

## Estudo da contaminação de aquíferos no Parque Ambiental de Belém (PA) utilizando o método de Georadar

Vânia Eunice Bahia, CPGG/UFPA

José Gouvêa Luiz\*, DGF/UFPA e CPGF/UFPA

Norbert Fenzl, CPGG/UFPA e NAEA/UFPA

Gundisalvo Piratoba Morales, CCNT/UEPA

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 11<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, August 24-28, 2009.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 11<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

### Abstract

Currently the area of the Environmental Park of Belém, located in the Metropolitan Region of Belém, encompasses the Bolonha and Água Preta lakes, which are the two great superficial water reservoirs supplying water for the population of the Metropolitan Region of Belém since the 30's. Due to urban pressure with the sprouting of slum quarters without basic sanitation, land deforestation and occupation with speculative ends, this protected environmental area is suffering impacts and an environmental degradation process.

In studies, georadar geophysical measurements showed good results, enabling the identification of areas of low signal reflection, lateritic blocks, pipes of metal, besides the presence of clay with organic matter of low resistivity. Which can be correlated with the distribution of sediments sampled in wells drilled in the area that showed clays and sands of varying size that corresponds to the fraction of fine sand and medium, related to the Post-Barreiras sediments.

### Introdução

A problemática do Parque Ambiental de Belém-PA existe em decorrência da urbanização crescente e desordenada, que se verifica nos municípios de Belém e Ananindeua, levando ao surgimento de bairros, conjuntos residenciais e à multiplicação de favelas, o que vem afetando as nascentes dos lagos Bolonha e Água Preta, localizados no interior dessa área de preservação e que atualmente são os mananciais responsáveis por 75% do abastecimento da população de Belém (CENSA/COSANPA, 1983).

Diante deste quadro apresentado ao longo das décadas, ratificam-se preocupações no intuito de garantir a manutenção desta fonte de abastecimento de água. Impactos ambientais, seja pela poluição hídrica, através de esgoto a céu aberto, seja pelo desmatamento e acelerada ocupação desse espaço, ameaçando-os progressivamente, com inevitáveis prejuízos ecológicos, se refletem não apenas na erosão e diminuição da capacidade de reserva dos mananciais, como também, na poluição das águas e na alteração biológica inevitável do ecossistema como um todo.

### Localização da área de estudo

O Parque Ambiental de Belém está localizado ao sul dos limites dos bairros do Souza e a leste do bairro da Terra Firme, na área conhecida como Utinga, pertencente ao município de Belém. Conforme a Lei de Desenvolvimento Urbano de Belém, situa-se na Zona de Proteção de Recursos Naturais (ZPRN), ratificada como área pertencente ao município de Belém pelo protocolo celebrado entre a Prefeitura Municipal de Belém e a Prefeitura Municipal de Ananindeua, em outubro de 1991 (IDESP, 1991) (Figura 1).

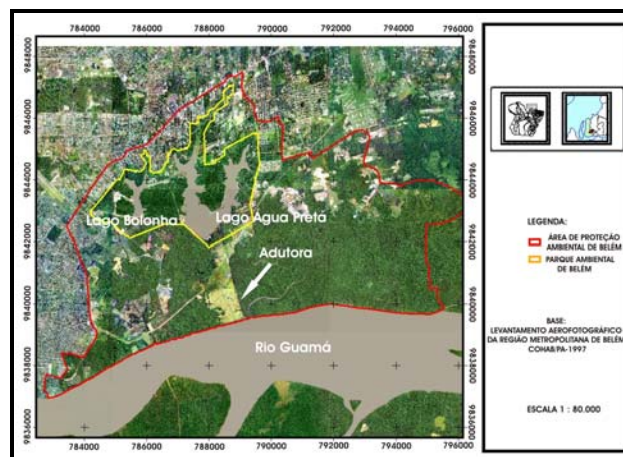


Figura 1 – Localização da área de estudo.

