

ASSINATURAS GEOFÍSICAS DE ÁREAS CONTAMINADAS: GPR

Geofísica para a terceira idade



Universidade de São Paulo
IAG – Departamento de Geofísica



Objetivos

- ✓ Aplicação do radar de penetração no solo (GPR) em estudos ambientais para a caracterização e monitoramento de áreas contaminadas.
- ✓ Mostra o desempenho do método em condições controladas de campo bem como a simulação numérica de respostas GPR para auxiliar na interpretação integrada dos dados (padrões de reflexões)



Justificativa: O curso ressalta a importância da conscientização da sociedade sobre fontes de contaminação do solo e águas subterrâneas bem como as ações mitigadoras e de monitoramento utilizadas atualmente. Dentro desse contexto, destaca-se o uso dos métodos geofísicos na caracterização e monitoramento de áreas contaminadas.

Metrópoles: industrialização acelerada e elevada concentração populacional



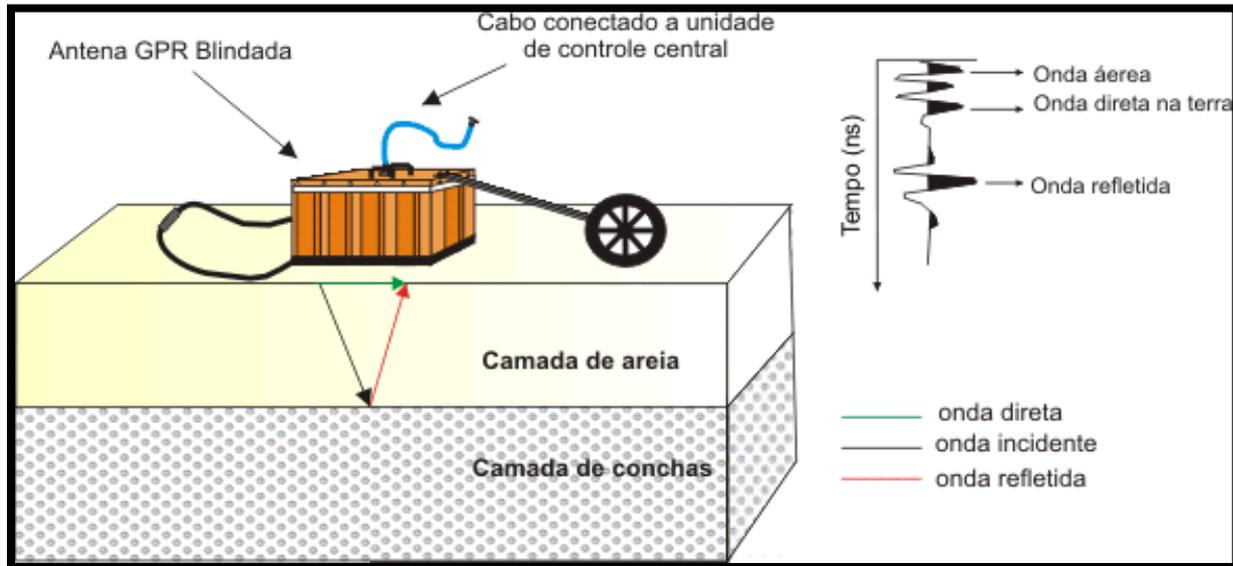
Pesquisas geofísicas – auxílio na resolução dos problemas pertinentes ao meio ambiente antrópico



Exemplo: Instalação do SCGR do IAG (Sítio Controlado de Geofísica Rasa)



Método GPR



Propagação de ondas eletromagnéticas

Contrastes – propriedades físicas

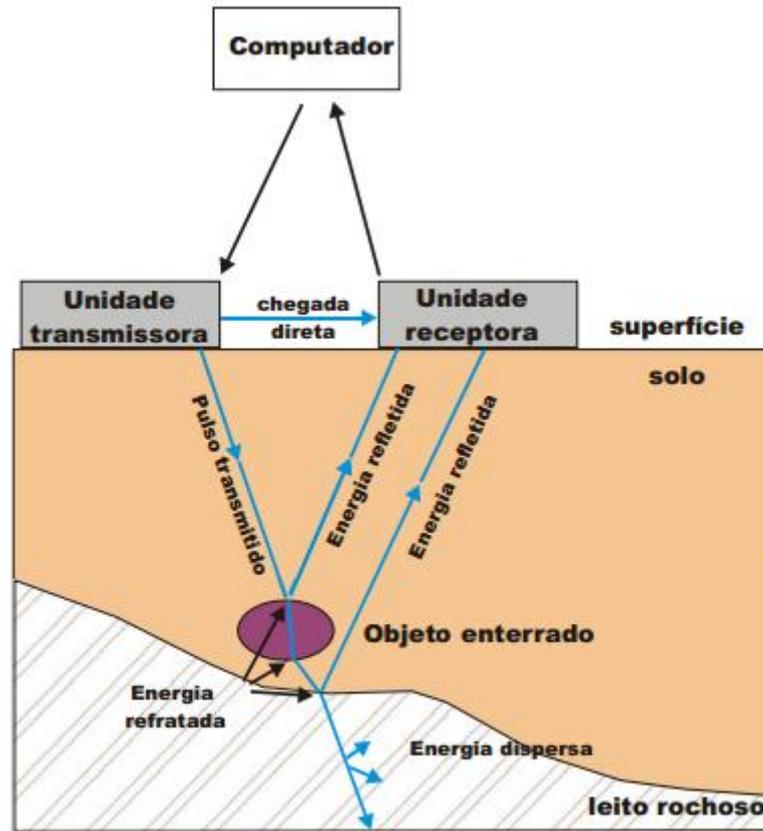
Reflexão do sinal EM

Sinal amplificado, digitalizado e gravado

Processamento dos dados



Método GPR



Fonte: Modificado de EPA 2003, acessado http://fate.clu-in.org/GPR_main.asp#table em jun 2005.



