

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS

WELITOM RODRIGUES BORGES

**Caracterização Geofísica de Alvos Rasos com Aplicações no
Planejamento Urbano e Meio Ambiente:
Estudo sobre o Sítio Controlado do IAG/USP**

São Paulo

2007

WELITOM RODRIGUES BORGES

**Caracterização Geofísica de Alvos Rasos com Aplicações no
Planejamento Urbano e Meio Ambiente:
Estudo sobre o Sítio Controlado do IAG/USP**

Tese apresentada ao Instituto de
Astronomia, Geofísica e Ciências
Atmosféricas para obtenção do título de
Doutor em Geofísica.

Área de Concentração: Geofísica Aplicada

Orientador: Prof. Dr. Jorge Luís Porsani

São Paulo

2007

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Welitom Rodrigues Borges

Caracterização Geofísica de Alvos Rasos com Aplicações no Planejamento Urbano e Meio Ambiente: Estudo sobre o Sítio Controlado do IAG/USP

Tese apresentada ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas para obtenção do título de Doutor em Geofísica.

Área de Concentração: Geofísica Aplicada

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. Jorge Luis Porsani

Instituição: IAG/USP

Assinatura: _____

Prof. Dr. Carlos Alberto Mendonça

Instituição: IAG/USP

Assinatura: _____

Prof. Dr. José Gouveia Luiz

Instituição: IG/UFPA

Assinatura: _____

Prof. Dr. Walter Malagutti Filho

Instituição: IGc/UNESP-Rio Claro

Assinatura: _____

Prof. Dr. Shozo Shiraiwa

Instituição: ICET/UFMT

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram com o desenvolvimento desta pesquisa e, em especial:

Ao Prof. Dr. Jorge Luís Porsani que desenvolveu orientação segura, caracterizada por profundo respeito e confiança, durante todo o período da pesquisa. No final, estou certo que perdi um orientador, mas ganhei um grande amigo. Valeu Porsani!

À FAPESP (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo) pela concessão da bolsa de doutorado, processo 02/07510-0 e pelo apoio financeiro por meio do projeto 02/07509-1.

Ao Departamento de Geofísica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas pela oportunidade de realizar esta pesquisa.

Aos professores doutores Francisco Yukio Hiodo, Vagner Roberto Elis e Carlos Alberto Mendonça, pelas discussões e ajuda na aquisição dos dados.

A equipe de aquisição de dados geofísicos, mais unida que já acompanhei no IAG, Selmita, Emas e Ernande (vulgo calça frouxa). Sem eles não haveria dados do *background* da área de pesquisa.

Ao IPT/SP, representado pelos geólogos Luiz Antônio Pereira de Souza, Carlos Alberto Birelli, Vicente L. Galli e pelo técnico Valter Domingos da Silva, pelas facilidades de empréstimo das antenas de 250 MHz, utilizadas durante a aquisição dos dados de campo.

Ao Prof. Dr. Lázaro Valentim Zuquette da Escola de Engenharia de São Carlos/USP, pelo empréstimo do equipamento SYSCAL PRO, utilizado para a aquisição dos dados de tomografia elétrica.

Aos colegas Ozéias da Silva (IAG/USP), José (PCO/USP) e ao Joselito pela ajuda nas escavações das trincheiras e na instalação dos alvos na área do SCGR.

Aos inúmeros colegas que auxiliaram na aquisição dos dados: Manuelle, Robson, Elivelton, Gilmar, Sérgio Fachin (Bob Esponja), Márcia Hatae, Vinícius, Paulo (Baiano), Nilton (Jabiraca), Cláudia, Dionísio, Marcus, Oleg, Gregório e ao Marcelo.

Aos professores doutores Shozo Shiraiwa e Mário José Pereira, ambos da Universidade Federal do Mato Grosso, pelo apoio e incentivo durante todo o decorrer do doutorado.

Ao Prof. Dr. Martin Tygel e à equipe do Laboratório de Geofísica Computacional da Unicamp, Alcides, Lucas, Fernando, Clebson, Ricardo, Armando e Charles pela compreensão e pelo apoio na etapa final da tese.

