



Emprego do GPR para a Caracterização da Morfologia do Fundo e Espessura dos Depósitos da Represa de Guarapiranga, São Paulo / SP

Renato Hochgreb **Frazaõ**^{1,*}, Jorge Luís **Porsani**² & Renato Luiz **Prado**³

¹ Pós-Graduação em Geofísica (IAG-USP). Tel.: (11) 3091 2792. E-mail: rhfrazao@iaq.usp.br

² Departamento de Geofísica (IAG-USP). Tel.: (11) 3091 4734. Fax.: (11) 3091 5034. E-mail: porsani@iaq.usp.br

³ Departamento de Geofísica (IAG-USP). Tel.: (11) 3091 2762. Fax.: (11) 3091 5034. E-mail: renato@iaq.usp.br

Copyright 2005, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility 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

Guarapiranga reservoir is one of most important raw water reservoir for the city of São Paulo locate in an area of high population density in SE Brazil. It is responsible for 20% of potable distribution water. During the last decades the reservoir is experiencing a growing eutrophication process due to untreated sewage discharge. Preliminaries Ground Penetrating Radar (GPR) investigations were carried out in area of Guarapiranga reservoir by determine water depth and perform sub-bottom sediment profiling. Accurate periodic information on the elevations the top of sediment and top of original reservoir bottom is important to calculate the volume of sediment to be removed and to establish the reference elevations for the proposed dredging activities. The measurements are non-intrusive and non-destructive, and were conducted along survey lines. Compared with other geophysical methods, GPR profiles have a very high resolution. The selection of the optimum radar frequency is essential to obtain a good resolution and sufficient depth penetration. The obtained results are very interesting.

Introdução

O reservatório Guarapiranga foi construído entre 1906 a 1908 pela antiga companhia Light Serviços da Eletricidade S/A, destinado a regularização da vazão do rio Tiete e a geração de energia elétrica na Usina Hidrelétrica de Parnaíba no rio Tiete.

Atualmente, existe uma preocupação das autoridades públicas com relação à deterioração progressiva da qualidade das águas desse reservatório devido ao aumento da ocupação do solo na região, que vem acarretando uma degradação desse sistema. Essa ocupação vem se desenvolvendo de maneira irregular e clandestina, sem a devida infra-estrutura e em desacordo com o estabelecido na legislação. Isto acarreta num

crescente comprometimento da qualidade da água do reservatório devido ao aumento significativo do aporte de nutrientes (principalmente nitrogênio amoniacal e fósforo), além de coliformes fecais através dos tributários ou difusamente ao longo da região ao redor do reservatório.

A partir da premissa de que o assoreamento pode se constituir num geoindicador ambiental importante como ferramenta de gestão ambiental (CAMPAGNOLI, 2002), e que desta forma, há a necessidade, entre outras, de se avaliar periodicamente o volume de acumulação e taxa de sedimentação e de lodo, pensou-se num estudo sistemático, dentro de uma área restrita, para avaliar o potencial de emprego do GPR nesta tarefa. Isto significa observar aspectos das suas potencialidades, limitações e acurácia.

Este estudo visa o mapeamento da morfologia da superfície de fundo e espessura da camada de lodo que se encontra depositada no fundo da represa de Guarapiranga, localizada na grande São Paulo. A possibilidade de se obter dados detalhados das características do reservatório de forma indireta (sem a coleta de amostras pontuais) e de forma periódica trará grande auxílio para a proposição de metodologias adequadas à remoção da camada de lodo, com otimização de custos, bem como a proposição de mecanismos de monitoramento e controle do processo de assoreamento e eutrofização da represa. Alguns resultados preliminares desta pesquisa são apresentados neste artigo.

Área de estudo

A bacia hidrográfica do Guarapiranga inclui áreas dos municípios de São Paulo, Itapeceira da Serra, Embu, Embu-guaçu, Juquitiba, Cotia e São Lourenço da Serra (Figura 1). A bacia de drenagem do reservatório tem uma área aproximada de 630 km², área superficial de 34 km², volume máximo de 187 x 10⁶ m³, volume mínimo operacional de 5,7 x 10⁶ m³, profundidades máxima e média de 12 e 5,5 m e um perímetro de 85 Km. O reservatório serve para o abastecimento público, com produção de 15 m³/s. A bacia hidrográfica do Guarapiranga tem como contribuintes principais os rios Embu-Mirim, Embu-Guaçu, Itaim/Parelheiros, Itupú, Guavirutuba, além de outros córregos de pequeno e médio porte que totalizam 130 sub-bacias (PDPA, 1997).