### Geologia local e Hidrogeologia

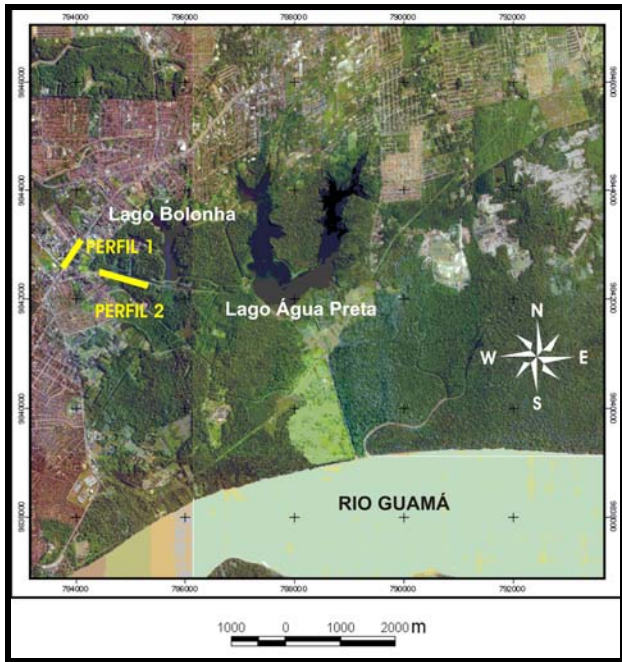
O pacote que acumula água subterrânea na RMB e municípios circunvizinhos (Santa Izabel do Pará, Castanhal, etc) é formado por quatro unidades geológicas, assim sintetizadas: Grupo Barreiras, Pós-Barreiras, Formação Pirabas e Aluviões. Os terrenos que constituem a região de Belém são de rochas sedimentares sobrejacentes a um substrato granito-gnássico (IDESP, 1980). O Parque Ambiental de Belém está assentado integralmente sobre sedimentos do Quaternário antigo e recente, provindo do Grupo Barreiras (Dias, 1991). Os principais aquíferos são constituídos por sedimentos clásticos arenosos do Quaternário, do Grupo Barreiras e da Formação Pirabas.

### Método

Neste trabalho foi usado o GPR, devido a presença de vias pavimentadas em torno e no interior da área de estudo. O equipamento GPR utilizado foi o modelo GSSI SIR-3000, com antena monoestática blindada de frequência igual a 200 MHz. O instrumento foi operado no modo tempo, sendo o controle da posição das medidas obtido através de marcas inseridas no registro a intervalos de 50m. O posicionamento das marcas foi controlado por trena. As medidas obtidas com o GPR foram processadas com o programa Reflew-Win 4.2 da Sandmeier Software. O processamento envolveu basicamente os seguintes procedimentos: (a) interpolação das marcas de posicionamento horizontal para obtenção de escala horizontal uniforme; (b) aplicação de filtro *dewow* (filtro passa alta); (c) estabelecimento do tempo zero de registro; (d) aplicação de ganho (AGC); (e) aplicação de filtro de remoção de background; (f) aplicação de filtro passa faixa; (g) conversão de tempo em profundidade.

À título de exemplo, serão apresentados aqui 02(dois) perfis GPR realizados em duas vias pavimentadas, sendo uma perpendicular, localizada no interior da área de estudo, e outra paralela ao Parque Ambiental de Belém (Figura 2).



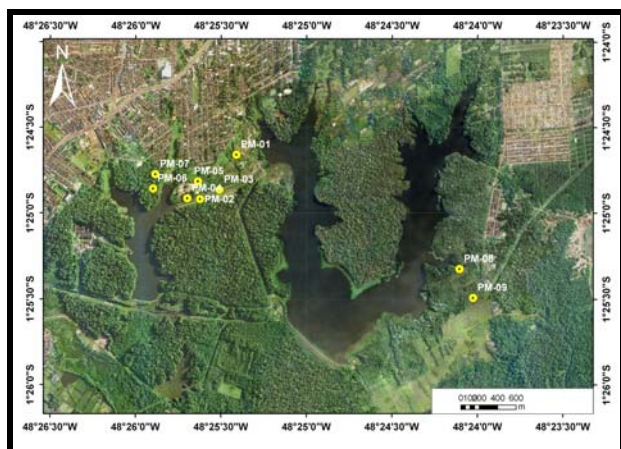


**Figura 2** – Localização das medidas de Georadar na área de estudo, identificados como Perfil 1 e 2.

**Instalação de poços de monitoramento**

Na construção dos poços de monitoramento, foram seguidas as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1997). Durante a perfuração, foram coletadas amostras de sedimentos a cada metro ou de acordo com mudanças litológicas, objetivando a construção dos perfis litológicos dos furos e as análises hidrogeológicas. Na seção basal da tubulação foi instalada uma seção filtrante utilizando-se tela de nylon de 1 mm, enquanto o espaço anular entre o tubo de 50 mm e o furo de 100 mm foi preenchido com areia de granulometria selecionada na faixa saturada constituindo o pré-filtro; acima do mesmo foi colocado um selo de betonita para impedir a infiltração vertical da água. A parte superior do espaço anular entre o tubo e a perfuração foi preenchida com material de escavação com 30% de bentonita até a profundidade de 50 cm; acima da superfície do terreno foi construída uma base de cimento de cerca de 5 cm de espessura.

