

**ENTREVISTA**  
**Bernardo Figueiredo**

Diretor-geral da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT)



**LINHA DE FRENTE**  
**Jorge Miguel Samek**

Diretor-geral brasileiro de Itaipu Binacional

# ENGENHARIA

Nº 605/2011 - ANO 68

[www.brasilengenharia.com.br](http://www.brasilengenharia.com.br)

R\$ 25,00



# SÃO PAULO

## Cidade Digital

A capital paulista se destaca pelo seu governo eletrônico, serviços prestados aos cidadãos via internet e compromisso com a inclusão digital





CAPA  
ESPECIAL  
SÃO PAULO, CIDADE DIGITAL  
PRODAM 40 ANOS  
Criação: André Siqueira / Via Papel

# NESTA



38



LINHA DE FRENTE DA ENGENHARIA

**Jorge Miguel Samek**  
**Diretor-geral brasileiro de Itaipu Binacional**  
**“OU EMPREENDEMOS DE FORMA SUSTENTÁVEL OU O PLANETA FICARÁ INVIÁVEL PARA A VIDA”**

Na visão do diretor-geral brasileiro da Itaipu Binacional, engº Jorge Miguel Samek, empreender sustentavelmente significa renunciar a práticas que nos conduziram ao perigoso estado em que nos encontramos hoje, haja vista os malefícios causados ao planeta pela emissão dos gases causadores do efeito estufa a partir do uso de combustíveis de origem fóssil. Para ele, rever os fundamentos e conceitos é uma necessidade imperiosa e inadiável. Samek entende que parte significativa da sociedade mundial – contexto onde também o Brasil se inclui – começa a compreender melhor o quadro e se dispõe a assumir o custo de oportunidade em favor da sustentabilidade ambiental. Esse custo de oportunidade implica muitas vezes em mudanças de hábitos e, por via de consequência, na necessidade da adoção de bens substitutivos no cotidiano

50

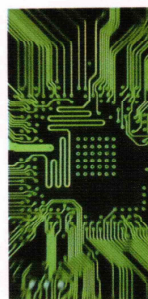


ENTREVISTA

**Bernardo Figueiredo**  
**Diretor-geral da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT)**  
**“TERCEIRA RODADA DE CONCESSÕES DE RODOVIAS FEDERAIS SERÁ REALIZADA AINDA EM 2011”**

Na visão de Bernardo Figueiredo, diretor-geral da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), ao longo das diferentes etapas de concessões de rodovias federais o modelo de contrato celebrado com as concessionárias sofreu uma série de aperfeiçoamentos. Na Segunda Etapa de Concessões de Rodovias Federais, em 2007, foram realizadas modificações no edital que propiciaram a participação de novos grupos investidores, o que levou a uma maior competitividade e à obtenção de um deságio de 51% em relação à tarifa-teto do leilão. Em 2008 foram introduzidos nos contratos de concessão dispositivos voltados para a garantia do nível de serviços. Como, por exemplo, a vinculação do cronograma das obras ao volume de tráfego, que garante a execução dos investimentos de forma aderente às reais necessidades. Agora a ANTT prepara a terceira etapa de concessões federais. Segundo Figueiredo, a agência pretende conceder, ainda em 2011, as rodovias federais BR-116/MG trecho Divisa BA/MG – Divisa MG/RJ; BR-040/DF/GO/MG trecho Brasília-Juiz de Fora; e BR-101/ES trecho Divisa RJ/ES – Divisa ES/BA