Construída na primeira década do século XX em área desabitada, foi gradativamente sendo ocupada, tendo ocorrido uma grande intensificação dessa ocupação nas últimas duas décadas, principalmente com favelas e loteamentos clandestinos, o que significou ausência de infra-estrutura urbana e deterioração da paisagem e qualidade ambiental (Figura 2).

Neste estudo foi escolhido um braço do reservatório associado à micro-bacia do Córrego Guavirutuba, onde as áreas consideradas urbanas e com ocupação precária atingem quase 100% do total da bacia, portanto, com grande aporte de sedimentos ao reservatório, que se depositam principalmente na desembocadura do Guavirutuba (Figura 3).

Os depósitos associados às desembocaduras dos tributários são mais arenosos. No interior do reservatório há extensas áreas de deposição argilosa, com espessuras centimétricas (20 a 30 cm), sobrepostas a antigos ambientes de sedimentação de várzea, também argilosos, exceto quando se depositam sobre canais antigos (Campagnoli, 2002).

Métodos

O GPR – *Ground Penetrating Radar* é um método eletromagnético que emprega ondas de rádio em frequências muito altas (normalmente entre 10 – 2500MHz), para localizar estruturas e feições geológicas rasas da subsuperfície ou localizar objetos enterrados pelo homem. A técnica de aquisição de dados GPR é semelhante à técnica de reflexão sísmica no princípio físico e na metodologia do levantamento de campo, com a exceção de que o GPR é baseado na reflexão de ondas eletromagnéticas.

Concebido para operar na superfície de terrenos, o método GPR também tem sido empregado com sucesso sobre a lâmina d'água de rios e lagos (Galli & Souza, 1999; Souza et al., 2002; Porsani et al., 2004, 2005). Uma condição importante para o sucesso da aplicação do GPR sob lâmina d'água é a baixa condutividade elétrica da água.

Os ensaios foram realizados com o posicionamento das antenas transmissora e receptora sobre o assoalho de um barco de fibra de vidro e fundo chato (Figura 4). Foram empregadas antenas de 100 MHz de frequência central. Estudos de modelamento, feitos anteriormente à realização dos ensaios, a partir de estimativas das propriedades elétricas dos meios considerados (água e sedimentos de fundo), indicaram a possibilidade da ocorrência de horizontes refletores entre lâmina d'água e sedimentos de fundo.

Também foi empregado um receptor GPS para posicionamento e velocidade do barco durante o levantamento (Figura 5). Os ensaios, ainda em fase preliminar, visaram levantar mais subsídios para o projeto de pesquisa que está em desenvolvimento.

Resultados

O levantamento GPR foi executado utilizando-se um traçado linear, que cortava o reservatório no sentido leste para oeste, saindo de uma margem em direção à outra margem, cruzando o leito original do rio (Figura 6), voltando de oeste para leste, chegando ao ponto inicial. Com auxílio do GPS, procurou-se navegar com uma velocidade constante, de 1 a 3 metros por segundo. Todos os registros mostraram, com grande clareza, a superfície de fundo do reservatório. Durante o caminhamento 1, a superfície de fundo aparece até os 250 metros quando a profundidade do canal ultrapassa os 5 metros (Figura 7). Nos outros perfis as espessuras da lâmina d'água variaram de 0 a 4 metros (Figura 8 e 9). Ao longo dos caminhamentos 2 e 3, localizado no delta do córrego Guavirutuba, observa-se o segundo refletor, supostamente associado à base do material de assoreamento, ou seja, ao seu contato com a superfície topográfica pretérita ao enchimento do reservatório (Figura 9). Nos poucos locais onde esse refletor foi identificado as espessuras variaram de 0,5 a 1,0 metro.