A determinação da localização dos poços de monitoramento, foi baseada em áreas com intensa influência antropogênica, próximas à áreas de grande expansão urbana (Figura 3).



**Figura 3** – Localização dos poços de monitoramento na área de estudo.

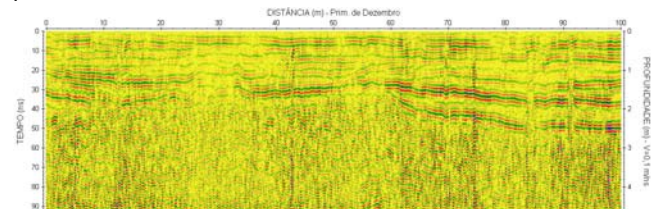
**Resultados**

A Av. 1ª de Dezembro, é uma das principais vias urbanas do município de Belém e a de principal acesso ao Parque Ambiental de Belém. Nesta via, foi realizado o perfil 1 com 550m de comprimento, subdivididos em 5 perfis de 100m e um de 50m. Para a conversão de tempo em profundidade foi usado a velocidade de 0,1 m/ns. O perfil apresentou zonas de reflexão intensa em sua parte superior, que se estenderam por todo o seu comprimento. Também foram observados zonas de reflexão com baixa intensidade na parte inferior do referido perfil. A baixa intensidade foi provavelmente

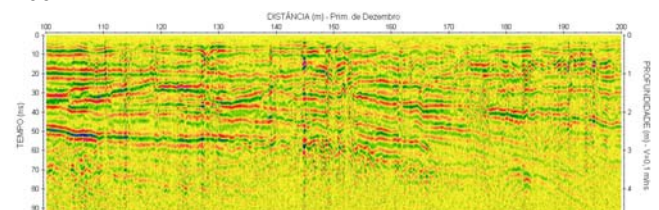
causada por um aumento na condutividade do ambiente, devido a presença de material argiloso.

Na primeira parte do perfil, de 0 a 100m, representado na Figura 4, observa-se na sua porção mais superior uma zona de alta reflexão que se estende por todo o seu comprimento, intercalados por formas hiperbólicas, provavelmente causadas por tubulações. Em torno de 0,2m de profundidade, percebe-se uma modificação para uma zona de baixa reflexão pouco intensa que passa a dominar o radargrama a partir dessa profundidade, o que pode indicar a presença de terreno ou material mais condutivo presente na subsuperfície. O perfil que vai de 100m a 200m, (Figura 5), apresenta uma camada com boa reflexão que começa a ocorrer desde sua porção superior, até em torno de 0,3m de profundidade. Observa-se nesse radargrama, uma zona de baixa reflexão intensa que se estende por toda a parte inferior do perfil, assim como algumas formas hiperbólicas provavelmente causadas pela presença de blocos lateríticos. Percebe-se ainda, a ocorrência de falhas, em torno dos 25m, 50m, 132m e 174m do referido perfil.

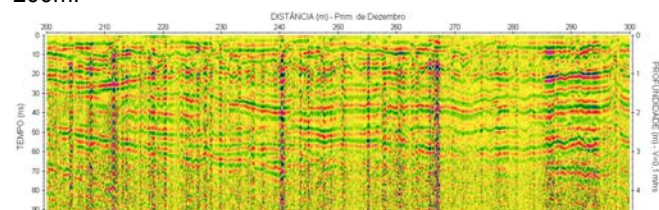
No comprimento de 200m a 550m do perfil (Figuras 6 a 9), observa-se ao longo de todo o seu comprimento uma zona de reflexão intensa que se sobrepõe a uma camada de baixa reflexão, que ocorre aproximadamente a 0,3m de profundidade. Algumas formas hiperbólicas nos registros mostram a localização de tubulações subterrâneas. A perda do sinal na parte inferior dos perfis ilustra a presença de matéria orgânica e argila condutivas o que impossibilita a identificação de interfaces mais profundas.



