

**Abstract** - This paper shows part of the results from an institutional project, financed by the State of Pará Government which has studied the hydric resources of the Belém and Ananindeua region. Here is described only the fundamentals needed to the Tucunduba basin underwater management. Three aquifer systems have been identified in the studied area: Barreiras, Upper Pirabas and Lower Pirabas. These systems are formed by a layers of sandy and clay materials in a complex geometrical sequence. The underwater reserves comprise about 6.1 millions of cubic meters related to the Barreiras system. Three vulnerability classes have been identified in the area: **High** – associated to the Barreiras system when formed by unconfined aquifers; **Moderate** – associated to the Barreiras system when formed by confined aquifers; **Low to Very Low** – related to the Lower and Upper

---

<sup>1</sup> UFPA; Universidade Federal do Pará; CG; Caixa postal 1611; 66017970; (0XX91) 31831425; [matta@ufpa.br](mailto:matta@ufpa.br).

Pirabas systems. The main potential sources of groundwater contamination are cemeteries, fuel service stations, lack of efficient sanitation systems, contaminated surface water, and groundwater wells.

**Palavras-Chave** – vulnerabilidade; reservas; aquíferos.

## **INTRODUÇÃO**

O estado do Pará, apesar de localizado na região de maior descarga de água doce do planeta, não foge a realidade nacional em relação à utilização dos recursos hídricos. A situação dos mananciais hídricos em Belém é preocupante, pois o crescimento desordenado da cidade, principalmente das áreas de periferia, vem ocasionando uma aceleração nos processos de degradação dos recursos ambientais, principalmente as águas.

O abastecimento de água da Região Metropolitana de Belém se verifica através dos lagos Bolonha e Água Preta, conectados ao rio Guamá por uma adutora (Fig. 01). A área dos lagos encontra-se nas vizinhanças do Aterro Sanitário do Aurá e seu entorno mostra-se altamente povoado e alterado por processos antrópicos. Ao lado disto, pode-se observar fortes poluições dos principais igarapés existentes na cidade, que são utilizados como receptores de esgoto sanitário e industrial, além da falta de saneamento básico que atinge apenas 8% da população (IMAZON, 2003).

Neste contexto, a utilização das águas subterrâneas como fontes alternativas de abastecimento caracteriza-se quase que como uma imposição ambiental para a área de Belém.

O presente trabalho mostra alguns dos principais fundamentos hidrogeológicos necessários para a gestão integrada dos recursos hídricos subterrâneos, no âmbito da bacia hidrográfica do Tucunduba, parte sudeste da Região Metropolitana de Belém (RMB). Este estudo fez parte do desenvolvimento do projeto “Fundamentos Hidrogeológicos para Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da Região de Belém, Ananindeua e Barcarena-PA, Brasil”, financiado pelo Governo do Estado do Pará, através do convênio FUNTEC/SECTAM/UFPA/FADESP.

## **LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A bacia hidrográfica do Tucunduba está localizada a sudeste da cidade de Belém (Fig. 02), possuindo uma área aproximadamente de 10,55 km<sup>2</sup>, e é considerada a quarta maior bacia hidrográfica de Belém, com uma população de aproximadamente 198.350 habitantes (PMB, 2000 b apud PEMAS, 2001).

A bacia é composta pelos bairros: Universitário, Terra Firme, Guamá e parte dos bairros de Canudos e do Marco e seu acesso se verifica pelas avenidas Bernardo Sayão, Perimetral, Almirante Barroso e José Bonifácio.

Em termos hidrológicos a bacia do Tucunduba faz parte de um conjunto de bacias urbanas que recebe forte influência do rio Guamá, que margeia Belém pelo setor sul.

## **ASPECTOS METODOLÓGICOS**

As características hidrogeológicas dos principais sistemas aquíferos existentes na área de estudo foram estudadas através de dados adquiridos junto às principais empresas de perfuração de poço e entidades de pesquisa existentes na cidade de Belém.

Para tanto foi feito um inventário hidrogeológico que se constituiu na principal base de informações sobre a qual todo o estudo foi montado.

A partir dessas informações foi possível analisar as principais características dos materiais de subsuperfície, assim como as características geométricas dos principais sistemas hidrogeológicos existentes na área.

Desse inventário foram selecionados 11 poços tubulares, para os quais existem disponíveis informações mais completas e confiáveis, nos respectivos relatórios construtivos. Esses poços foram plotados em uma base cartográfica que mostra a distribuição espacial dos mesmos em torno da área estudada (Fig. 03).