Conclusões

Conhecendo-se as características do reservatório e os problemas apresentados, concluímos que o GPR é um método eficiente para determinação da camada de lodo ou sedimento assoreado no fundo da represa de Guarapiranga. Embora a represa esteja contaminada por detritos orgânicos e industriais, para a nossa surpresa, o GPR teve uma boa penetração em suas águas, o que é suficiente para determinar o volume do assoreamento, principalmente nas águas rasas dos deltas dos rios e córregos afluentes. Com os levantamentos GPR que serão desenvolvidos oportunamente, juntamente com coleta de amostras do fundo, determinaremos a estratigrafia e assim o volume de lodo e assoreamento existentes. Os resultados GPR preliminares mostraram-se bastante promissores, e aliado com outras metodologias, espera-se poder orientar os estudos para a retirada do lodo presente no fundo do reservatório de Guarapiranga.

Referências

- Campagnoli, F., 2002.** A aplicação do assoreamento na definição de Geoindicadores ambientais em áreas urbanas – Exemplo na Bacia do Alto Tietê, SP. São Paulo. *Tese de Doutorado*, Poli-USP.
- Galli, V.L. and Souza, L.A.P., 1999.** GPR-exemplos de aplicação. Anais do 6th International Congress of the Brazilian Geophysical Society, Rio de Janeiro, Brasil, pages 1-4.
- Miranda, E.E. and Coutinho, A.C., 2004.** Brasil visto do espaço. Embrapa, Monitoramento por Satélite. Disponível em: <http://www.cdbrasil.cnpem.embrapa.br> Acessado em: 22 de março de 2005.

- Porsani, J.L., Moutinho, L. and Assine, M.L., 2004.** GPR survey in the Taquari river, pantanal wetland, west-central Brazil. *Tenth International Conference on Ground Penetrating Radar (GPR' 2004)*, 21-24 June, 2004, Delft, The Netherlands, cd-rom.
- Porsani, J.L., Assine, M.L. and Moutinho, L., 2005.** Application of GPR in the study of a modern alluvial megafan: the case of the Taquari river in pantanal wetland, west-central Brazil. *Subsurface Sensing Technology and Application* [no prelo].
- PDPA, 1997.** Sabesp – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo.
- Silva, J.P., 2004.** Urbanização e sedimentação em remansos de reservatórios. Análise comparativa de duas bacias hidrográficas em Guarapiranga, São Paulo. *Relatório de qualificação de mestrado*. Departamento de Geografia – FFLCH – USP.
- Souza, L.A.P., Porsani, J.L., Souza, O.C. & Moutinho, L., 2002.** Levantamento experimental GPR no rio Taquari, bacia do pantanal matogrossense. *Revista Brasileira de Geofísica*, Rio de Janeiro, v.20, n.1, p. 67-72.

Agradecimentos

À SABESP e ao IAG-USP pela infra-estrutura necessária para a realização desta pesquisa. Ao Welitom pelo apoio durante a aquisição de dados.

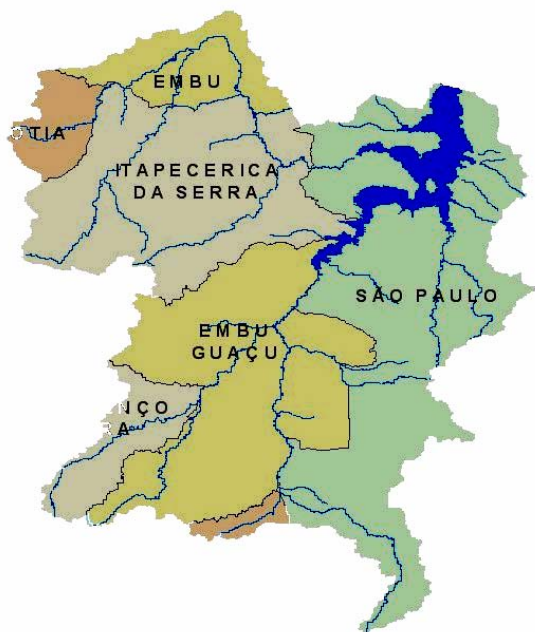


Figura 1 – Bacia do Guarapiranga e principais municípios e afluentes, entre eles São Paulo, Itapequerica da Serra, Embu, Embu-guaçu, Juquitiba, Cotia e São Lourenço da Serra. (Silva, 2004)



Figura 3 – Imagem de satélite do reservatório Guarapiranga, com destaque da área de estudo (braço da represa associado à bacia do Córrego Guavirutuba). Escala aproximada 1:25.000 (Miranda & Coutinho, 2004).