56

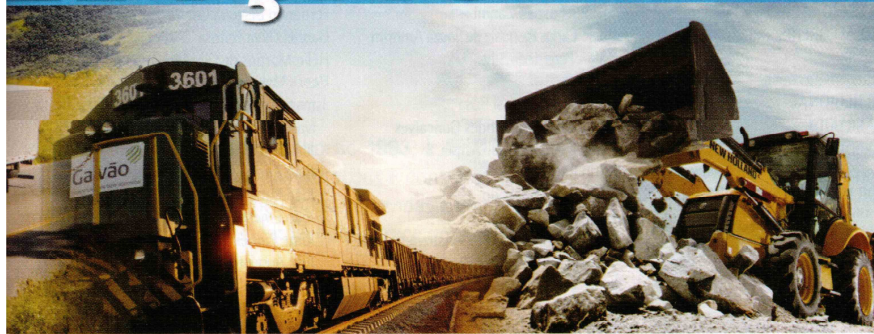


ESPECIAL

**SÃO PAULO, CIDADE DIGITAL**

São Paulo continua fazendo por merecer o título de cidade mais digital da América Latina, concedido no final de 2009 por especialistas internacionais de renome que analisaram o nível de digitalização de 150 cidades em 15 países da região. Um exemplo disso são os constantes anúncios, pelo prefeito Gilberto Kassab, de avanços na governança municipal via web. Como no caso do recente lançamento do Sistema de Gerenciamento da Fiscalização (SGF), que vai usar equipamentos eletrônicos online e emissão de multas no local da fiscalização. Ser uma cidade digital significa que o espaço em que os atores sociais vivem apresenta a possibilidade de interação virtual. Ao mesmo tempo em que, diminuindo a lacuna digital, o governo pode também minimizar o buraco social. Ao conceder a liderança latino-americana a São Paulo, os especialistas especificaram que a capital paulista se destaca em aspectos como governo eletrônico, serviços prestados aos cidadãos pela internet e compromisso com a inclusão digital, entre outros. Para se chegar a esse patamar de excelência foi decisiva a atuação da Empresa de Tecnologia da Informação e Comunicação do Município de São Paulo (Prodam), que há exatos 40 anos implanta sistemas de tecnologia da informação e comunicação (TIC) que servem de ferramenta de governo para a prefeitura

# EDIÇÃO



## 83 ENGENHARIA CONSTRUÇÃO CIVIL / artigo COMPORTAMENTO DOS SOLOS SILTOSOS QUANDO MELHORADOS COM ADITIVOS QUÍMICOS E ORGÂNICOS

Alessandre C. Morales Kormann  
Bernardo P.J.C.N Perna  
Cláudia Claumann da Silva  
Roberta Bomfim Boszczowski



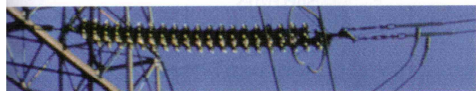
## 88 ENGENHARIA CONSTRUÇÃO CIVIL / artigo CONTROLE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO

Péricles Brasiense Fusco



## 94 ENGENHARIA PRODUÇÃO / artigo "GREEN PAINTSHOP", PLANTA DE PINTURA ECOLÓGICAMENTE CORRETA

Pavel Svejda



## 98 ENGENHARIA ELÉTRICA / artigo CÁLCULO DA TENSÃO INDUZIDA EM UM CABO ELETRÔNICO, NO INTERIOR DE UM TUBO METÁLICO OU DE UM CABO BLINDADO

Sérgio Toledo Sobral

PALAVRA DO PRESIDENTE	7
CARTAS	8
PALAVRA DO LEITOR	10
CURTAS	24
DIVISÕES TÉCNICAS	28
CRÔNICA	103
MEMÓRIA	105
ENGENHO & ARTE	106
BIBLIOTECA	108
OPINIÃO	110

## SEÇÕES

### A MISSÃO DO INSTITUTO DE ENGENHARIA

Promover a engenharia, em benefício do desenvolvimento e da qualidade de vida da sociedade. Realiza essa missão por meio da: promoção do desenvolvimento e da valorização da engenharia; promoção da qualidade e credibilidade de seus profissionais; prestação de serviços à sociedade, promovendo fóruns e debates sobre problemas de interesse público, analisando e manifestando-se sobre políticas, programas e ações governamentais, elaborando estudos, pareceres técnicos e propostas para o poder público e para a iniciativa privada; prestação de serviços aos associados. Suas ações estão dirigidas para: a comunidade em geral; os órgãos públicos e organizações não governamentais; as empresas do setor industrial, comercial e de serviços; as empresas de engenharia, engenheiros e profissionais de nível superior em geral; os institutos de pesquisas e escolas de engenharia; e os estudantes de engenharia.