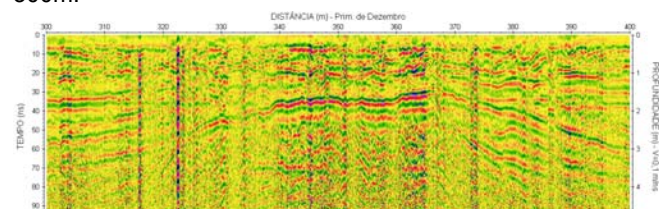
**Figura 4** – Modelo interpretativo Perfil 1 GPR – 0 a 100m.



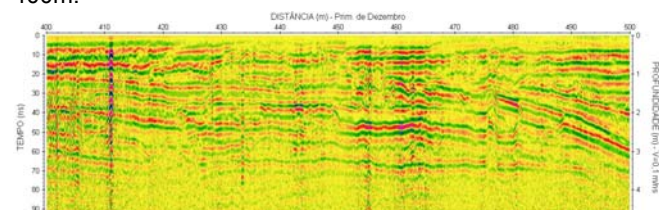
**Figura 5** – Modelo interpretativo Perfil 1 GPR – 100 a 200m.



**Figura 6** – Modelo interpretativo Perfil 1 GPR – 200 a 300m.

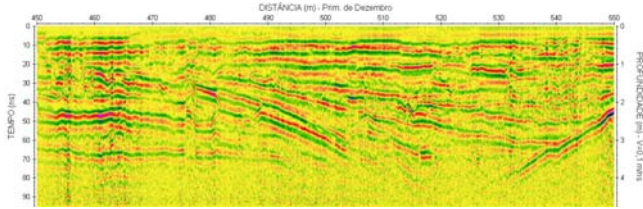


**Figura 7** – Modelo interpretativo Perfil 1 GPR – 300 a 400m.



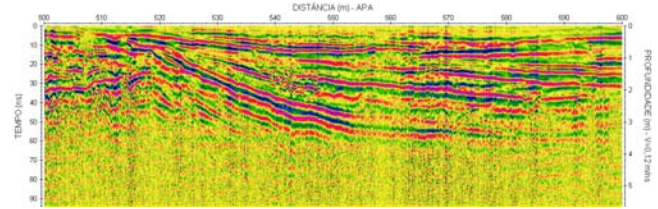
**Figura 8** – Modelo interpretativo Perfil 1 GPR – 400 a 500m.



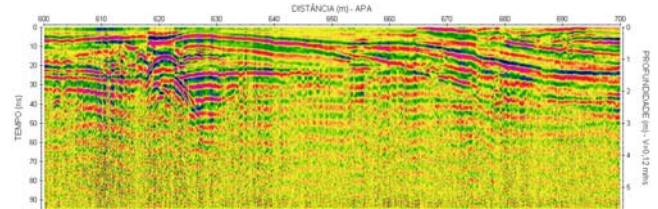


**Figura 9** – Modelo interpretativo Perfil 1 GPR – 450 a 550m.

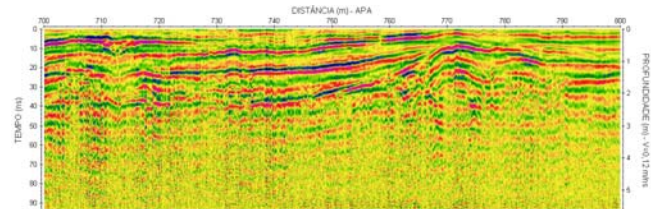
O Perfil 2, representado a partir da Figura 10, foi realizado em uma via principal de acesso ao interior do Parque Ambiental de Belém e cobriu uma extensão de 800m de comprimento, os quais foram subdivididos em 8 perfis de 100m cada. Para a conversão de tempo em profundidade foi usado a velocidade de 0,12 m/ns. Nos primeiros 100m deste perfil, nota-se a presença de hipérbolas nítidas localizadas nas posições 22m, 26m, 66m e 96m. Essas formas hiperbólicas que ocorrem nas zonas de reflexões podem estar associadas a concreções lateríticas, comuns na área de estudo. Analisando esse perfil, percebe-se o piso de concreto próximo à superfície, seguido por uma zona de boa reflexão que se estende continuamente por toda a sua extensão. Abaixo dessa zona, ocorre o domínio de uma camada de baixa reflexão ocorrente por quase todo o seu comprimento. Observam-se ainda, nesse perfil, a partir dos 300m, a presença de formas hiperbólicas que indica provavelmente a presença da adutora responsável pela distribuição de água para a cidade e elas ocorrem em meio a uma camada com boa reflexão (Figuras 11 a 17).