Figura 2 – Ocupação irregular (favelas) nas margens dos córregos afluentes do reservatório Guarapiranga.



Figura 4 – Antenas GPR de 100 MHz posicionadas no fundo do barco de fibra de vidro.



Figura 5 – Barco de fibra de vidro utilizado no primeiro levantamento em 28-05-2004.



Figura 6 – Traçado do levantamento preliminar no reservatório Guarapiranga em 28-05-2004

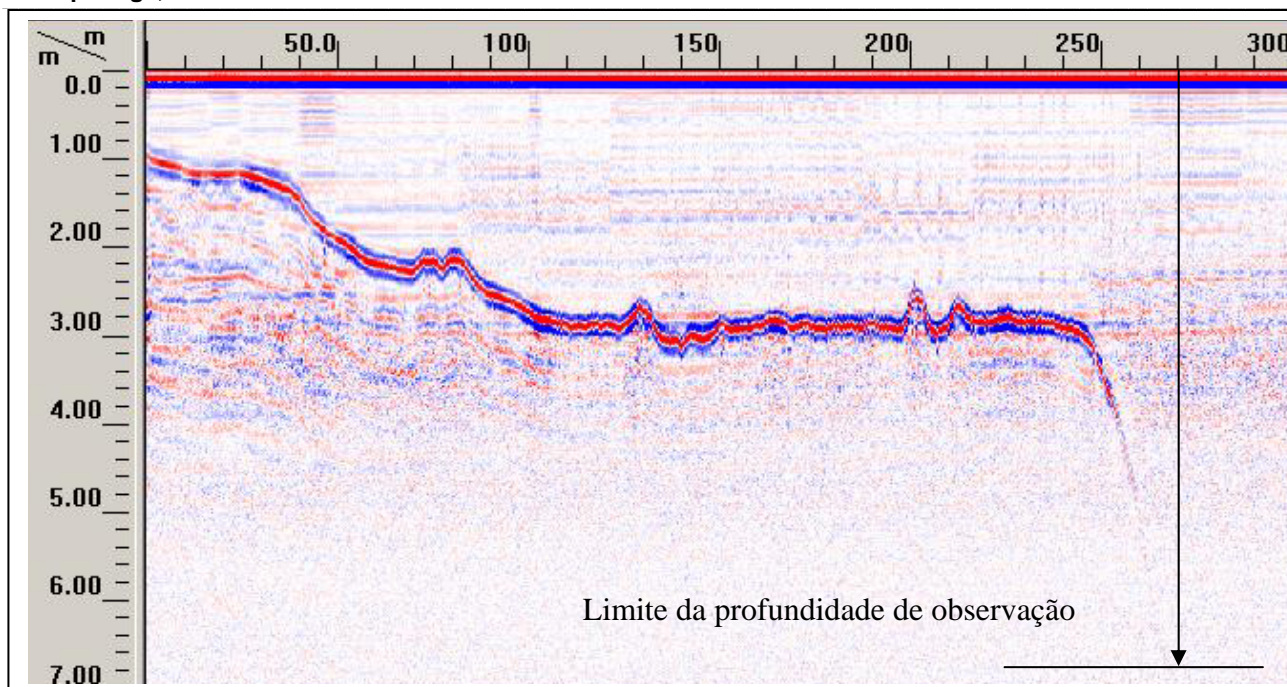


Figura 7 – Perfil de radar obtido no caminhamento 1.