## **CLASSIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS SISTEMAS HIDROGEOLÓGICOS**

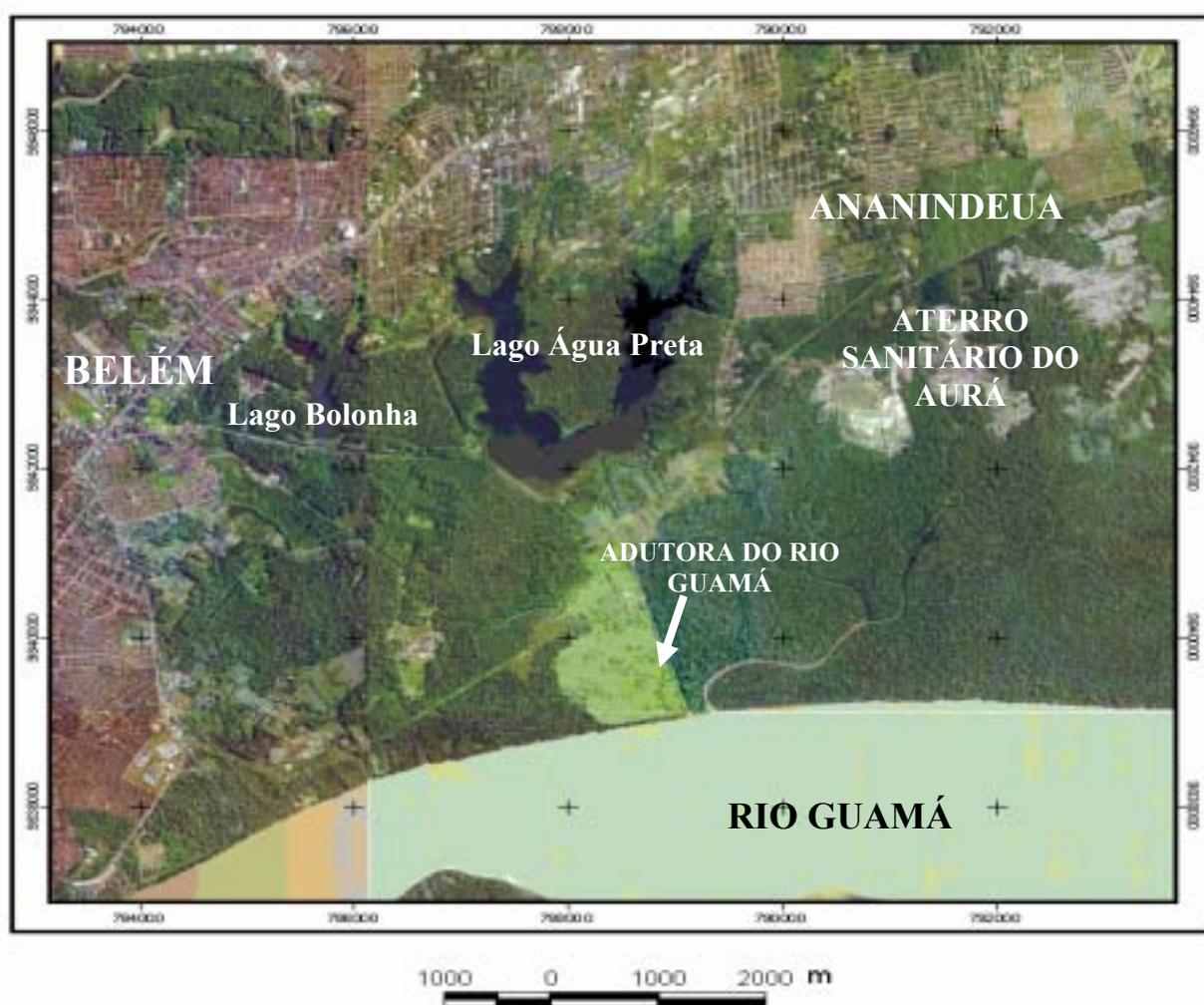
Os principais sistemas aquíferos existentes no âmbito da bacia do Tucunduba foram reconhecidos após análise dos relatórios de poços tubulares selecionados para este estudo. Estes sistemas estão de acordo com o modelo apresentado por MATTA, 2002. Segundo este autor, as Aluviões estão relacionadas à cobertura sedimentar mais recente; o sistema Pós-Barreiras é relacionado aos sedimentos inconsolidados pertencentes à unidade estratigráfica de mesmo nome; o sistema Barreiras relaciona-se aos sedimentos do Grupo Barreiras e os sistemas Pirabas Superior e Pirabas Inferior constituem-se de sedimentos arenosos e carbonáticos da Formação Pirabas.

Foram identificados três sistemas aquíferos, entre os descritos acima, na área da bacia do Tucunduba: Barreiras, Pirabas Superior e Inferior.

