



## IDENTIFICAÇÃO ARQUEOLÓGICA ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DE MÉTODO GEOFÍSICO - GPR 3D EM PRÉDIOS HISTÓRICOS NA CIDADE DE SÃO PAULO/SP

SOUZA, Georgia Castro de, Geopesquisa Investigações Geológicas Ltda

MARQUES, Rinaldo Moreira, Geopesquisa Investigações Geológicas Ltda

BORGES, Welitom Rodrigues, Instituto de Geociências/UNB

CASTELO BRANCO, Raimundo Mariano Gomes, Laboratório de Geofísica – Universidade Federal do Ceará

Copyright 2010, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

*Este texto foi preparado para a apresentação no IV Simpósio Brasileiro de Geofísica, Brasília, 14 a 17 de novembro de 2010. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do IV SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.*

### Resumo

Este trabalho apresenta a aplicação de métodos geofísicos em estudos arqueológicos e de preservação de materiais históricos. O estudo caracteriza-se pelo mapeamento através de levantamentos utilizando o método GPR com a aplicação de técnicas de aquisição que possibilitem o tratamento e processamento de dados em 3D na área designada como sala de sepultamentos pertencente ao Mosteiro e Museu de São Bento, localizado na cidade de São Paulo/SP. A interpretação conjunta dos dados geofísicos associada a informações de estudos arqueológicos do local permitiu a identificação e o reconhecimento de feições anômalas importantes na caracterização de túmulos presentes no local. Os resultados obtidos através dos levantamentos GPR identificaram, mapearam e caracterizaram de forma clara túmulos existentes na sala de sepultamentos, bem como os macros contornos das estruturas presentes em seus interiores, resultados estes que culminaram na identificação de corpos mumificados de freiras do mosteiro.

### Introdução

A arqueologia vem utilizando ferramentas cada vez mais inovadoras e sofisticadas. Atualmente os grupos de escavações arqueológicas são compostos por profissionais multidisciplinares, com formações nas mais diversas áreas, os quais vêm utilizando técnicas mais abrangentes e eficazes (Gomes, 2003).

Diante de tal contexto, a geofísica vem sendo amplamente utilizada, principalmente na caracterização prévia de áreas e locais foco de investigações arqueológicas. O emprego de métodos geofísicos possui como objetivo principal caracterizar e localizar com maior precisão os limites das áreas e das estruturas que irão sofrer intervenções, sendo estas realizadas de forma rápida e sem danos desnecessários, antes da prática de

escavações destrutivas a despeito do que ocorria no passado. Desta forma as escavações se tornam mais eficazes, com custos otimizados e proporcionando melhor aproveitamento das locações das sondagens através de pontos pré-estabelecidos. Uma vez que os métodos geofísicos possibilitam a identificação de forma indireta dos locais com maior probabilidade de ocorrência de restos arqueológicos devido a mudanças que ocorrem nas propriedades físicas do meio investigado fica facilmente justificável o seu emprego em pesquisas desta natureza.

Dentro deste contexto, o presente estudo foi realizado no Mosteiro e Museu de São Bento, localizado no bairro da Luz, cidade de São Paulo /SP. Neste local ficava a antiga sacristia da Igreja de Frei Antônio de Sant'Anna de Galvão e onde até 1822, funcionou o cemitério das Irmãs Concepcionistas. Esta pesquisa teve como objetivo principal identificar, caracterizar e verificar a ocorrência de restos mortais arqueológicos, em uma das salas do Mosteiro, auxiliando assim nos trabalhos históricos de investigação da vida das monjas de clausura residentes no mosteiro nos séculos XVIII e XIX.

Devido a estudos preliminares sabia-se da potencialidade da existência do cemitério das monjas na sala de sepultamentos, no entanto não se esperava encontrar corpos preservados e mumificados. Tais resultados foram preciosos para informações quanto à rotina e o tipo de vida das monjas da época, informações, eventualmente perdidas se realizadas escavações arqueológicas diretas e de caráter destrutivo. A **Figura 1**, abaixo, mostra a foto dos corpos encontrados em um dos túmulos mapeados através dos métodos geofísicos e depois escavados pelos arqueólogos do museu.



**Figura 1** - Foto de dois corpos mumificados encontrados em um dos túmulos mapeados do cemitério das monjas de clausura do Mosteiro de São Bento (Jornal O Globo).