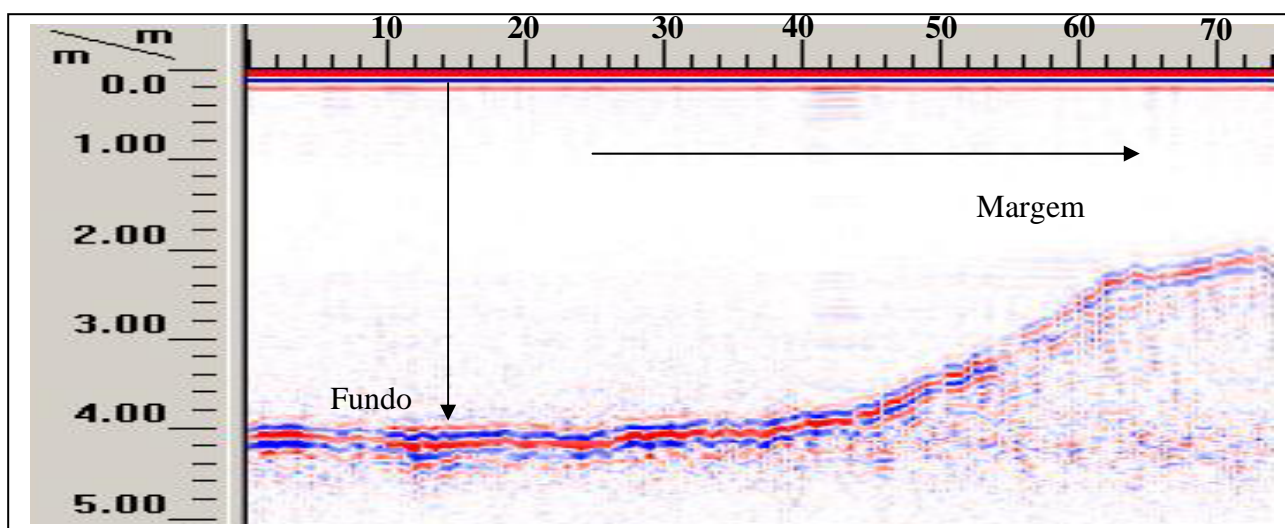


Figura 8 – Perfil de radar obtido no caminhamento 5.

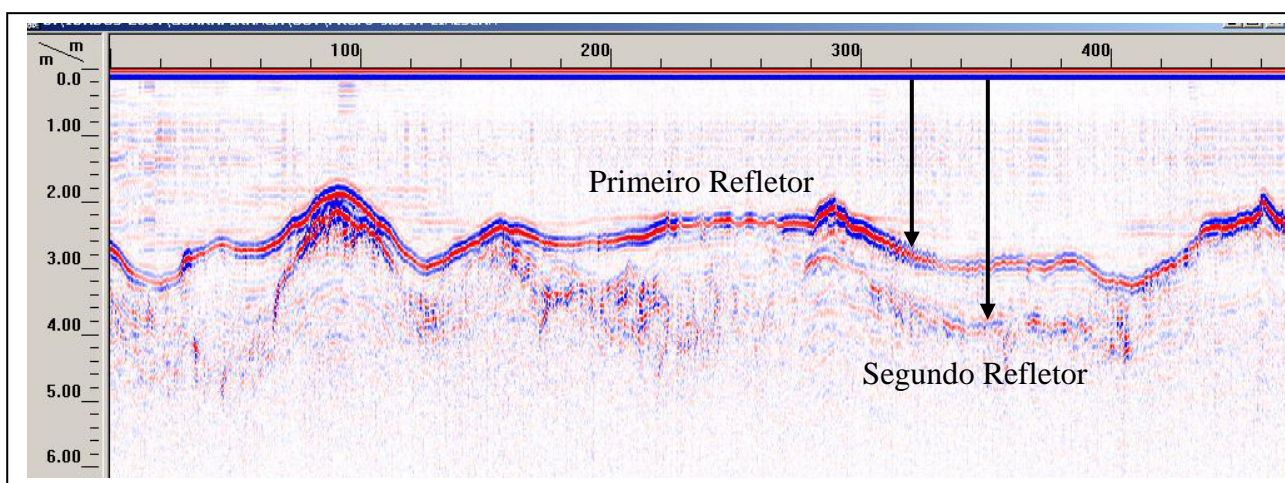


Figura 9 – Perfil de radar obtido no caminhamento 3.