Velocidade de Propagação

Permissividade dielétrica do meio

Constante de Atenuação

Condutividade elétrica do meio

Coeficiente de reflexão

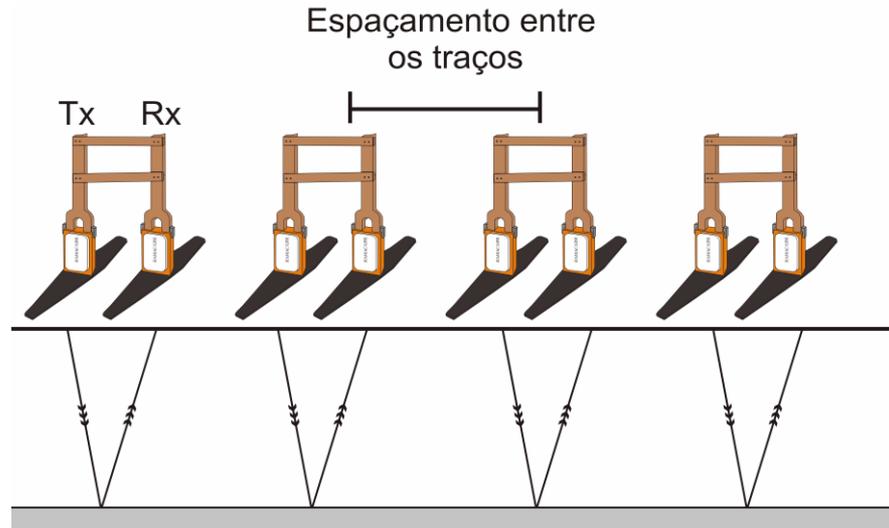
Permissividade dielétrica, condutividade elétrica e permeabilidade magnética

- **Altas frequências** – maior resolução vertical e menor profundidade de investigação.
- **Baixas frequências** – menor resolução vertical e maior profundidade de investigação.

Frequência Central (MHz)	Profundidade Máxima de Penetração (m)
500	1
300	1.5
200	2.5
100	4.5

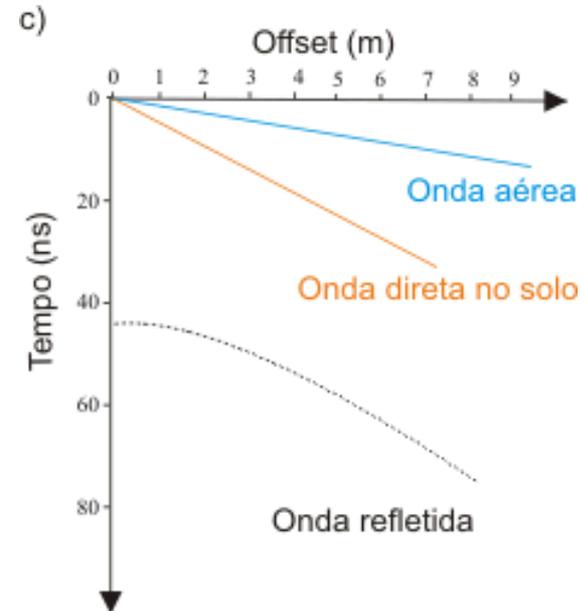
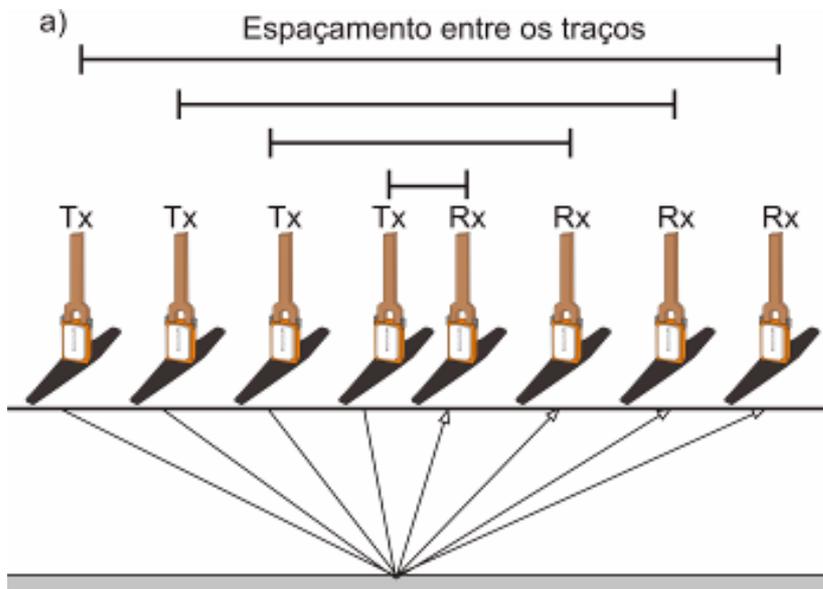


Aquisição dos dados



Técnicas GPR:
Perfil de reflexão
WARR e CMP

Antenas
MHz - GHz



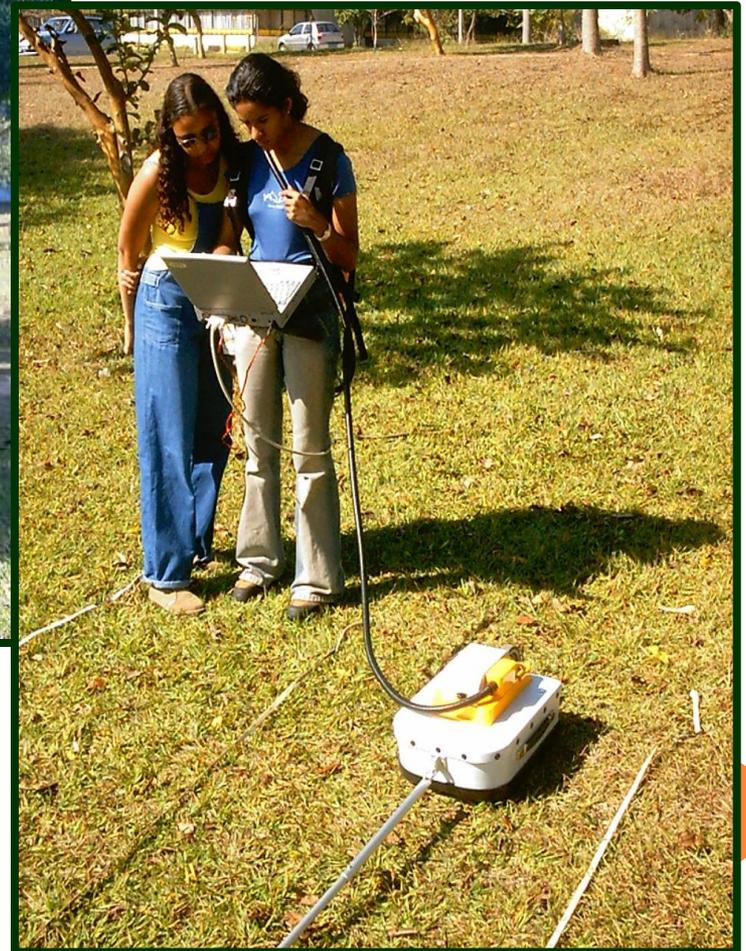
- Antenas não blindadas (modo passo-a-passo)



○ Antenas não blindadas (modo contínuo)