### Metodologia/ Problema Investigado

Neste trabalho foi utilizado o método eletromagnético *ground penetrating radar* (GPR ou Georadar) que emprega ondas de rádio em frequências elevadas (10 a 2500 MHz) para localizar estruturas, feições geológicas ou objetos enterrados pelo homem em sub-superfície (Annan, 1992; 2002; Daniels, 1996). Neste método as ondas eletromagnéticas são rapidamente radiadas para o solo através de uma antena transmissora. Mudanças nas propriedades elétricas do meio fazem com que partes do sinal sejam refletidas para a superfície e partes sejam transmitidas. Este sinal refletido é então captado, registrado e armazenado em uma unidade de controle, permitindo a geração de uma imagem de alta resolução da sub-superfície.

As principais características que tornam o GPR indicado às finalidades de levantamentos geológicos, arqueológicos e ambientais são:

- Fornece perfis ao longo de linhas, produzindo seções em tempo real.
- Adequação do equipamento às condições locais: altas frequências, maior resolução; e baixas frequências, maior penetração.
- Possibilita a identificação de estruturas diversas, tanto de foco arqueológico, como geotécnico e ambiental.

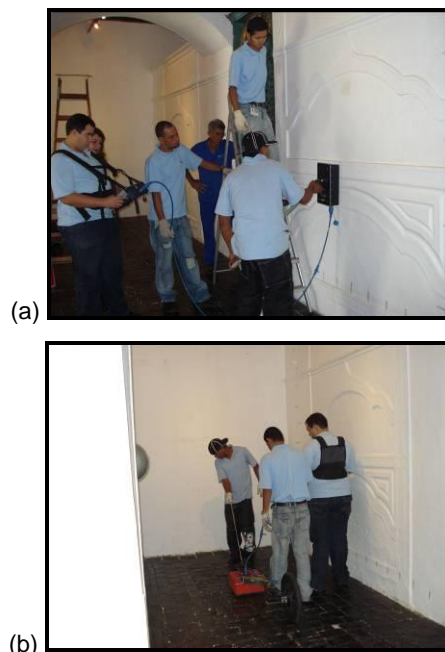
Nas aquisições de GPR 2D e GPR 3D as configurações de parâmetros de aquisição, os espaçamentos entre as linhas (0,25 m) e pontos de leitura (0,025 m), as profundidades máximas de investigadas e a definição do tipo de dados (associação de dados de antenas de 400 Mhz e 900 Mhz), foram definidos de acordo com os objetivos do local, levando em conta, as profundidades e dimensões dos alvos, bem como, o tipo de estrutura superficial existente, dentre outras informações existentes.

O processamento dos dados de GPR se deu através das seguintes etapas descritas a seguir: inicialmente os dados de campo de GPR foram filtrados (*dewow*), eliminando-se os ruídos eletrônicos e estáticos inerentes ao sistema. O processamento dos dados envolveu: determinação da chegada da primeira onda (ajuste do tempo zero); aplicação de ganhos (linear, exponencial e decaimento de energia); filtragens 1D (*bandpass butterworth* e *bandpass frequency*) e 2D (remoção do background); conversão da escala de tempo para profundidade através de modelagem hiperbólica das velocidades; georeferenciamento e interpolação dos perfis, elaboração de cubos tridimensionais e visualização de *depth slices* (cortes em profundidade).

### Resultados

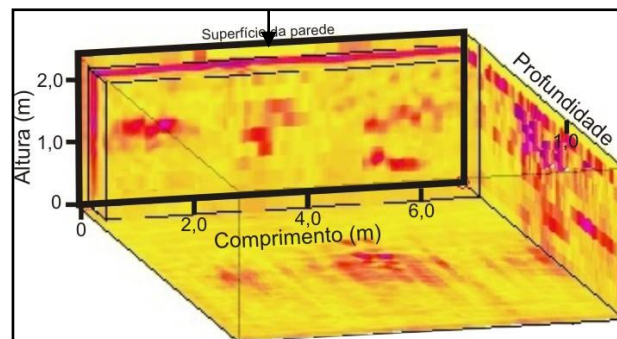
Na área mapeada no Mosteiro da Imaculada Conceição da Luz, denominada sala de sepultamentos, foram realizados levantamentos GPR com técnicas de aquisição em 3D, no chão da sala e em uma das paredes. Os locais alvos das investigações foram apontados pelos arqueólogos, baseados na análise de documentos históricos e a presença de estruturas de

decoração diferenciadas das demais existentes na sala, onde foram também identificadas anomalias geofísicas que após serem escavadas, ficou comprovada a presença de vestígios arqueológicos relacionados a sepultamentos (Figura 2).



**Figura 2** – (a) Foto do mapeamento realizado na parede da sala de sepultamentos e (b) Foto do mapeamento realizado no chão da sala de sepultamentos pertencentes ao Mosteiro de São Bento /SP.