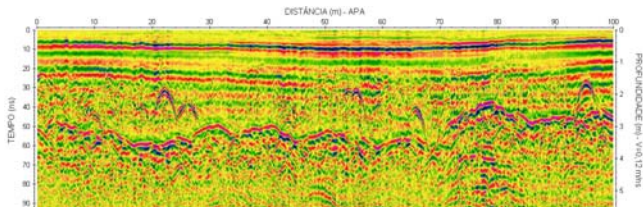
**Figura 15** – Modelo interpretativo Perfil 2 GPR – 500 a 600m.



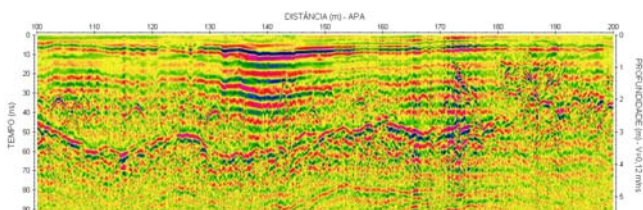
**Figura 16** – Modelo interpretativo Perfil 2 GPR – 600 a 700m.



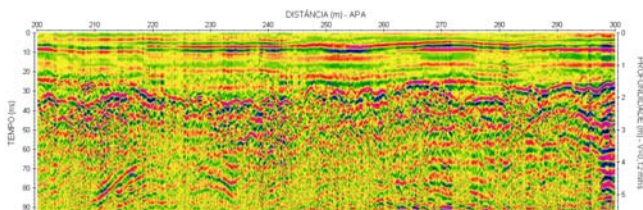
**Figura 17** – Modelo interpretativo Perfil 2 GPR – 700 a 800m.



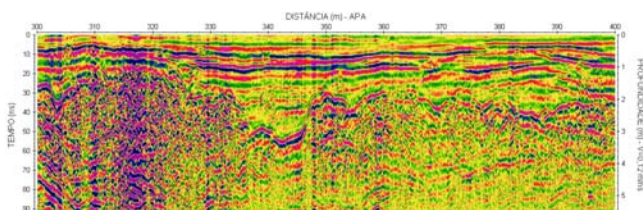
**Figura 10** – Modelo interpretativo Perfil 2 GPR – 0 a 100m.



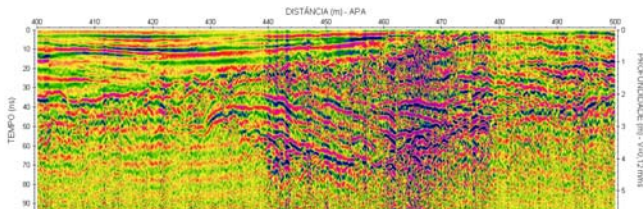
**Figura 11** – Modelo interpretativo Perfil 2 GPR – 100 a 200m.