○ Antenas blindadas





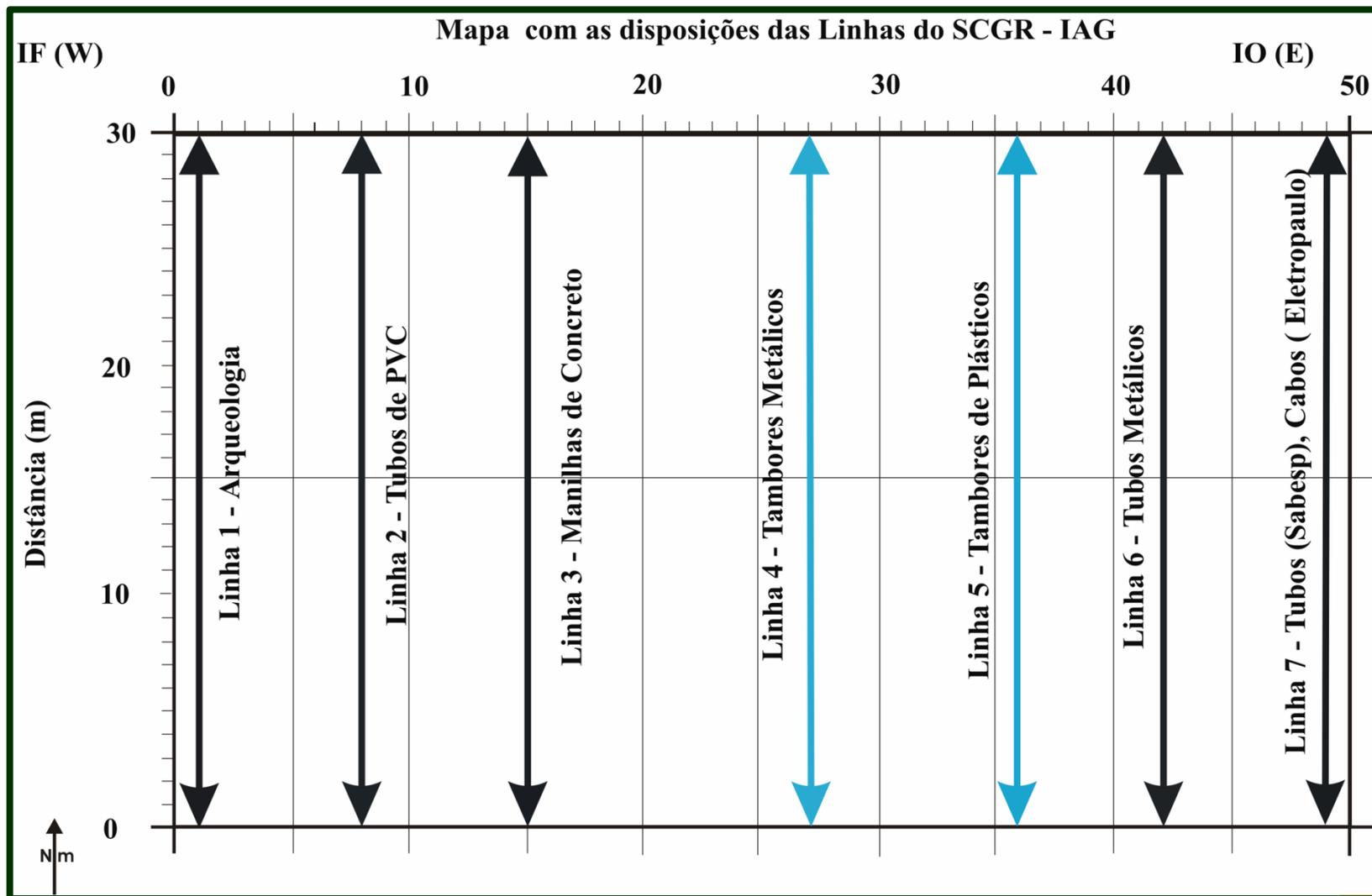
Tratamento dos dados



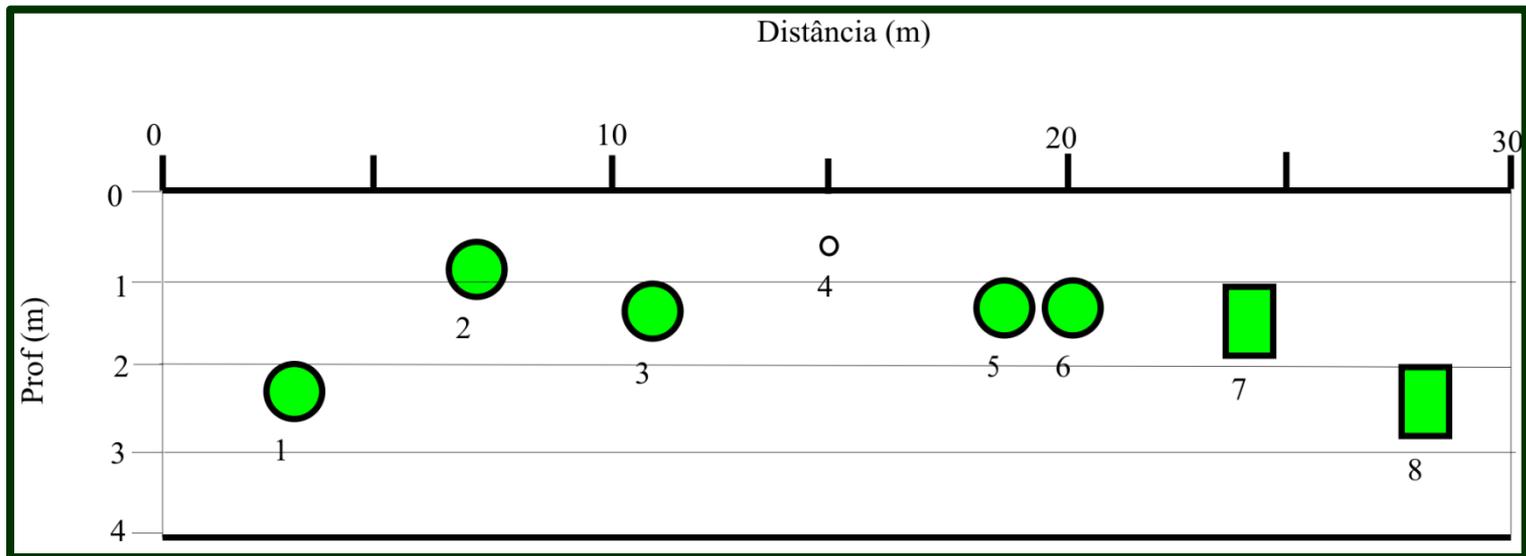
○ Aplicação do GPR: SCGR



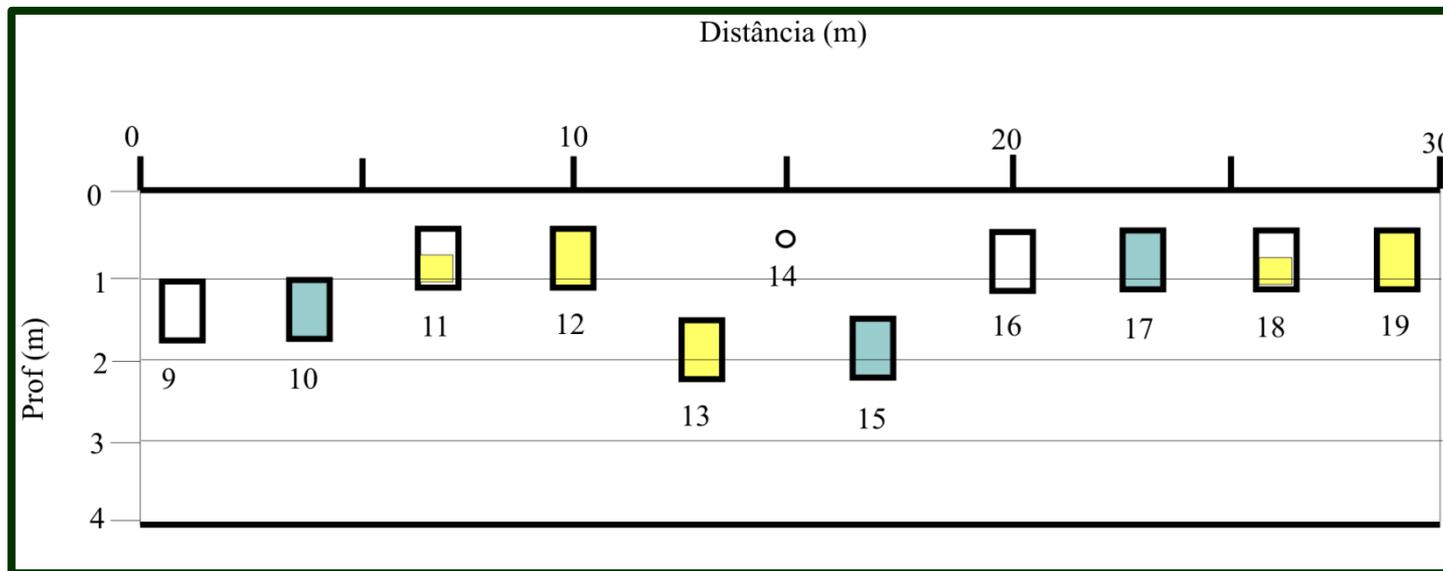
○ SCGR do IAG-USP



Linha 4: tambores metálicos feitos de aço carbono e pintados com tinta anti-ferrugem, com 86 cm de comprimento e 59 cm de diâmetro, espessura da parede de 0.12 cm



Linha 5: tambores de plásticos feitos de polietileno de alta densidade na coloração azul, com 69 cm de comprimento e 47 cm de diâmetro, espessura da parede de 0.18 cm