Os resultados obtidos através do mapeamento GPR realizado na parede da sala apresentaram fortes sinais eletromagnéticos que foram caracterizados após análise como anomalias relacionadas a 4 (quatro) túmulos e um oratório existente no local. Para interpretação dos dados foram analisados todos os perfis de GPR 2D e posteriormente processados em formato 3D (Figura 3).

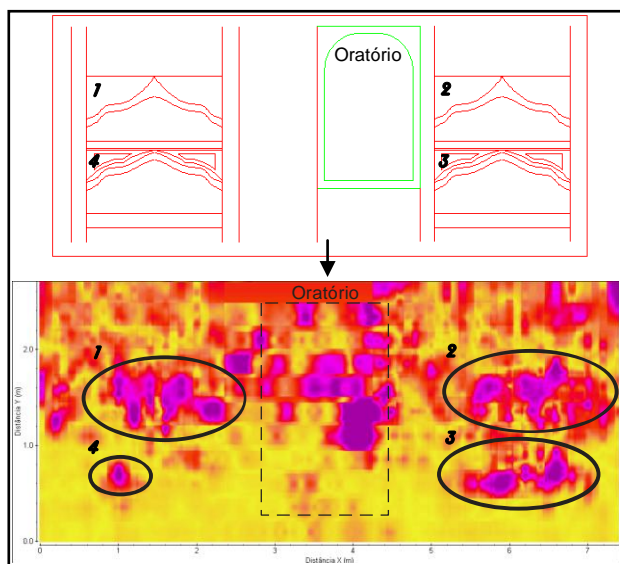


**Figura 3** – Cubo tridimensional, com corte em profundidade (~ 0,3 m) para destaque das anomalias mapeadas.

As anomalias identificadas apresentaram variações quanto aos níveis de intensidade nas diferentes profundidades investigadas.

As 4 (quatro) anomalias identificadas e correlacionadas aos túmulos das antigas freiras do mosteiro estão posicionadas de forma alinhada, em pares, sendo duas na porção superior da parede e duas mais abaixo, localizadas de acordo com as estruturas de decoração desenhadas superficialmente na parede. As anomalias, apesar de terem a mesma origem, apresentam feições bem diferentes uma das outras, tanto com relação às dimensões, quanto em relação às profundidades (**Figura 4**). De modo geral, sendo identificadas entre as profundidades de 10 cm a 42 cm.

Tais variações puderam ser correlacionadas às diferenças dos materiais presentes no interior da parede. Tendo, em cada área de cada túmulo, ocorrem porções distintas da presença de materiais sólidos, como os restos mortais, possíveis restos de madeira e de sedimentos e, também, das porções caracterizadas por “vazios” (ar), ou seja, espaços no interior dos túmulos. Foi possível verificar também uma forte anomalia de alta intensidade, existente na parte central do levantamento, região entre os túmulos, associadas às estruturas do oratório presente no local.



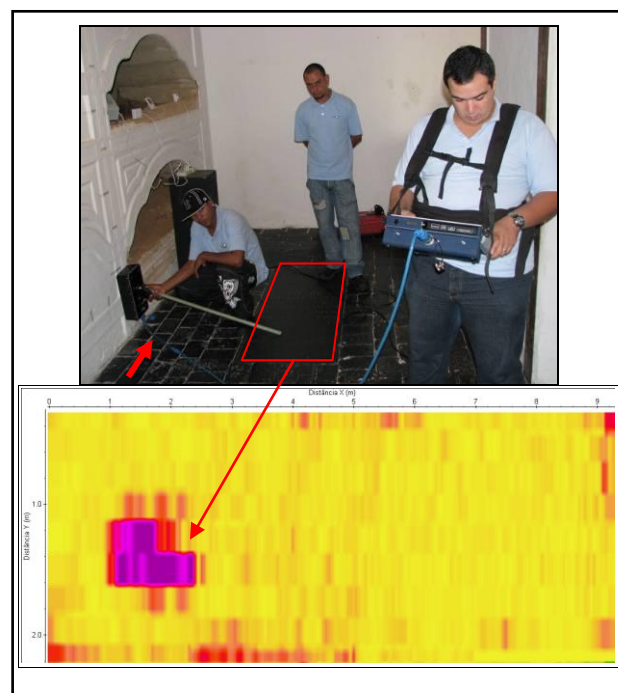
**Figura 4** – Detalhe da parede dos túmulos e o slice ("corte") da área na profundidade de 0,3 m, nível em que as anomalias apresentaram maiores amplitudes do sinal eletromagnético.