## Sistema Hidrogeológico Barreiras

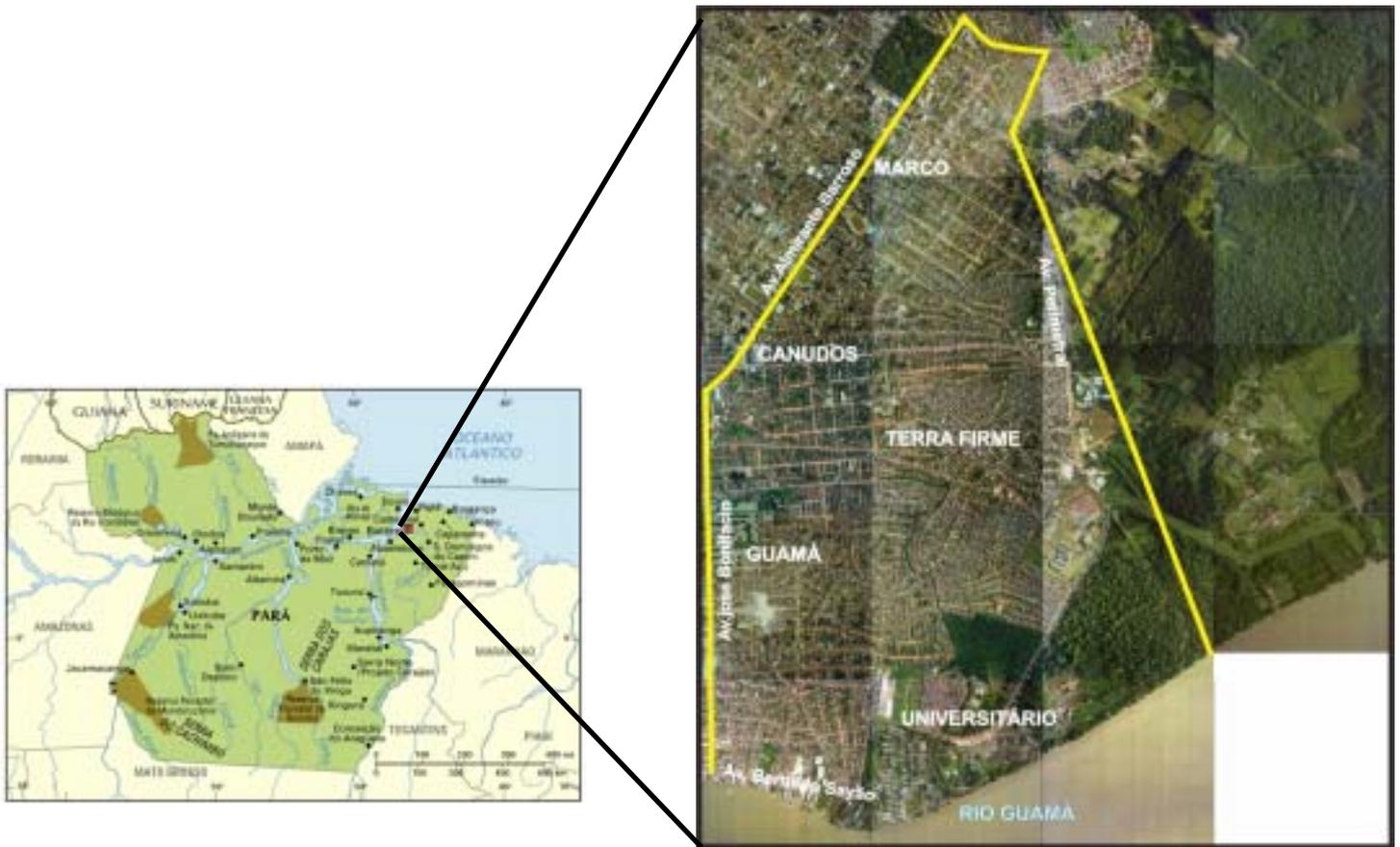
Esse sistema é o mais conhecido e explorado na área da bacia, sendo constituído por sedimentos arenosos e argilosos de granulação fina a média e apresenta também níveis conglomeráticos. São também comuns os níveis lateríticos e níveis argilosos caulinizados.

Os aquíferos que compõem esse sistema aparecem em profundidades de 29 a 100 metros. Com espessuras em torno de 20 m e vazões entre 10 e 50 m<sup>3</sup> /h. São aquíferos de natureza semilivre a confinada. A recarga se dá por contribuição das camadas sobrepostas ou através da precipitação pluviométrica nas áreas de afloramento dessa unidade.



FONTE: MATTA, 2002.

**Figura 01** – Sistema de Abastecimento de Água da Região de Belém e adjacências.



**Figura 02** – Mapa de localização da bacia hidrográfica do Tucunduba, Belém/PA.

### **Sistema Hidrogeológico Pirabas Superior**

Os aquíferos que compõem esse sistema são compostos por camadas de argilas calcíferas de cor cinza-esverdeada e leitos de calcário de colorações cinza esbranquiçada, que se alternam sucessivamente com camadas de arenito calcífero.