- **Conforme o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas (CETESB, 2001)** diferentes tipos de fontes potenciais geram resíduos que podem contaminar o solo, subsolo e águas subterrâneas:
 - Descarga de substâncias no subsolo ou no solo;
 - Armazenamento, tratamento ou disposição de substâncias;
 - Retenção de substâncias durante seu transporte;
 - Atividades planejadas;
 - Poços de monitoramento com falhas de construção; e
 - Atividades humanas.

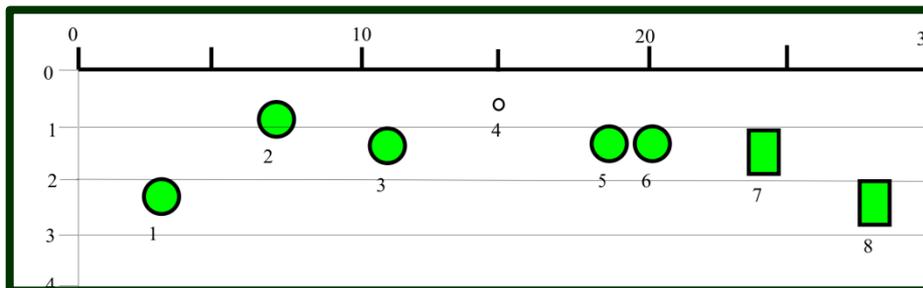
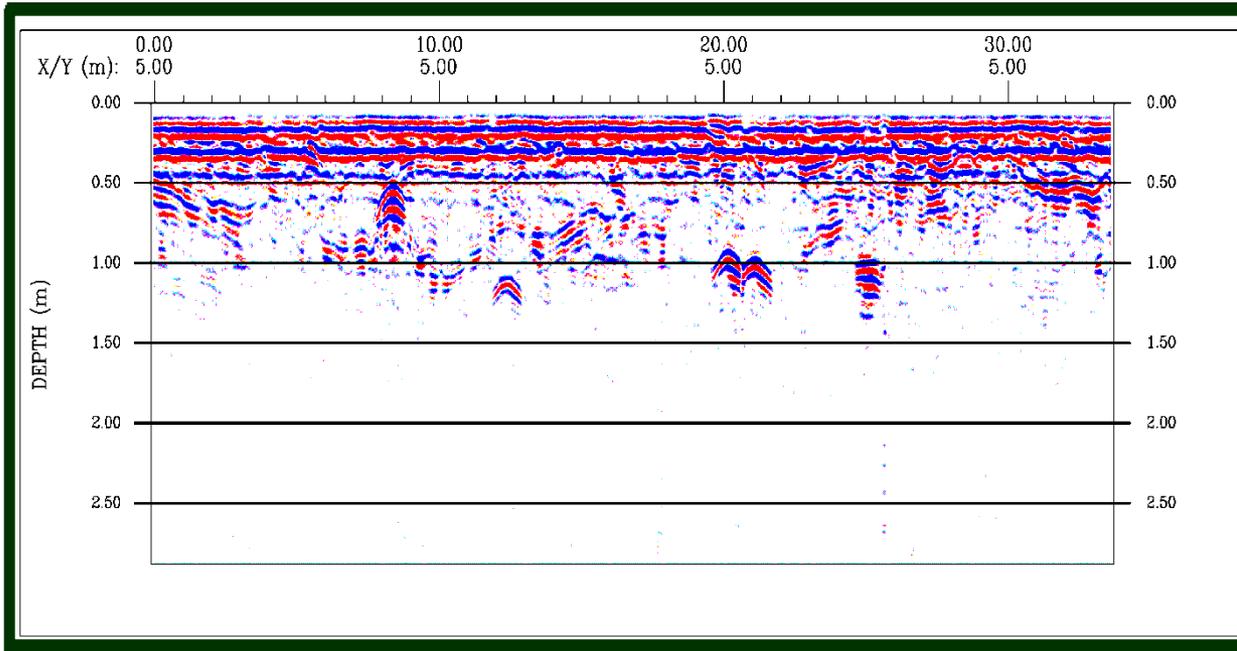
- **Instalação dos alvos sobre as linhas 4 e 5 – representações de situações reais referentes ao meio ambiente.**