De acordo com a numeração adotada, na figura, as anomalias apresentaram as seguintes características:

- 1 - Forma significativa e intensificada entre as profundidades de 0,18 m a 0,38 m. Tendo sua maior amplitude do sinal entre as profundidades de 0,26 e 0,30 m. Em comparação com as demais anomalias mostrou-se com níveis de intensidade média a alta.

- 2 - Forma significativa e intensificada entre as profundidades de 0,14 m a 0,42 m. Tendo sua maior amplitude do sinal entre as profundidades de 0,22 e 0,26 m. Em comparação com as demais anomalias mostrou-se como sendo a de maior intensidade e dimensão.
- 3 - Forma significativa e intensificada entre as profundidades de 0,10 m a 0,42 m. Tendo sua maior amplitude do sinal entre as profundidades de 0,18 e 0,30 m. Em comparação com as demais anomalias mostrou-se como sendo de forte intensidade.
- 4 - Forma significativa e intensificada entre as profundidades de 0,26 m a 0,42 m. Tendo sua maior amplitude do sinal entre as profundidades de 0,30 e 0,34 m. Em comparação com as demais anomalias mostrou-se com dimensões muito pequenas e pouca intensidade, bem diferente das outras 3 (três) anomalias. Tal fato pode ser correlacionado a um grande nível de soterramento dos restos mortais do túmulo, ou seja, menor área "vazia" (menor presença de ar).

Os resultados obtidos através do mapeamento realizado no chão da sala mostraram a presença de uma anomalia de dimensões e contornos bem definidos, e variações quanto aos níveis de intensidade do sinal eletromagnético.



**Figura 5** – Foto do chão da sala de sepultamentos na região do "recorte" do revestimento do piso e slice da área na profundidade de 0,2 m, nível em que a anomalia apresentou maior amplitude do sinal eletromagnético.

A anomalia identificada encontrava-se na porção centro-esquerda da sala, entre as profundidades de 0,2 m a 1,8 m, com a forma aproximada de um retângulo que se

manteve constante com o aumento da profundidade. Associada a esta anomalia há também um "recorte" no revestimento do piso da sala que sugere a presença de outro túmulo no piso da sala. O restante da área mapeada foi caracterizada por sinais praticamente homogêneos em suas amplitudes eletromagnéticas (**Figura 5**).

freiras do século XIX. Reportagem jornal SPTV diário de SP.

### **Discussão e Conclusões**

Os resultados obtidos mostram que o método geofísico aplicado por meio de aquisições GPR no interior das dependências do Mosteiro de São Bento possibilitaram a identificação e o mapeamento de forma clara de anomalias geofísicas associadas a estruturas arqueológicas de grande relevância.

Após a análise do sinal e determinação das áreas anômalas, pode-se associar os resultados interpretados com a presença de túmulos nas paredes e no chão da sala, onde foram encontrados restos mortais mumificados.

Além de tais identificações e caracterizações os resultados obtidos pelo levantamento GPR possibilitaram a realização de escavações arqueológicas direcionadas para os pontos anômalos de relevância, otimizando recursos financeiros, tempo e evitando maiores danos ao patrimônio local.

### **Referências**

Annan, A.P., 1992. Ground penetration radar workshop notes. Sensors & Software, Inc., Internal Report, 130 p.

Annan, A.P. 2002. GPR – History, Trends, and Future Developments. *Subsurface Sensing Technologies and Applications*, 3 (4): 253 – 270.

Borges, W..R. 2007: Caracterização geofísica de alvos rasos com aplicações no planejamento urbano e meio ambiente: estudo sobre o sítio controlado do IAG/USP

Castro D. L de & Branco R.M. G. C. 2003. 4-D ground penetrating radar monitoring of a hydrocarbon leakage site in Fortaleza (Brazil) during its remediation process: a case history. *Journal of Applied Geophysics*, 54:127–144

Daniels, J.J.; ROBERTS, R.; VENDL, M. 1995. Ground penetrating radar for the detection of liquid contaminants. *Journal of Applied Geophysics*. 33:195–207.

GOMES, M.J.S. 2003. Utilização de métodos geofísicos em sambaquis fluviais, região do Vale do Ribeira de Iguape - SP/PR. Dissertação de Mestrado FFLCH, São Paulo.

Sandmeir, K.J. 2006. REFLEXW Version 4.0 for Windows 9x/2000/NT/XP. Program for the processing of seismic, acoustic or electromagnetic reflection, refraction and transmission data. Manual do Software, 192 pp.

Jornal O Globo, 2008. Investigação de Múmias do Mosteiro de São Bento revela detalhes sobre vida de