Os aquíferos aparecem em intervalos de 89 a 176 metros e possuem espessuras em torno de 50 m e vazões entre 100 a 180 m<sup>3</sup>/h, principalmente quando estão associados aos sedimentos de granulação mais grossa. São aquíferos de natureza confinada e possuem uma boa continuidade lateral.

Na área estudada as obras de captação de água desse sistema se restringem ao abastecimento de indústrias ou instituições públicas, pois estas obras são caras e envolvem profissionais capacitados e equipamentos especiais.



**Figura 03** – Mapa de localização dos poços estudados no âmbito da bacia do Tucunduba. (Poços em vermelho)

### **Sistema Hidrogeológico Pirabas Inferior**

Esse sistema é composto, predominantemente por sedimentos arenosos de cor cinza-esbranquiçada, granulação fina a média, com níveis conglomeráticos e intercalações mais espessas de argilas e siltitos avermelhados.

Os aquíferos desse sistema têm sido pouco explorados na região estuda, assim como na região metropolitana de Belém, principalmente devido às suas grandes profundidades, o que acarreta em altos custos para as obras de captação.

## CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DAS CAMADAS AQUIFERAS

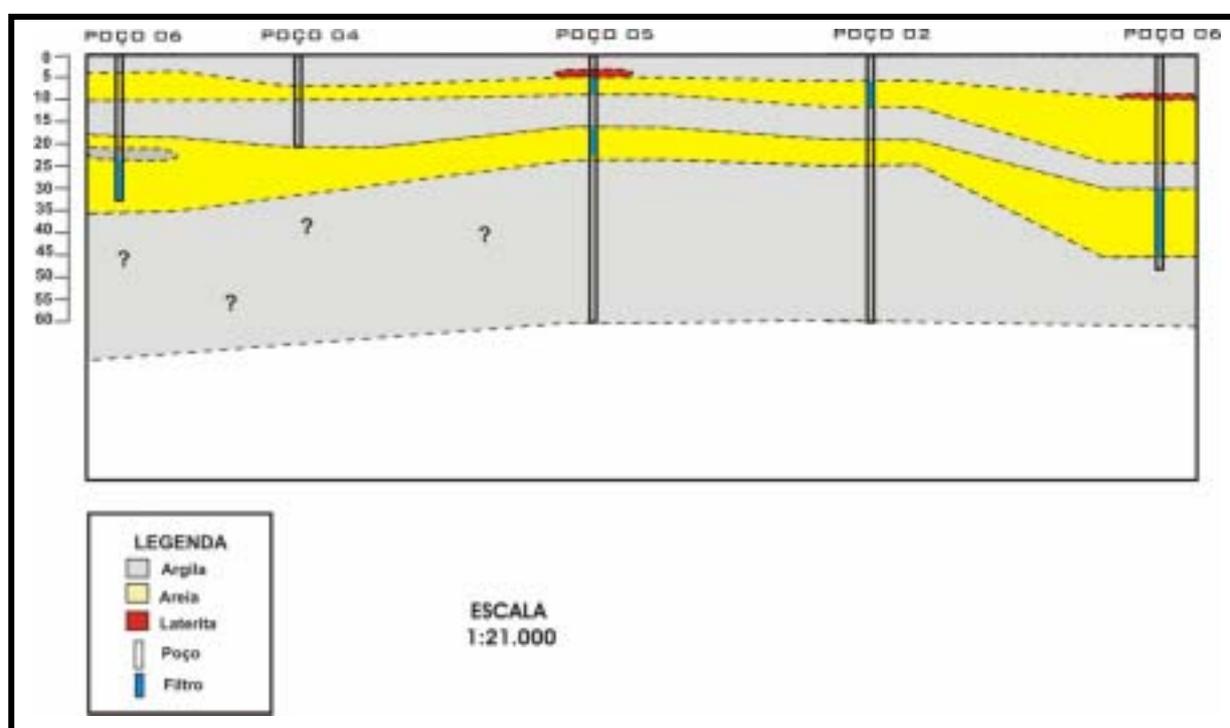
Os aquíferos na região da bacia do Tucunduba são formados por uma seqüência de camadas arenosas intercaladas com outras argilosas seguindo um complexo arranjo geométrico.

Com base nas descrições dos perfis litológicos verificados nos relatórios dos poços construídos no âmbito da área estudada, foram confeccionados perfis compostos seguindo uma orientação preferencial, na qual se pudessem cortar grandes extensões da área e identificar diferentes camadas aquíferas (Fig. 04 e 05).