Seções GPR – “depois” da instalação dos alvos

Linha 4

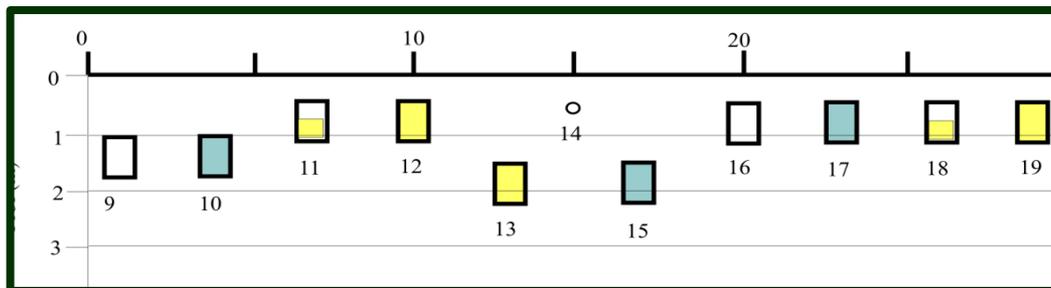
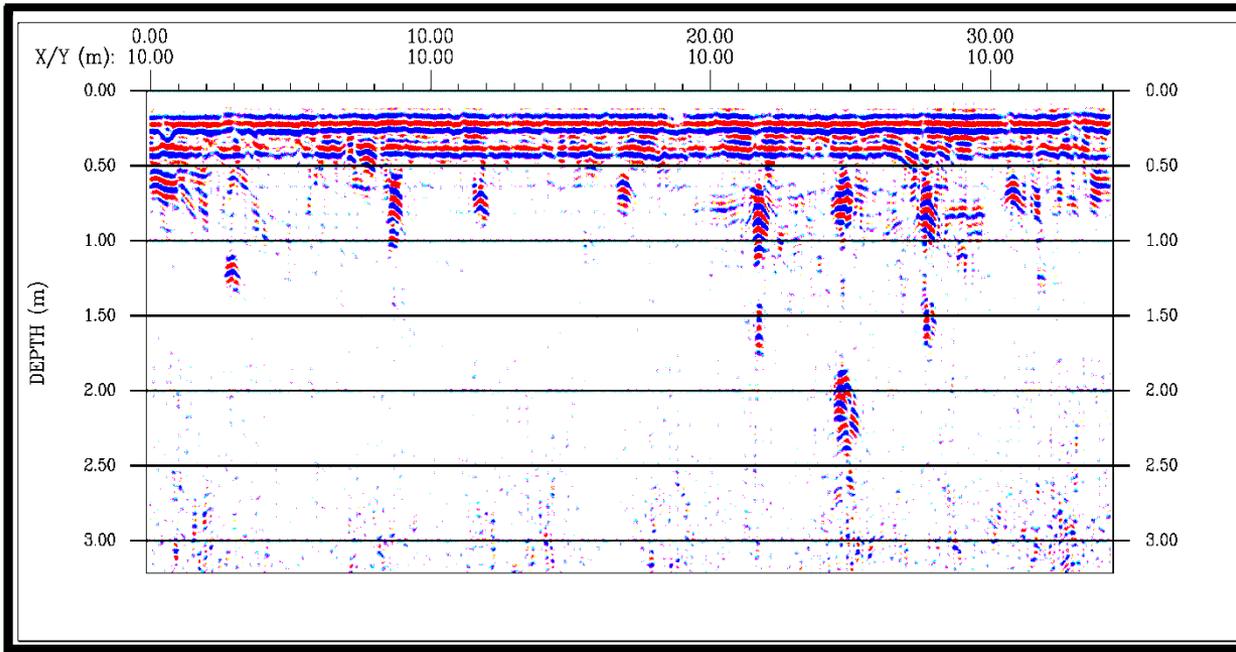
**Antenas blindadas de
500 MHz – modo
contínuo**



Alvo	Prof (m)
1	1.91
2	0.62
3	1.07
4	0.59
5	1.04
6	1.06
7	1.04
8	2.20

Linha 5

**Antenas blindadas de
500 MHz – modo
contínuo**



Alvo	Prof (m)
9	1.00
10	-
11	0.55
12	0.54
13	-
14	0.55
15	-
16	0.47
17	0.48
18	0.49
19	0.50

- ✓ Ambiguidade – um dos problemas na interpretação dos dados GPR (ex: tambor vazio ou preenchido com algum contaminante condutivo)
- ✓ Proposta além do SCGR, simulações numéricas das respostas – padrões...