Aos inúmeros amigos da Pós-Graduação: Alexandre Lago, Marcelo Peres, Selma Rodrigues, Elizete Silva, Manuelle Paixão, Sérgio Fachin, Sérgio Bezerra, Eric Font, Daniel Franco, Fábio Lucas, Gelvan Hartman, Mário Rosalez, Marcelo Bianchi, Ivan Zevallos, Emilson Leite, Miguel Carminatti, Fábio Perosi, Juliana Alencar, Soraya Tuma, George França, Marcelo Bendelak, Shimeles Woldemichael, Érika Reyes, Renato Frazão, Rodrigo Ortega, Allana Dutra, Danilo Oliveira, Alexandre Lopes, Deborah Souza, Everton Bomfim, Eduardo Rocha, Francisca Souza, Ahmad Meguid, Henrique Dal Pozzo, Luciano Konzen e Marcelo Teles, pelo companheirismo durante o período do doutorado.

Aos colegas Jorge (Quarta), Leandro (Cabelo), Gilmar (Hindu), Leandro Moutinho, e Rodrigo Toffoli, por terem me acolhido em Sampa.

A minha família pelo carinho, em especial a minha mãe, Doracina; ao meu pai, Tarzan; ao meu irmão, Wilson; a minha irmã, Ádia; e aos meus sobrinhos, Alexandre e José.

Ao meu bom e paciente amigo, Rodrigo Toffoli, pela revisão da tese. Eventuais erros são de nossa mútua responsabilidade.

Às secretárias do Departamento de Geofísica, do IAG/USP, representadas por Maria Perpetua dos Santos Couto (Teca) e Virgínia Gomes de Macedo Teixeira, pela presteza no atendimento quando solicitado. Muito obrigado, meninas!

À secretária dos Cursos de Pós-Graduação do IAG/USP, Rosemary Feijó, pela presteza no atendimento aos pós-graduandos.

Aos técnicos do IAG/USP pela assistência na infra-estrutura necessária para o desenvolvimento dessa pesquisa, em especial ao Edilson Brito, ao Marcos Claro e ao Leonardo Schneider.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, auxiliaram-me no desenvolvimento desta pesquisa.

Finalmente, eu não poderia deixar de agradecer à minha esposa, Aline, que compreendeu a importância deste desafio acadêmico, e suportou meus nervosismos e minhas ausências, dando apoio, incentivo e equilíbrio espiritual, fundamentais para a realização desta pesquisa.

“Hakuna Matata!”

(Expressão Suahili)

RESUMO

BORGES, W.R. **Caracterização Geofísica de Alvos Rasos com Aplicações no Planejamento Urbano e Meio Ambiente: Estudo sobre o Sítio Controlado do IAG/USP**. 2007. 256p. Tese (doutorado) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, SP, 2007.

A implantação do Sítio Controlado de Geofísica Rasa (SCGR), do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG), da Universidade de São Paulo (USP), é um marco na história da geofísica nacional. Trata-se do primeiro local de estudos controlados de geofísica rasa, instalado no Brasil. O SCGR está localizado próximo ao Instituto de Física, em frente ao IAG/USP, compreendendo uma área de 1500 m² (50 m x 30 m). Nesta área, foram instalados diferentes alvos, com dimensões variadas e em diferentes profundidades, dispostos em sete linhas de 30 metros. Os alvos escolhidos tiveram como finalidade reproduzir uma pequena amostra dos principais objetos que são encontrados em ambiente urbano. O objetivo do estudo foi o de caracterizar os alvos instalados no SCGR, por meio da utilização de diferentes métodos geofísicos, com ênfase no método *Ground Penetrating Radar* (GPR), seguido dos métodos de eletrorresistividade e eletromagnético indutivo (EM-38). Esta caracterização consistiu em avaliar o desempenho e a confiabilidade dos métodos geofísicos, quando aplicados sobre alvos com propriedades físicas conhecidas. A coleta de dados foi realizada antes e depois da instalação do sítio controlado, permitindo, assim, a caracterização geofísica do meio (*background*) e dos alvos. Os resultados geofísicos foram apresentados na forma de perfis 2D e de cortes em profundidade em blocos volumétricos, Quase-3D. Os dados geofísicos do *background* evidenciam uma camada de aterro, com espessura de até 2,8 metros, repousando sobre sedimentos argilosos da planície de inundação do rio Pinheiros. O EM-38 possibilitou o mapeamento de todos os objetos metálicos enterrados até a profundidade máxima de 1,5 metro. A identificação de alguns alvos metálicos, enterrados na profundidade de 0,5 metro, também foi possível com os resultados de cargabilidade. Os dados de resistividade elétrica permitiram a identificação de um tubo metálico guia, enterrado no centro da área, a 0,5 metro de profundidade, e de alvos representativos de materiais geológicos. Os resultados de GPR permitiram o imageamento da maioria dos alvos implantados na área do SCGR, com melhor resolução aqueles que mostram maior contraste dielétrico. A pesquisa contribui para o refinamento dos métodos de campo aplicados aos problemas reais do cotidiano, principalmente, em estudos de geotecnia, planejamento urbano, arqueologia e meio ambiente.