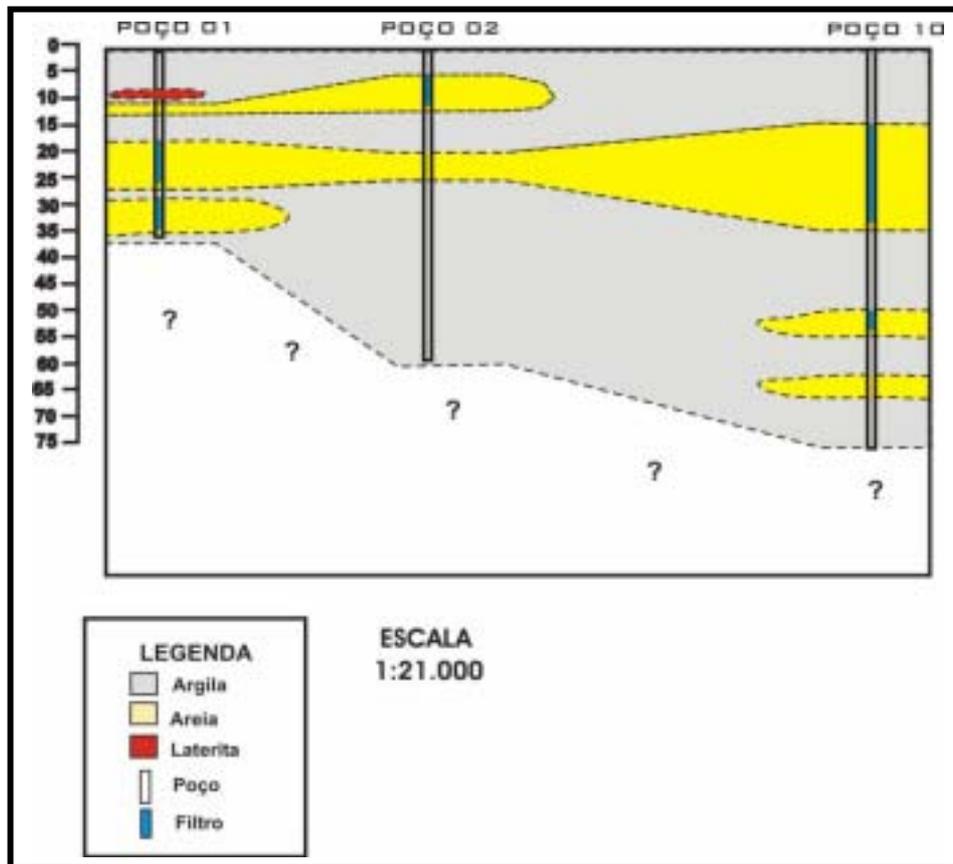
Através da análise dos perfis compostos, podem-se interpretar duas características bastante marcantes no arranjo geométrico das camadas arenosas e argilosas existentes na área.

A primeira está relacionada com um padrão lenticular bastante complexo, formado por camadas que apresentam espessuras e continuidades laterais de tamanhos variáveis. Como os perfis compostos foram construídos para poços com distâncias diferentes, o arranjo lenticular pode ser interpretado para a totalidade da área estudada.

A segunda característica importante está relacionada a uma interpretação de que essas discontinuidades e variações de espessuras estejam associadas a movimentações de blocos (falhamentos). Sendo assim, essas estruturas rúpteis poderiam ser responsáveis pelo deslocamento das camadas arenosas e argilosas, complicando, ainda mais, o arranjo geométrico das camadas aquíferas.



**Figura 04** – Seção composta mostrando aspectos geométricos das camadas aquíferas da bacia do Tucunduba



**Figura 05** – Seção composta mostrando aspectos geométricos das camadas aquíferas da bacia do Tucunduba

Segundo MATTA, 2002, esses falhamentos além de terem afetado o arranjo espacial dos aquíferos da área estudada, podem representar um papel mais importante, ainda no quadro hidrogeológico local. Essas descontinuidades podem estar associadas a zonas de recarga das camadas reservatórios mais profundas que possuem natureza confinante. Nesse caso haverá uma forte implicação ambiental na identificação destas zonas.

## **RESERVA HÍDRICA SUBTERRÂNEA**

Vários parâmetros são importantes para se calcular as reservas de água subterrâneas, tais como precipitação pluviométrica, áreas de ocorrência da unidade aquífera, tipo de aquífero, valores de porosidades específicas e a geometria das camadas aquíferas.

### **Reservas Renováveis (Rr)**

São representadas pelo volume hídrico armazenado entre os níveis de flutuação do nível estático. Essas reservas participam do ciclo hidrogeológico numa escala de tempo anual, sazonal ou interanual estando, desta forma, em constante movimento.