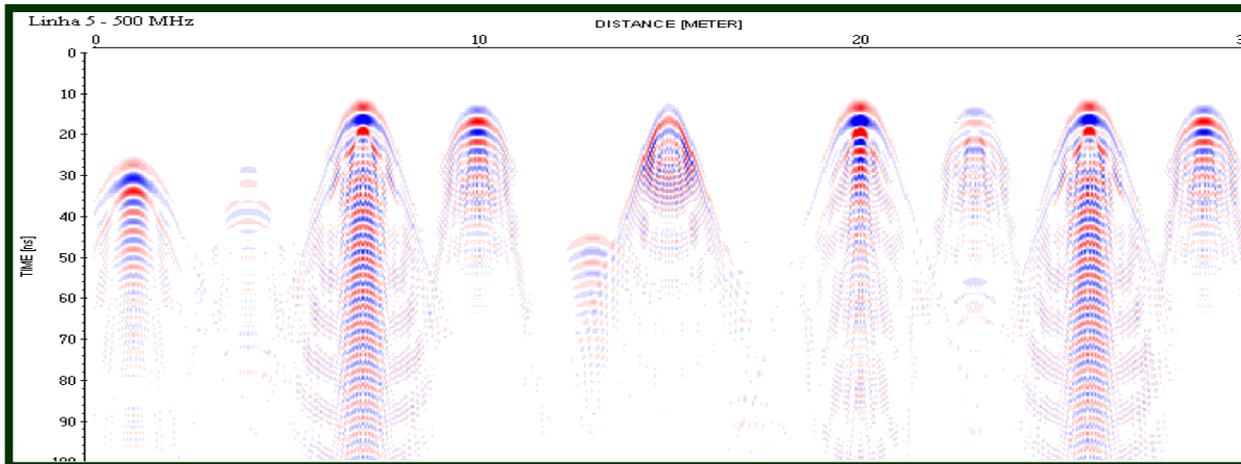


SIMULAÇÕES NUMÉRICAS GPR 2D

- **Parâmetros físicos**

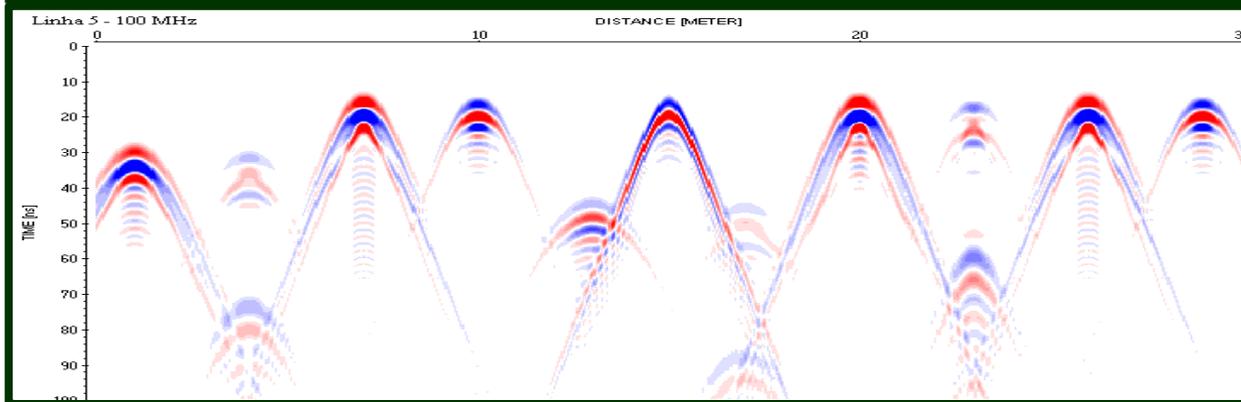
Alvos	Espessura do material (cm)	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)
Tambor metálico	0.1214	86	59
Tambor plástico	0.175	69	47
Cano metálico	0.13	5000	3.8

Material	ϵ_r	μ_r	σ (S/m)
Solo argiloso (<i>background</i>)	18	1	10^{-2}
Plástico	3.3	1	0
Ar	1	1	0
Água doce	81	1	5×10^{-4}
Água salgada	81	1	3
Metal	300	100	10^{10}

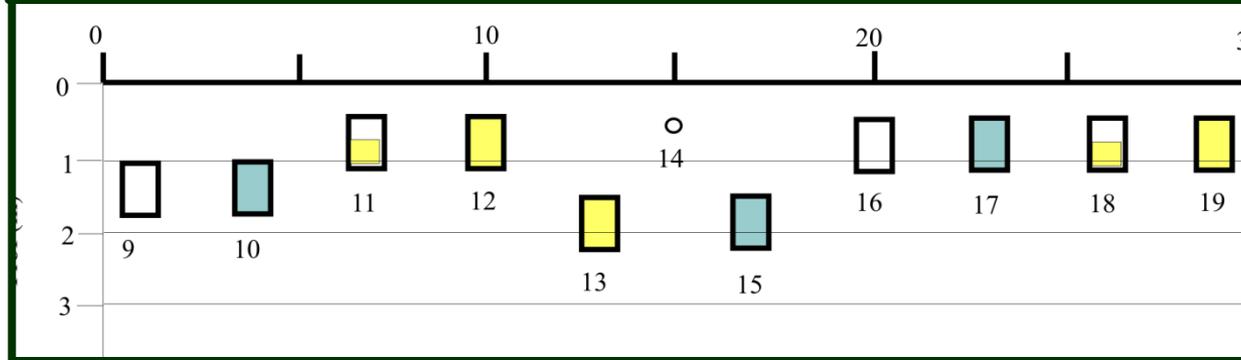


Linha 5

Antenas de 500 MHz

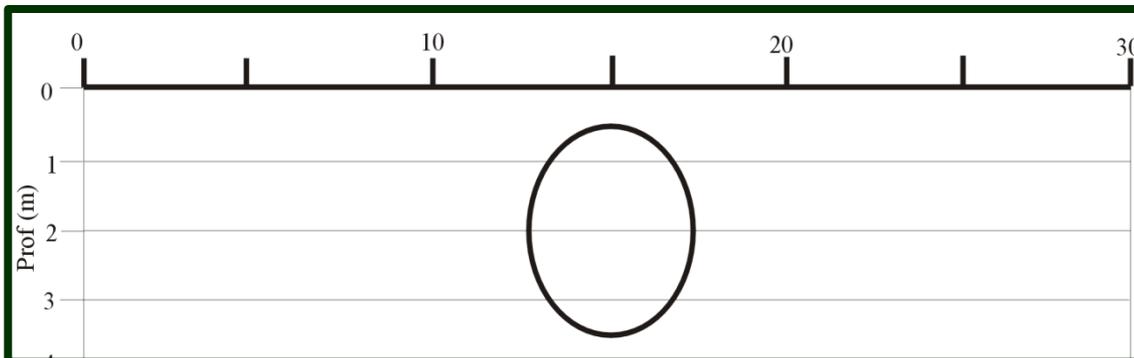
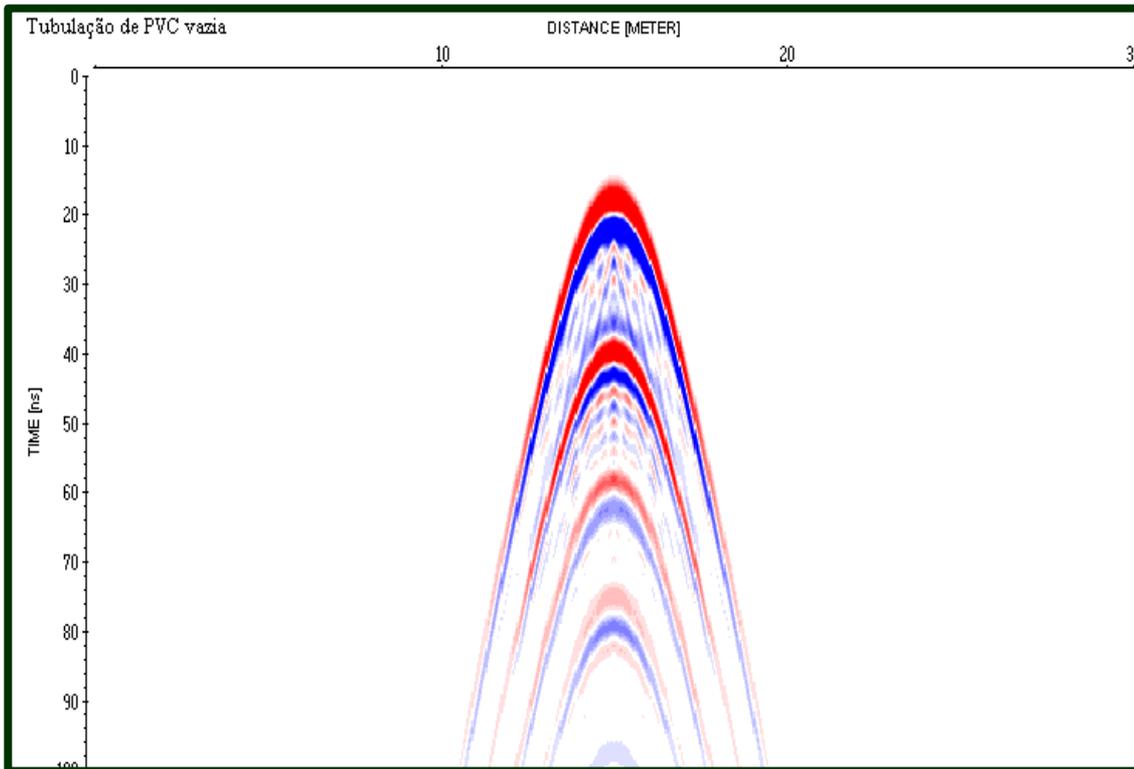