Palavras Chave: Sítio Controlado de Geofísica Rasa, GPR, IAG, EM-38, Tomografia Elétrica.

ABSTRACT

BORGES, W.R. Geophysics characterization of shallow targets with applications in the urban planning and environmental: Study on the Shallow Geophysical Test Site of IAG/USP. 2007. 256p. Thesis (Doctoral) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, SP, 2007.

The implantation of the Shallow Geophysical Test Site (SCGR) of the Astronomy, Geophysics and Atmospheric Sciences Institute (IAG), from University of Sao Paulo (USP), is a mark in national geophysical history. It is the first site Shallow geophysical study site installed in Brazil. This Test Site is located next to Physics Institute in front of IAG/USP, comprehending an area of 1500 m² (50 m x 30 m). In this area, different targets were installed, with varied dimensions and different depths, buried in seven lines of 30 meters. Targets were chosen aiming at reproducing a small sample of main objects found in urban environment. The goal of the study was characterizing targets installed in SCGR by using different geophysical methods with emphasis in Ground Penetrating Radar (GPR), electric and inductive electromagnetic (EM-38) methods. This characterization consisted in evaluating the performance and reliability of geophysical methods, when applied in targets whose physical properties are well-known. Measurements were carried out before the targets installation in subsurface, in order to obtain data from land background or geologic horizons before disturbances. In a second stage, geophysical data were obtained after target installation. Geophysical results were shown in 2D profiles, and depth slices in volumetric blocks, Quasi-3D. Geophysical data from land background showed an earthwork layer, with thickness up to 2.8 meters, above loamy sediments of Pinheiros River. EM-38 enabled the mapping of all metallic targets buried until 1.5 meter of maxim depth. The identification of some metallic targets also buried in the depth of 0.5 meter was possible with chargeability results. Electric resistivity data allowed the identification of a metallic tube buried at the centre of the area, to 0.5 meter of depth, and of representative geological materials targets. GPR results identified of the majority of targets buried in SCGR with better resolution than those ones shown highest dielectric contrast. This research contributes for geophysical method refinement applied to everyday problems mostly in geotechnical, urban planning, archaeological and environmental studies.

Keywords: Shallow Geophysical Test Site, GPR, IAG, EM-38, Electric Tomography.

APRESENTAÇÃO

A presente tese está organizada em sete capítulos que se referem ao agrupamento temático, não correspondendo, necessariamente, à ordem cronológica em que foi desenvolvida a pesquisa. Essa forma de apresentação foi escolhida, a fim de sistematizar o conteúdo abordado de forma mais objetiva.

No capítulo 1, é descrita uma breve revisão sobre as áreas de testes controlados existentes na literatura internacional, os objetivos e a justificativa da pesquisa.

O capítulo 2 traz uma descrição detalhada do processo de instalação do Sítio Controlado de Geofísica Rasa do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (SCGR do IAG/USP). Nesse capítulo, também é apresentada uma descrição da geologia da área, bem como, as informações acerca das constituições e espessuras das camadas sedimentares superficiais, obtidas durante a implantação dos alvos no SCGR.

Os fundamentos teóricos, as metodologias de aquisição, de processamento e modelagem de dados, dos métodos *Ground Penetrating Radar* (GPR), eletrorresistividade e eletromagnético indutivo são apresentados no capítulo 3.

No capítulo 4, são discutidos os resultados de testes realizados com os diferentes métodos de investigação empregados nesse estudo, com o objetivo de determinar os melhores parâmetros de campo. Desse modo, são apresentados os parâmetros de campo utilizados antes e depois da implantação dos alvos na área do SCGR.

No capítulo 5, são descritas as principais etapas utilizadas no processamento e na modelagem dos dados obtidos antes e após a instalação do SCGR do IAG/USP.

Os resultados e as interpretações das investigações geofísicas realizadas na área de pesquisa são discutidos no capítulo 6. As principais conclusões e as recomendações do estudo estão apresentadas no capítulo 7.

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