Existem vários métodos para se calcular as reservas renováveis. Mas para o cálculo das reservas renováveis no âmbito da bacia do Tucunduba, foi utilizado o método volumétrico, que se baseia na flutuação ( $\Delta h$ ) dos níveis d'água nos aquíferos livres.

$$Rr = A \cdot \Delta h \cdot \eta_e,$$

**onde:** A = área de ocorrência do aquífero ( $L^2$ );

$\Delta h$  = variação do nível d'água (L);

$\eta_e$  = porosidade efetiva (adimensional)

### **Reservas Permanentes (Rp)**

Essas reservas representam o volume de água subterrânea que participa do ciclo hidrogeológico em uma escala de tempo plurianual, centenária ou milenar. Estas reservas correspondem aos volumes estocados abaixo da flutuação sazonal dos aquíferos livres.

$$Vp = A \cdot b \cdot \eta_e$$

**onde:** A = área de ocorrência do aquífero ( $L^2$ );

**b** = espessura média saturada (L)

$\eta_e$  = porosidade efetiva (adimensional)

### **Reservas Totais**

As reservas totais de um sistema aquífero são obtidas pela somatória das reservas renováveis e permanentes.

## **CÁLCULO DAS RESERVAS**

Em função das condições hidrogeológicas reinantes na área da bacia do Tucunduba, esse cálculo só foi aplicado para o sistema aquífero Barreiras.

### **Reservas Renováveis**

$$Rr = A \cdot \Delta h \cdot \eta_e$$

$$A = 10,55 \text{ km}^2$$

$$\Delta h = 1,8$$

$$\eta_e = 10 \%$$

Assim, tem-se um volume de **1,9 milhões de m<sup>3</sup>**, para as reservas renováveis do sistema aquífero Barreiras.

### **Reservas Permanentes**

$$V_p = A \cdot b \cdot \eta_e$$

$$A = 10,55 \text{ km}^2$$

b = 40 m (valor baseado na espessura média das camadas saturadas dos 20 poços estudados nesse trabalho)

$$\eta_e = 10 \%$$

Chega-se a um volume de **4,2 milhões de m<sup>3</sup>** para as Reservas Permanentes do sistema aquífero Barreiras.

### **Reservas Totais**

As Reservas Totais do sistema aquífero Barreiras é, portanto, de **6,1 milhões de m<sup>3</sup>**, obtidas pela somatória das Reservas Reguladoras com as reservas Permanentes.

## **VULNERABILIDADE NATURAL DOS SISTEMAS AQUÍFEROS**

O conceito de vulnerabilidade natural dos sistemas aquíferos está relacionado à capacidade natural que um determinado sistema aquífero tem de se proteger contra os impactos naturais e aqueles decorrentes das ações antrópicas.

Vários aspectos, tanto externos quanto internos são essenciais na análise da vulnerabilidade dos sistemas aquíferos. As características internas são relacionadas às propriedades dos sistemas aquíferos tais como: zonas de recarga, propriedade dos solos, e as propriedades das zonas não saturada e saturada.

Outras características envolvem a topografia, a relação entre água subterrânea e superficial e ao tempo de trajeto do contaminante na zona não saturada e seu tempo de residência no aquífero, além da capacidade de atenuação do sistema solo-rocha-água subterrânea em relação às propriedades de cada contaminante.

Dentre os diversos métodos propostos para se analisar a vulnerabilidade natural dos sistemas aquíferos, o método **GOD**, utilizado por (HIRATA & FOSTER, 1988, 1991 e HIRATA, 1994) se mostrou mais indicado para caracterizar a vulnerabilidade natural dos sistemas aquíferos no âmbito da área estudada.

Esse método foi desenvolvido para analisar apenas a susceptibilidade das águas subterrâneas a uma contaminação geral. É um método adequado para áreas com escassez de dados hidrogeológicos, onde se utiliza apenas três parâmetros básicos: tipo de aquífero (*Groundwater occurrence* – **G**), visão global dos litotipos da zona não saturada (*Overall of lithology of aquifer* – **O**) e a profundidade do nível de água (*Depth* – **D**).

De acordo com estudos realizados pela CPRM/Belém (PEHRMB, 2001) utilizando o método GOD no mapeamento da vulnerabilidade para a Região Metropolitana de Belém, foram identificadas quatro classes de vulnerabilidades: alta, moderada, baixa e muito baixa.

Com base nesses estudos, pode-se descrever, para a área bacia do Tucunduba, três classes de vulnerabilidade: **Alta** – existente no Sistema Aquífero Barreiras, quando formados por aquíferos livres e com pequenas espessuras da zona não saturada; **Moderada** – existente no Sistema Aquífero Barreiras quando confinados; **Baixa a Muito Baixa** – existentes no Sistema Aquífero Pirabas, Superior e Inferior.

## **FONTES POTENCIAIS DE POLUIÇÃO**

Em qualquer pesquisa sobre recursos hídricos que envolvam mananciais subterrâneos, principalmente aqueles localizados em áreas de grande contingente populacional, deve-se verificar as possíveis fontes de poluição que possam vir a interagir com esses mananciais.

O conhecimento da vulnerabilidade natural dos sistemas aquíferos pode auxiliar na proteção e conservação desses mananciais contra a ação predatória do homem.

Na área da bacia do Tucunduba foram identificadas cinco fontes potenciais principais que podem influenciar na qualidade das águas subterrâneas.