Antenas de 100 MHz



Topo do tambor

Prof (m)	T (ns)
1.5	42.86
1	28.57
0.5	14.28



**Antenas de
100 MHz**

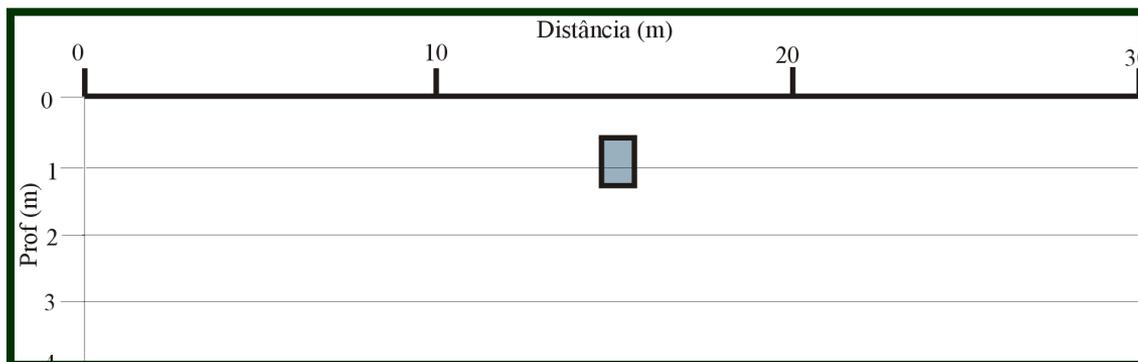
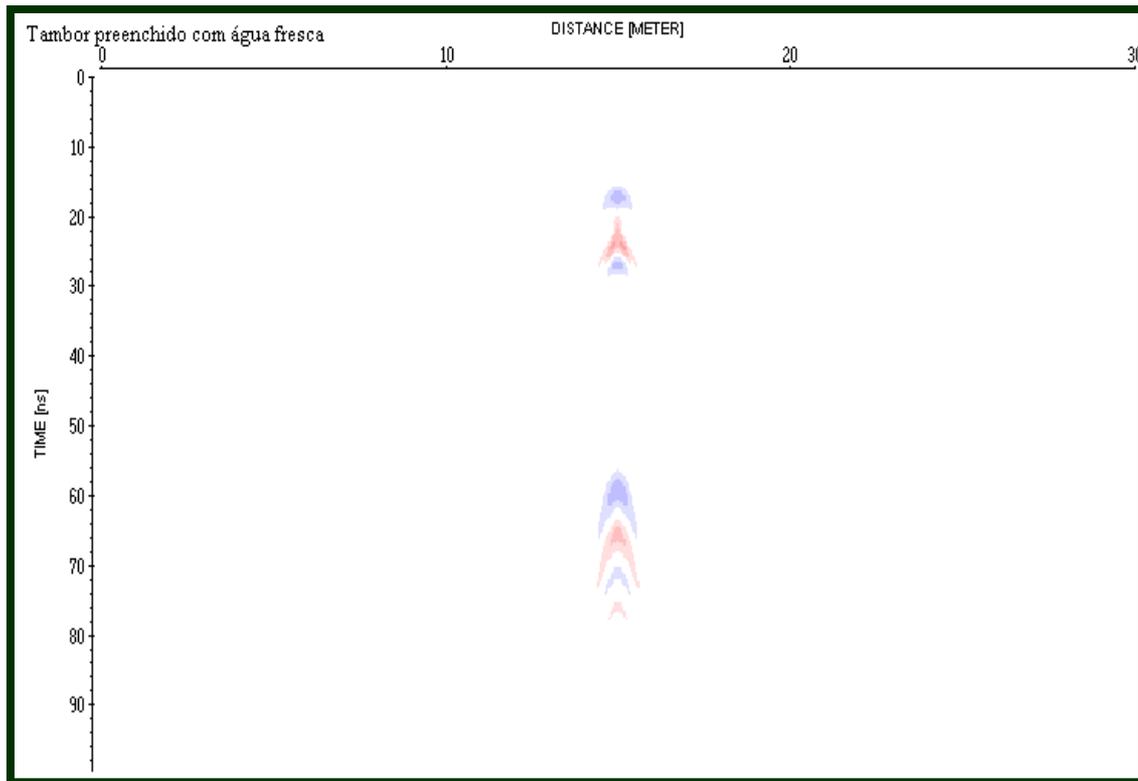
Topo do tambor