**Figura 12** – Modelo interpretativo Perfil 2 GPR – 200 a 300m.



**Figura 13** – Modelo interpretativo Perfil 2 GPR – 300 a 400m.

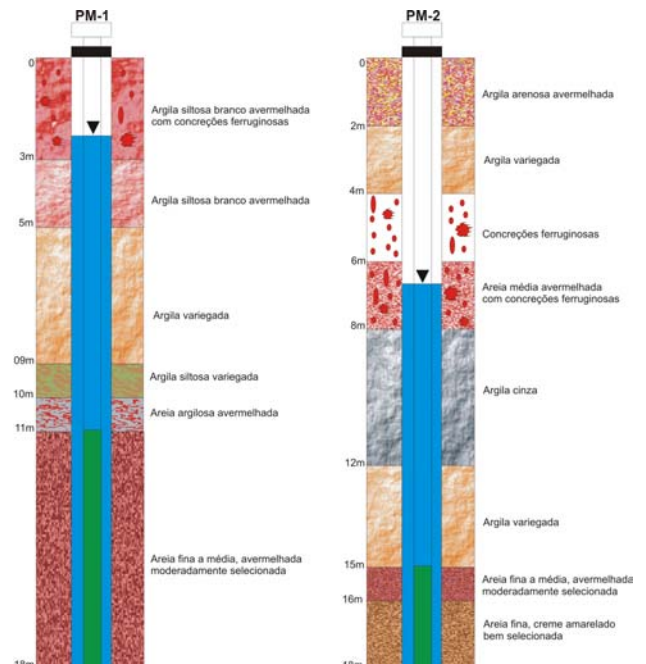


**Figura 14** – Modelo interpretativo Perfil 2 GPR – 400 a 500m.

**Litologia dos poços de monitoramento**

Foram instalados 9 poços de monitoramento na área de estudo, os quais foram construídos com base nas normas NBR 13895/1997 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). O poço PM-1 (Figura 18), possui uma profundidade de 18m, seu perfil litológico apresenta na parte superior uma camada de 5 metros de argila siltosa branco avermelhada, em seguida há uma camada de 4 metros de argila variegada, 2 metros de argila siltosa variegada e 1 metro de argila siltosa avermelhada. Devido estas camadas se encontrarem acima de uma camada de 7m de areia fina a média avermelhada, a mesma passa a atuar como uma camada selante e protetora.

O perfil litológico do poço PM-2 (Figura 18), possui uma profundidade de 18m, apresentando uma camada aproximada de 2 metros de argila arenosa avermelhada, seguida de uma camada de 2 metros de argila variegada e 2 metros de concreções ferruginosas. Logo abaixo o perfil está constituído por camada de de areia média avermelhada com concreções ferruginosas, argila cinza e argila variegada, que atuam como uma camada selante para as camadas de areia fina a média avermelhada mudando para areia fina, creme amarelado, localizadas precisamente na zona de influência do aquífero.



**Figura 18** – Perfil litológico dos poços de monitoramento PM-1 e PM-2.



O poço de monitoramento PM-3 (Figura 19), apresenta uma profundidade de 18 metros. Quase todo o esse perfil é constituído por areia média a fina, mudando de coloração creme amarelado para avermelhada. As exceções correram em sua parte superior, com aproximadamente 3 metros de argila arenosa creme amarelado e uma camada de argila variegada localizada entre 8 e 10 metros do referido perfil.

O perfil litológico do poço PM-4 (Figura 19), é formado inicialmente por 2 metros de argila siltosa branco-avermelhada, seguida de uma camada de 2 metros de areia fina a média avermelhada com concreções ferruginosas. Em seguida, é encontrada uma camadas de 2 metros de areia argilosa avermelhada com concreções. Abaixo dessa camada há um pacote de 10 metros de argila variegada mudando para argila cinza.

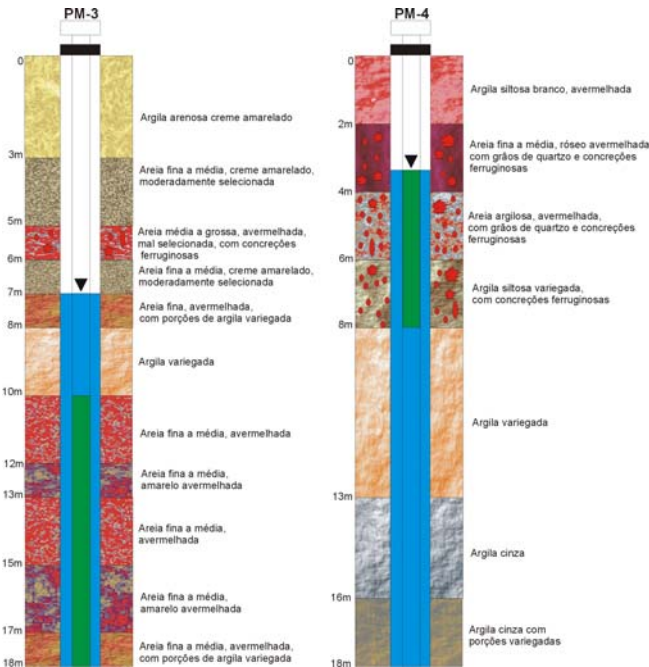


Figura 19 – Perfil litológico dos poços de monitoramento PM-3 e PM-4.

Todo o perfil do poço PM-5 é formado por argilas de coloração avermelhada, variegada e cinza (Figura 20). Algumas camadas de argila arenosa avermelhada foram encontradas em sua parte superior, nos seis primeiros metros.

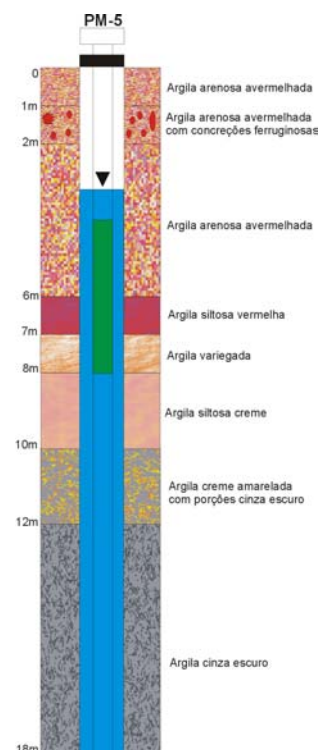


Figura 20 – Perfil litológico do poço de monitoramento PM-5.