## ENGENHARIA

EDITADA DESDE 1942

www.brasilengenharia.com.br

ISSN 0013-7707

REVISTA ENGENHARIA

Órgão Oficial do Instituto de Engenharia



### ENGENHO

editora técnica

Fundadores

Apparício Saraiva de Oliveira Mello (1929-1998)  
Ivone Gouveia Pereira de Mello (1933-2007)

Rua Alice de Castro, 47 - Vila Mariana  
CEP 04015 040 - São Paulo - SP - Brasil

Tel. (55 11) 5575 8155

Fax. (55 11) 5575 8804

E-mail: [brasilengenharia@terra.com.br](mailto:brasilengenharia@terra.com.br)

Assinatura anual: R\$ 120,00

Número avulso: R\$ 25,00

DIRETOR RESPONSÁVEL

MIGUEL LOTITO NETTO

DIRETOR EDITORIAL

RICARDO PEREIRA DE MELLO

DIRETORA EXECUTIVA

MARIA ADRIANA PEREIRA DE MELLO

JUNHO / JULHO 2011 - ANO 68 - Nº 605

INSTITUTO DE ENGENHARIA. Presidente: Aluizio de Barros Fagundes. Vice-presidente de Administração e Finanças: Arlindo Virgílio Machado Moura. Vice-presidente de Atividades Técnicas: Rui Arruda Camargo. Vice-presidente de Relações Externas: Amândio Martins. Vice-presidente de Assuntos Internos: Miriana Pereira Marques. Vice-presidente da Sede de Campo: Nelson Aida. COMISSÃO EDITORIAL: Aluizio de Barros Fagundes, Antonio Maria Claret Reis de Andrade, Joaquim Manuel Branco Brazão Farinha, José Eduardo Cavalcanti, Kleber Rezende Castilho, Luís Antônio Seraphim, Miguel Lotito Netto, Miracyr Assis Marcato, Nestor Soares Tupinambá, Paulo Eduardo de Queiroz Mattoso Barreto, Péricles Romeu Mallozzi, Perminio Alves Maia de Amorim Neto, Reginaldo Assis de Paiva, Ricardo Kenzo Motomatsu, Ricardo Martins Cocito, Ricardo Pereira de Mello, Roberto Aldo Pesce, Roberto Kochen, Rui Arruda Camargo, Ruy de Salles Penteado, Vernon Richard Kohl. ENGENHO EDITORA TÉCNICA. Diretor Editorial: Ricardo Pereira de Mello. Diretora Comercial: Maria Adriana Pereira de Mello. Editor Chefe: Juan Garrido. Redatora: Cláudia Maria Garrido Reina. Fotógrafo: Ricardo Martins. Editoração: Adriana Piedade/ZAF Ateliê de Publicidade. Assinaturas: Leonardo Moreira. Criação e arte: André Siqueira/Via Papel. Impressão e acabamento: Companhia Litográfica Ypiranga. REDAÇÃO, ADMINISTRAÇÃO E PUBLICIDADE: Engenho Editora Técnica Ltda. Rua Alice de Castro, 47 - Cep 04015 040 - São Paulo - SP - Brasil - Tels. (55 11) 5575 8155 - 5575 1069 - 5573 1240 - Fax. (55 11) 5575 8804. Circulação nacional: A REVISTA ENGENHARIA é distribuída aos sócios do Instituto de Engenharia, assinantes e engenheiros brasileiros que desenvolvem atividades nas áreas de engenharia, projeto, construção e infraestrutura. A REVISTA ENGENHARIA, o Instituto de Engenharia e a Engenho Editora Técnica não se responsabilizam por conceitos emitidos por seus colaboradores ou a precisão dos artigos publicados. Só os editores estão autorizados a angariar assinaturas.

Periodicidade: Bimestral.

Número avulso: R\$ 25,00

Assinatura anual: R\$ 120,00

E-mails: [brasilengenharia@terra.com.br](mailto:brasilengenharia@terra.com.br)  
[engenho@uol.com.br](mailto:engenho@uol.com.br)

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS. NENHUMA PARTE DESTA PUBLICAÇÃO (TEXTOS, DADOS OU IMAGENS) PODE SER REPRODUZIDA, ARMAZENADA OU TRANSMITIDA, EM NENHUM FORMATO OU POR QUALQUER MEIO, SEM O CONSENTIMENTO PRÉVIO DA ENGENHO EDITORA TÉCNICA OU DA COMISSÃO EDITORIAL DO INSTITUTO DE ENGENHARIA

ASSINATURAS

[www.brasilengenharia.com.br](http://www.brasilengenharia.com.br)