### **Sistema de Esgotamento Sanitário**

Sem dúvida nenhuma essa é a principal fonte potencial de contaminação existente na área estudada.

Segundo uma pesquisa feita pelo Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON, 2003), apenas 8% das residências localizadas na Região Metropolitana de Belém possuem uma rede regular coletora de esgoto sanitário. A pesquisa também mostra que 54% da

população utiliza fossas sépticas, 15% utilizam fossas rudimentares e 23 % da população não possui esgotamento sanitário. Apenas o bairro da Pratinha possui uma estação de tratamento sanitário antes de despejar os resíduos sólidos no rio.

A região onde está localizada a bacia do Tucunduba não foge dessa realidade. Durante os trabalhos de campo pode-se observar uma grande carência de saneamento básico na área. A ausência de saneamento leva a população a construir fossas sépticas que, em função da oscilação sazonal do nível freático, podem se transformar em fossas negras. Deste modo às águas subterrâneas podem ser contaminadas por estas cargas poluentes devido ao nível estático na região estudada ser sub-aflorante.

Muitas residências, no âmbito da bacia do Tucunduba não possuem nem fossas sépticas nem rudimentares. Foi observado que muitas casas possuem banheiros que jogam os dejetos fecais diretamente dentro do igarapé Tucunduba e nos canais que desaguam no igarapé Tucunduba ou possuem ligação clandestina ligando a tubulação sanitária diretamente na rede sanitária pública.

### **Águas Superficiais Poluídas**

Não existe uma preocupação dos poderes públicos em preservar os mananciais superficiais dos municípios do estado do Pará. Isto pode ser observado muito bem na cidade de Belém, onde os igarapés foram transformados em fossas naturais, conhecidos como “canais”. No início da criação desses canais, eles serviram para facilitar o escoamento excedente de água das chuvas. Mas com o passar do tempo passaram a ser sinônimo de lixeira ou de fossa, pois quase todo rejeito sólido ou líquido produzido pela população da cidade é despejado dentro desses canais, outrora igarapés.

Na área estudada existe o igarapé Tucunduba, principal curso hídrico da bacia, que já atingiu seu nível máximo de degradação ambiental. Segundo uma pesquisa realizada pelo Departamento de Química da Universidade Federal do Pará, a bacia do Tucunduba apresentou a maior descarga orgânica dentre as bacias hidrográficas que deságuam no rio Guamá, com uma descarga da ordem de 10,71 ton/dia.

De acordo com essa análise a degradação ambiental observada no igarapé Tucunduba está relacionada à insuficiência de saneamento básico, mais precisamente à falta de esgotamento sanitário ou de rede regular coletora de lixo.

### **Postos de Serviços**

Existem aproximadamente 13 postos de serviço na área da bacia do Tucunduba. Segundo OLIVEIRA et al., 2002, na região de Belém existe uma dezena de poços de combustível que apresentam problemas de vazamento por corrosões causadas por falhas no revestimento de tanques e tubulações.

O grande perigo representado por esses postos de serviço é o fato de haver derramamentos ou descuido no manuseio de óleos, lubrificantes, gasolina e demais produtos derivados do petróleo, ou de rompimentos, corrosão, vazamentos e fissuramentos das tubulações e tanques de armazenamentos que, indubitavelmente, descarregará nos corpos d' água superficial e no aquífero livre.

### **Cemitérios**

A preocupação com os cemitérios como fontes potenciais de poluição das águas remonta a década de 80, através de pesquisadores do Centro de Pesquisa de águas Subterrâneas – CEPAS/USP que iniciaram um projeto sobre o tema e, a partir daí, passou-se a elaborar diretrizes básicas sobre localização de cemitérios e seus contextos sociais (PACHECO, 1986; PACHECO, et al, 1988; PACHECO & MENDES, 1990; PACHECO et al, 1990; MARTINS et al, 1991; PACHECO et al, 1992; MIGLIORINI, 1994), apud CAVALCANTE (1998).

De acordo com as normas técnicas vigentes para a construção de cemitérios, essas construções devem ser feitas afastadas dos grandes centros urbanos e em áreas que possuam uma cota topográfica elevada, além de não poderem ser construídos próximos de nascentes de rios.

O único cemitério existente no âmbito estudado é o cemitério de Santa Izabel, o maior da Região Metropolitana de Belém e está totalmente fora dos padrões aprovados pela ABNT. Esse cemitério pode representar um grande potencial de contaminação para as águas subterrâneas, pois o necrochorume, produto da decomposição dos cadáveres são ricos em sais minerais e micro-organismos que afetam o ser humano desenvolvendo substâncias carcinogênicas, em função de compostos químicos como o nitrato.