As características litológicas encontrada na construção do PM-6 encontram-se representadas na Figura 21. Apresenta uma profundidade de 19 metros, formado

inicialmente por um pacote de 4 metros de argila arenosa mudando de coloração creme para avermelhada, seguida de um pacote de 6 metros de areia fina a média, avermelhada. Após esse pacote, há uma camada fina de 1 metro de argila arenosa avermelhada, seguida de 1 metro de areia fina avermelhada e camadas de argila cinza, variando de esbranquiçado para escuro.

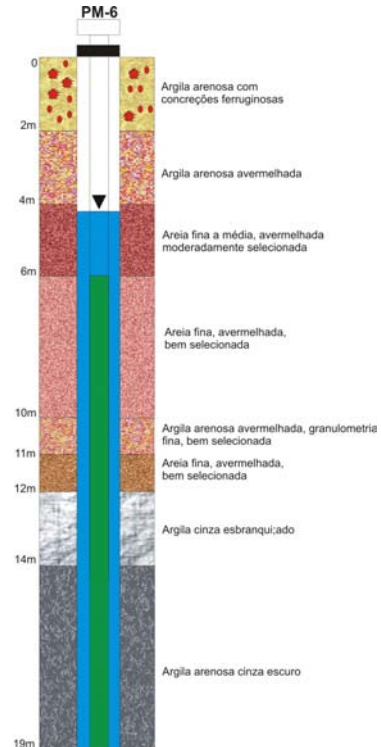


Figura 21 – Perfil litológico do poço de monitoramento PM-6.

O poço PM-7 possui uma profundidade de 18 metros (Figura 22), apresenta na sua parte superior argila arenosa com concreções ferruginosas. Esse perfil é quase todo formado por argilas de coloração avermelhada para cinza. Somente uma camada de areia fina a média avermelhada foi encontrada em profundidades de 8 a 10 metros. O lençol freático encontra-se aproximadamente a seis metros de profundidade.

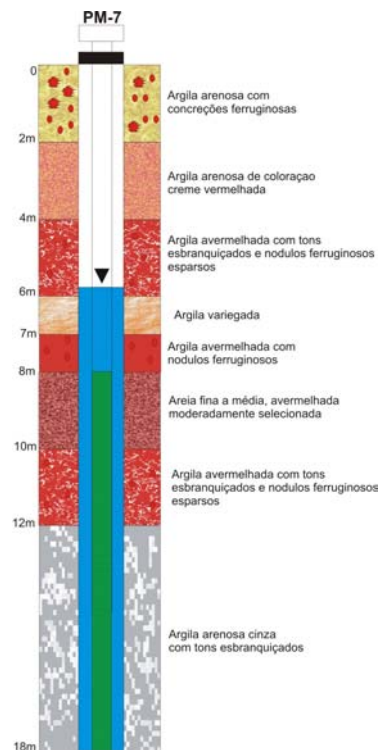
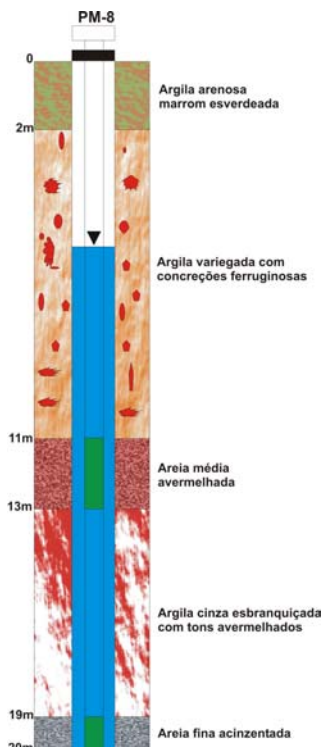


Figura 22 – Perfil litológico do poço de monitoramento PM-7.