Filial da:



# A UTILIZAÇÃO DO GEORADAR (GPR) COMO FERRAMENTA DE ENSAIO NÃO DESTRUTIVO (END) PARA LOCALIZAÇÃO DA MANTA DE IMPERMEABILIZAÇÃO E VERIFICAÇÃO DA ESPESSURA DO CONCRETO NUM BLOCO TESTE

Autores: Roberto Okabe <sup>(1)</sup> e Debora S. Carvalho <sup>(2)</sup>

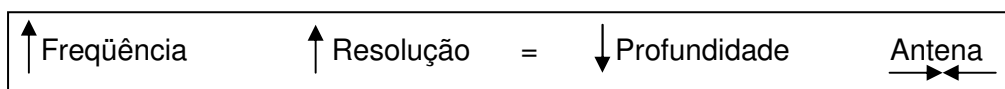
## RESUMO

Existe uma grande preocupação nos projetos de impermeabilização de obras subterrâneas, como túneis, onde o controle na execução deve ser rigorosamente observado para atender às especificações construtivas. Para simular uma situação encontrada nas obras de uma linha de metrô, foi construído um Bloco Teste de 1,0 m de comprimento, 0,50 m de altura e larguras variando de 0,28 m a 0,53 m. Nas medidas da largura já está computado a espessura da manta de impermeabilização de 0,03 m. A utilização da geofísica pelo método GPR (*Ground Penetrating Radar*) foi proposto para localizar a manta de impermeabilização investigando por sua vez a espessura do revestimento secundário.

Palavras-chaves: GPR, *Ground Penetrating Radar*, Ensaio Não Destrutivo em concreto, END, manta de impermeabilização, concreto,

## INTRODUÇÃO

O GPR é um método geofísico que utiliza a propagação de ondas eletromagnéticas de alta frequência, variando de 10 MHz a 1000 MHz (Annan, 1992). Quando a onda eletromagnética atinge a interface entre materiais geológicos com diferentes permissividades dielétricas, parte da onda é refletida em direção a superfície e parte da onda é refratada (Davis & Annan, 1989). O sinal recebido é amplificado, gravado e processado. As aplicações do GPR para o mapeamento de estruturas geológicas, arqueológicas, de tubulações, tanques e estruturas enterradas, já estão consagradas. Porém, com a criação de novas tecnologias, novas antenas estão sendo testadas para a caracterização de estruturas em profundidades bastante rasas (até 0,50 m). Neste contexto, sua aplicação está voltada principalmente para a inspeção de estruturas e patologias do concreto. As frequências destas novas antenas variam entre 1,20 GHz a 2,00 GHz. A escolha da antena fica condicionada à seguinte relação:



Isto significa que quanto mais alta a frequência da antena, maior a resolução do sinal, menor a profundidade investigada e mais compacta a antena. Isto viabiliza a aplicação em END (ensaios não destrutivos), com antenas de dimensões pequenas, que geram resultados de alta resolução alta, em profundidades rasas.

O objetivo principal deste levantamento geofísico foi identificar a manta de impermeabilização do Bloco Teste, verificando dessa maneira também as espessuras moldadas do revestimento secundário. Este Bloco foi construído com as mesmas especificações do concreto que reveste o túnel das obras do metrô.

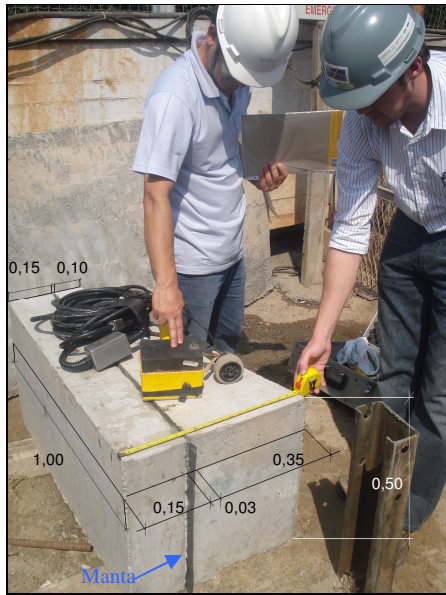


Figura 1: Apresenta o Bloco, com suas dimensões assinaladas.