### **Poços Tubulares**

Um poço tubular deve ser visto como uma obra de engenharia hidrogeológica, que requer um projeto construtivo, um profissional especialista competente (geólogo), um conhecimento das características hidrogeológicas locais e o cumprimento de todas as etapas construtivas que envolvem: locação do poço, perfuração, completação, desenvolvimento e teste de bombeamento (CAVALCANTE, 1998).

Durante os trabalhos de campo foi observada uma grande quantidade de poços tubulares que não obedeceram aos critérios técnicos descritos acima.

Esses poços foram construídos de maneira totalmente irregular, por empresas clandestinas ou por indivíduos despreparados tecnicamente. Em geral esses poços não ultrapassam 20 m de profundidade e a maioria foi perfurada a trado manual e capta água do lençol freático.

A má construção de poços não se restringe, na área estudada, às empresas clandestinas. Empresas legalizadas são responsáveis por poços tubulares construídos fora dos mínimos padrões

exigidos pela legislação vigente. É muito comum que as vazões propostas no início do projeto com o passar do tempo diminuam, trazendo prejuízo para o dono do poço que o abandona sem lacrá-lo de forma correta.

Devido ao mal estado de conservação ou abandono desses poços, eles passam a constituir um risco potencial para a passagem de cargas poluentes até as camadas aquíferas, principalmente se esse poço romper as camadas confinantes dos aquíferos mais profundos.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A confecção deste trabalho permite que se estabeleça algumas conclusões e que se elabore algumas recomendações sobre os aspectos hidrogeológicos da área da bacia do Tucunduba.

Foram identificados três sistemas aquíferos no âmbito da bacia do Tucunduba, entre os descritos para a área de Belém e Ananindeua: Barreiras, Pirabas Superior e Inferior.

Os aquíferos na região da bacia do Tucunduba são formados por uma seqüência de camadas arenosas intercaladas com outras argilosas seguindo um complexo arranjo geométrico para o qual é possível que haja contribuição de deformação ruptural através de movimentação de blocos.

O cálculo das reservas hídricas subterrâneas mostrou que existe um total de 6,1 milhões de metros cúbicos de água subterrânea do sistema aquífero Barreiras disponíveis para consumo humano.

Três classes de vulnerabilidade foram estabelecidas para os sistemas aquíferos ocorrentes na área estudada: **Alta** – existente no Sistema Aquífero Barreiras, quando formados por aquíferos livres e com pequenas espessuras da zona não saturada; **Moderada** – existente no Sistema Aquífero Barreiras quando confinados; **Baixa a Muito Baixa** – existentes no Sistema Aquífero Pirabas, Superior e Inferior.

Entre as principais fontes potenciais de poluição das águas subterrâneas estudadas se encontram os sistemas de esgotamento sanitário deficientes, os cemitérios, as águas superficiais poluídas, os postos de serviços de combustível e os poços tubulares mal construídos.

Recomenda-se que os poderes públicos constituídos utilizem-se dos fundamentos hidrogeológicos aqui descritos para embasar os projetos de gestão territorial e de gestão dos recursos hídricos de uma maneira geral, dentro da ótica do desenvolvimento sustentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CAVALCANTE I. N. 1998. *Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza Estado do Ceará*. São Paulo, Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. 164p (Tese de Doutorado).

- [2] FOSTER, S. S. D. & HIRATA, R. C. 1991. Determinación Del riesgo de contaminación de aguas subterráneas: una metodología basada en datos existentes. CEPIS. Lima. HPE/OPS/WHO. Peru. 81 p.
- [3] FOSTER, S. S. D. & HIRATA, R. C. 1998. Riscos de poluição de águas subterráneas: uma proposta metodológica de avaliação regional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS., 5. São Paulo. Anais. São Paulo, ABAS. p.175 – 185.
- [4] HIRATA, C. A .H. 1994. Fundamentos e estratégias da proteção e controle da qualidade das águas subterráneas. Estudos de casos no Estado de São Paulo. São Paulo: Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências . 195p. (Tese de Doutorado).
- [5] IMAZON - Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia , 2003. Parte I: Diagnóstico da Qualidade de Vida da População Residente nas Periferias da Grande Belém.134p.
- [6] MATTA, M. A. da S. 2002, Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada dos Recursos Hídricos da Região de Belém/Ananindeua – Pará, Brasil. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 292p. (Tese de Doutorado)
- [7] OLIVEIRA, J. R; MELO, A. F. de; PINTO, J. A.; SOUZA, A. N. 2002. Controle de Vazamentos em Postos de Combustíveis na Região Metropolitana de Belém e seus Aspectos Jurídicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 12., Anais. Florianópolis-SC. ABAS. CD- ROM.
- [8] PEMAS - Plano Estratégico Municipal para Assentamentos Subnormais. 2001. Parte II: Diagnóstico Institucional. Prefeitura Municipal de Belém - Secretaria Municipal de Coordenação Geral do Planejamento e Gestão – SEGEP. 134p.