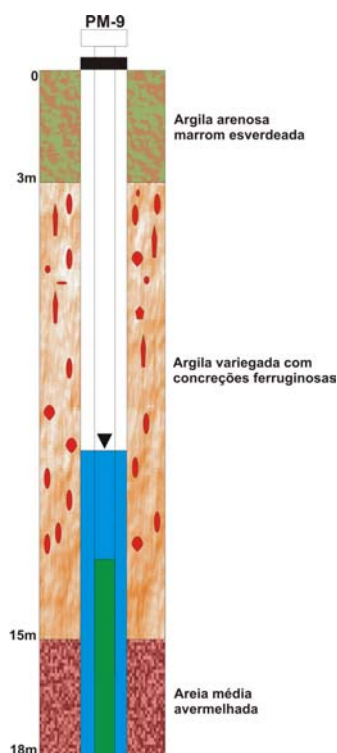
O poço PM-8 (Figura 23), possui uma profundidade de 20 metros, seu perfil litológico apresenta na parte superior uma camada de 2 metros de argila arenosa marrom esverdeada, em seguida há uma camada de aproximadamente 9 metros de argila variegada com concreções ferruginosas associada ao Grupo Barreiras.

Devido esta camada se encontrar acima de uma camada de 2 metros de areia média avermelhada, a mesma passa a atuar como uma camada selante e protetora. Logo em seguida há uma outra camada de 6 metros composta de argila cinza esbranquiçada com tons avermelhados. Na parte inferior ocorre uma camada de 1 metro de areia fina acinzentada.



**Figura 23** – Perfil litológico do poço de monitoramento PM-8.

O perfil litológico do poço PM-9 (Figura 24), apresenta uma camada inicial de 3 metros de argila arenosa marrom esverdeada, seguida de uma camada espessa de 12 metros de argila variegada com concreções ferruginosas, terminando com uma faixa de 3 metros de areia média avermelhada.



**Figura 24** – Perfil litológico do poço de monitoramento PM-9.

### Conclusões

A ocupação das áreas de entorno do Parque Ambiental de Belém é feita, principalmente, pela população de baixa renda, que não dispõe de saneamento básico e por isso lança indiscriminadamente seus esgotos domiciliares e lixo às margens dessa área de preservação ambiental. Com isso, as águas superficiais que abastecem a Região Metropolitana de Belém estão sujeitas a contaminações

causadas por resíduos industriais, fossas sépticas, lixões, etc., tendo, portanto, que passar por uma série de tratamentos para poder tornar-se própria ao abastecimento público. Nos estudos realizados, a aplicação do método geofísico GPR apresentou bons resultados, visto que através dos radargramas, foi possível identificar zonas de baixa reflexão de sinal, blocos lateríticos, tubulações de metal e perceber a presença de argila com matéria orgânica de baixa resistividade elétrica, o que pode ser correlacionado com a distribuição dos sedimentos amostrados em poços perfurados na área, que evidenciaram argilas variegadas e areias de granulometria que corresponde à fração de areia fina e média, relacionados aos sedimentos do Pós-Barreiras. O resultado dessa correlação indica que as variações de condutividade detectadas através das medidas realizadas na área, são correlacionadas mais às variações litológicas do que a contaminação. A comparação entre os perfis indicou a predominância de argiloidade em subsuperfície, o que sugere que os mananciais possuem chances de estarem protegidos de contaminações geradas na zona residencial.

### Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido dentro do projeto de pesquisa “Avaliação hidrogeoquímica do sistema hídrico na área de abrangência do Parque Ambiental de Belém-PA”, financiado com recursos do CNPq, através do Processo N<sup>o</sup> 471041/2006-8

### Referências

- ABNT. 1997. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 13895 *Construção de poços de monitoramento e amostragem*. 21p.
- CENSA/COSANPA. 1983. *Diagnóstico do estudo urbanístico de proteção sanitária dos lagos Bolonha e Água Preta*. II: Estudo da qualidade de proteção das águas. Belém, Consultoria – Engenharia / Companhia de Saneamento do Pará. 279p.
- DIAS, S. da F. 1991. *Estudo ambiental do Utinga: vida útil do sistema de abastecimento de água de Belém*. Belém, Instituto de Desenvolvimento Econômico Social do Pará. 118p. (Relatório de Pesquisa 19).
- IDESP. 1980. *Projeto reconhecimento dos recursos naturais da Região Metropolitana de Belém. Reconhecimento hidrogeológico. Anexo I*. Belém, Instituto de Desenvolvimento Econômico Social do Pará. 11p.
- IDESP. 1991. *Estudo ambiental do Utinga, vida útil do sistema de abastecimento de água de Belém. Relatório de Pesquisa N<sup>o</sup> 19*. Belém, Instituto de Desenvolvimento Econômico Social do Pará. 24p.