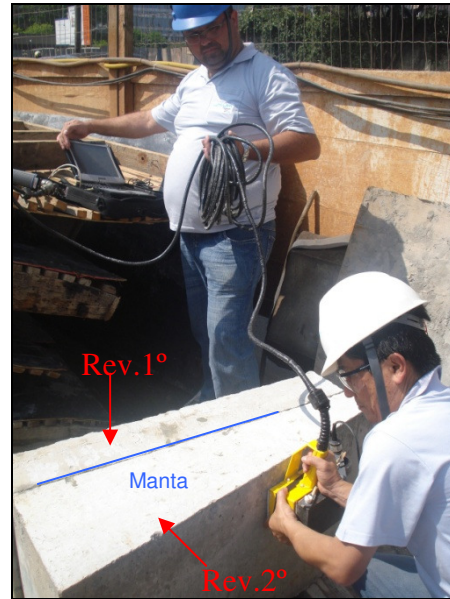


Figura 2: Aquisição da Linha: LAA10001

## METODOLOGIA

O equipamento utilizado foi o IDSK2\_TR1200, com antena de 1,2 GHz fabricada pela IDS (*Ingegneria dei Sistemi, S.p.A.*). É uma antena blindada, com as seguintes características físicas: Comprimento = 0,13 m; largura = 0,12 m; altura = 0,08 m; peso = 1,60 Kg; cabo de 15 m e roda métrica acoplados.

Para digitalização dos dados, foi utilizada uma unidade de controle DAD-IDS, e para armazenamento e apresentação dos dados, foi utilizado um computador Panasonic modelo CF-18.

O equipamento GPR (*Ground Penetrating Radar*) é composto por quatro componentes: Antena transmissora, antena receptora, unidade de controle e unidade de armazenamento e apresentação do dado.

Um pulso – onda - de energia eletromagnética é irradiado para o interior do solo pela antena transmissora. Parte da energia desta onda é refletida de volta para a antena receptora sendo amplificada, digitalizada e registrada em um meio magnético digital para processamento e armazenamento dos dados, como mostra de forma esquemática a Figura 3:

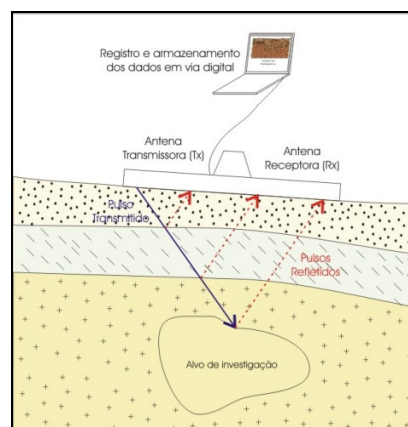


Figura 3 – O método Eletromagnético (Carvalho, 2006, in Davis e Annan, 1989).

As linhas de aquisição foram posicionadas na lateral do Bloco Teste, de maneira que as ondas fossem emitidas na direção perpendicular à manta, obtendo assim varredura no sentido da espessura mais delgada para a mais espessa.

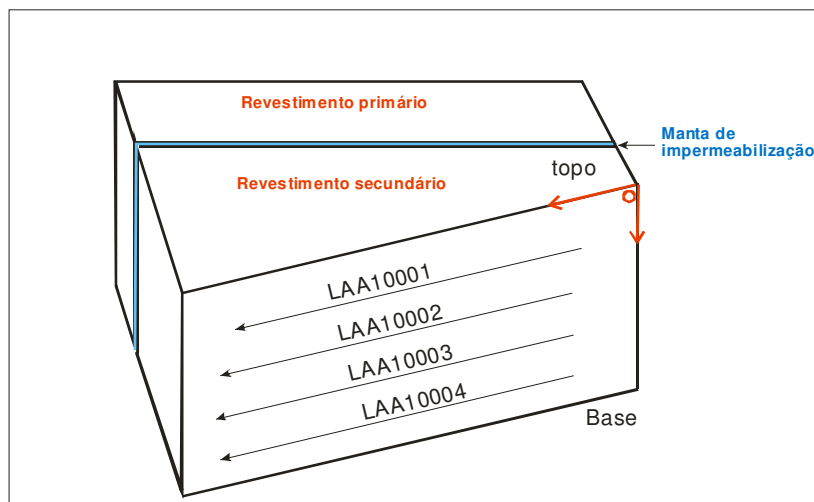


Figura 4 – As linhas de aquisição o bloco de concreto.

## RESULTADOS

Foram realizadas quatro linhas de aquisição com a antena de 1,2 GHz, com aproximadamente 0,85 m de comprimento, para cada linha. As linhas foram espaçadas em 0,10m, a partir do topo em sentido à base do Bloco, nas coordenadas locais de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40m.

Foi gerada uma seção (Radargrama) para cada linha; as quatro seções apresentaram boa resolução, e a interface entre o concreto e a manta de impermeabilização foi claramente detectada, como apresentado no radargrama LAA10001, abaixo:

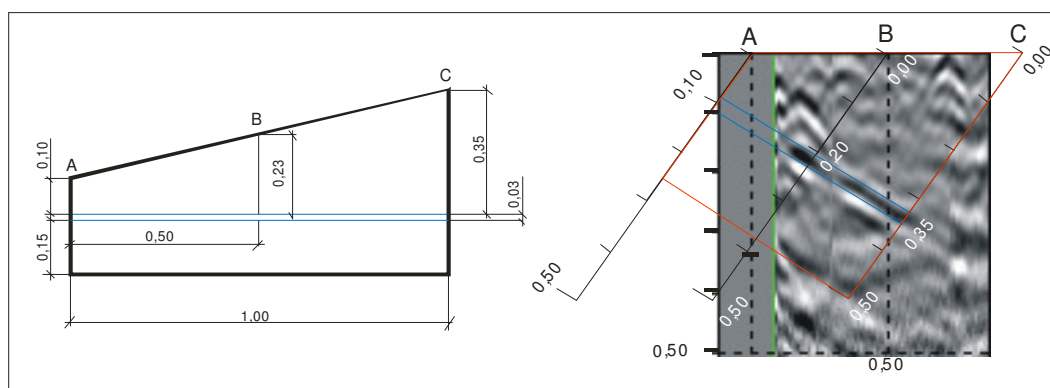


Figura 5 – Esquema do Bloco e Radargrama LAA10001. Manta detectada com destaque em azul

No radargrama processado digitalmente, foi feita uma interpretação geofísica, onde foi possível verificar a proximidade das medidas encontradas no radargrama e a figura esquemática do bloco. Para o revestimento secundário, na porção mais delgada do

radargrama encontramos espessura entre 0,09 e 0,11m; e na porção mais espessa, encontramos espessura entre 0,33 e 0,35m. Foi determinada uma medida central, com espessura entre 0,21 e 0,23m.

O levantamento realizado neste Bloco Teste proporcionou a obtenção do intervalo de velocidade de propagação da onda eletromagnética para a especificação deste concreto:  $V = 0,11$  a  $0,12$  m/ns.

Sua aplicação não apresentou riscos aos operadores e aos colaboradores em trânsito, próximos ao local do ensaio.

O GPR, utilizado como método END, não apresenta riscos de perfuração da manta de impermeabilização quando usado *in loco*.

## CONCLUSÕES

O método geofísico GPR utilizado como END pode ser utilizado para identificação da manta de impermeabilização e a espessura do concreto secundário. Sua aplicação *in loco* em obras de túneis para linhas de metrô pode se tornar uma ferramenta importante para agregar dados às auditorias internas e externas. Sua aplicação pode evitar perfurações da manta de impermeabilização, bem como pode ser uma poderosa ferramenta para a verificação e validação de cumprimento de projetos, bem como normas e especificações de espessuras de segurança em obras e construções.

O método GPR utiliza a emissão ondas eletromagnéticas em frequências que não acarretam riscos à saúde do colaborador.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANNAN, A.P. **Ground Penetrating Radar – Workshop Note**. Sensor and Software, Inc., Internal Report. 130 p. 1992.

CARVALHO, D.S. **Gestão de áreas contaminadas: detecção e mapeamento pelo uso de métodos geofísicos**. São Paulo, 2006, 79 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas Integrados de Gestão.). Centro Universitário SENAC.

DAVIS, J.L. & ANNAN, A.P. **Ground Penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy**. Geophysical Prospecting, v. 37, n.5, p. 531-551, 1989.

(1) Geólogo Sênior, Sollum Geofísica Ltda.

(2) MSc., Geofísica, Consultora independente