Prof (m)	T (ns)
0.5	14.28

Base do tambor

Prof (m)	T (ns)
3.5	34.28





**Antenas de
100 MHz**

Topo do tambor

Prof (m)	T (ns)
0.5	14.28

Base do tambor

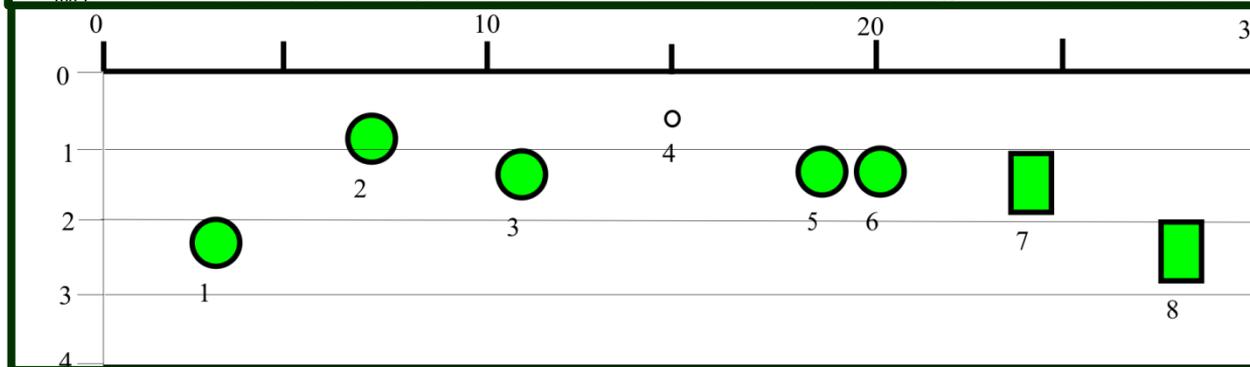
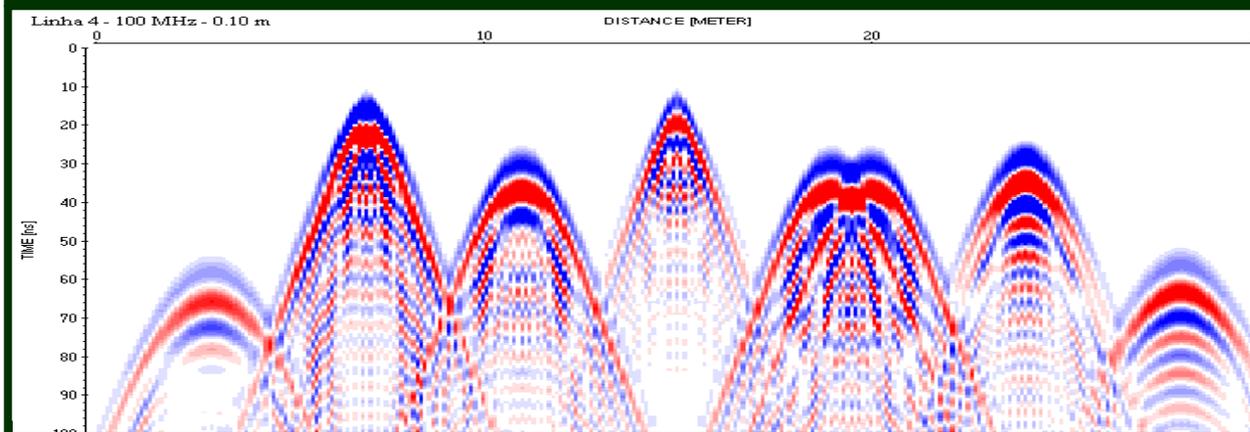
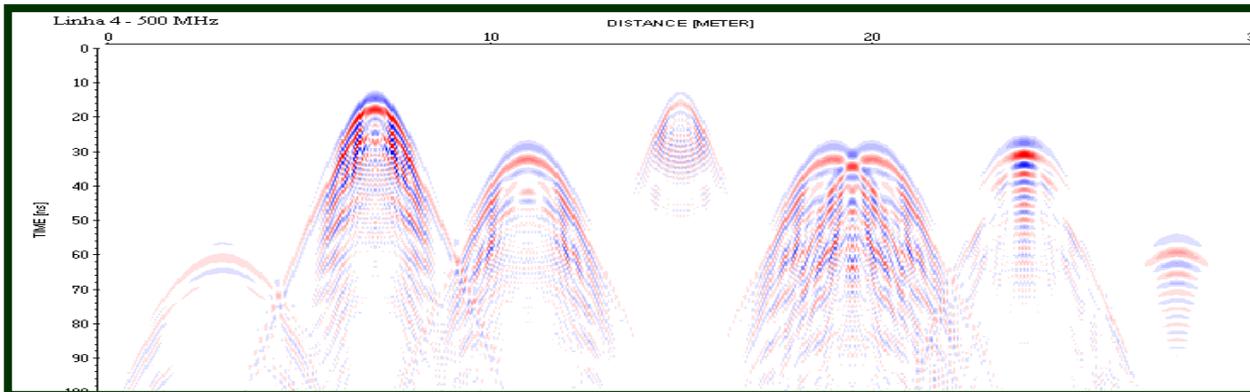
Prof (m)	T (ns)
1.19	56.09



○ Resultados das Simulações GPR 2D

Linha 4

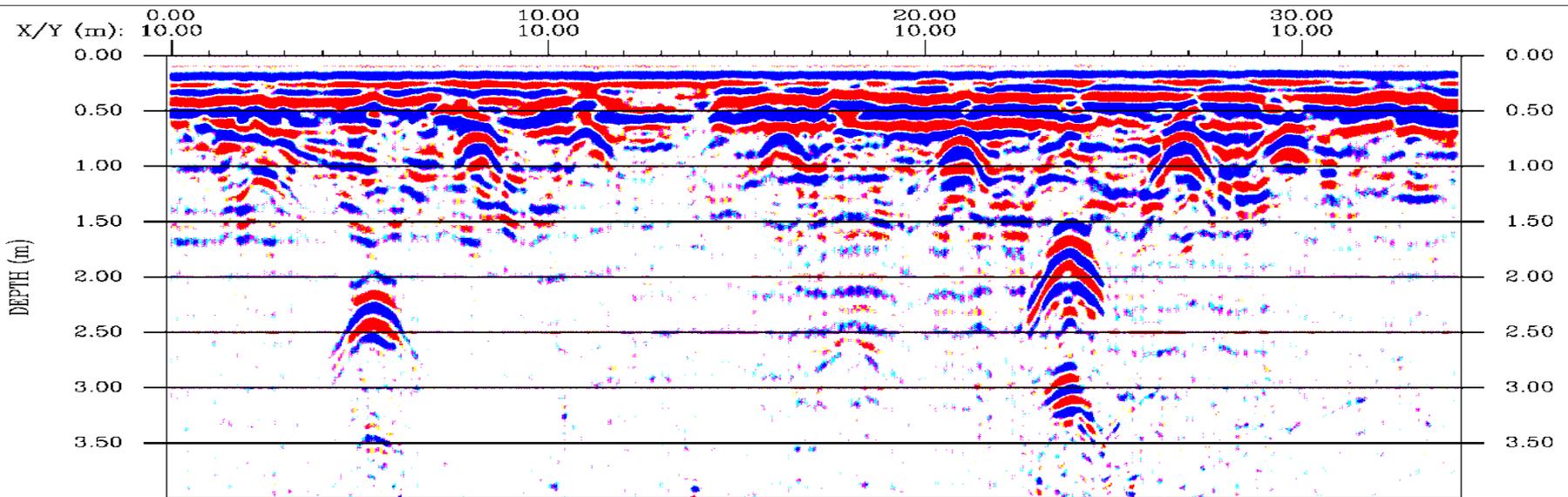
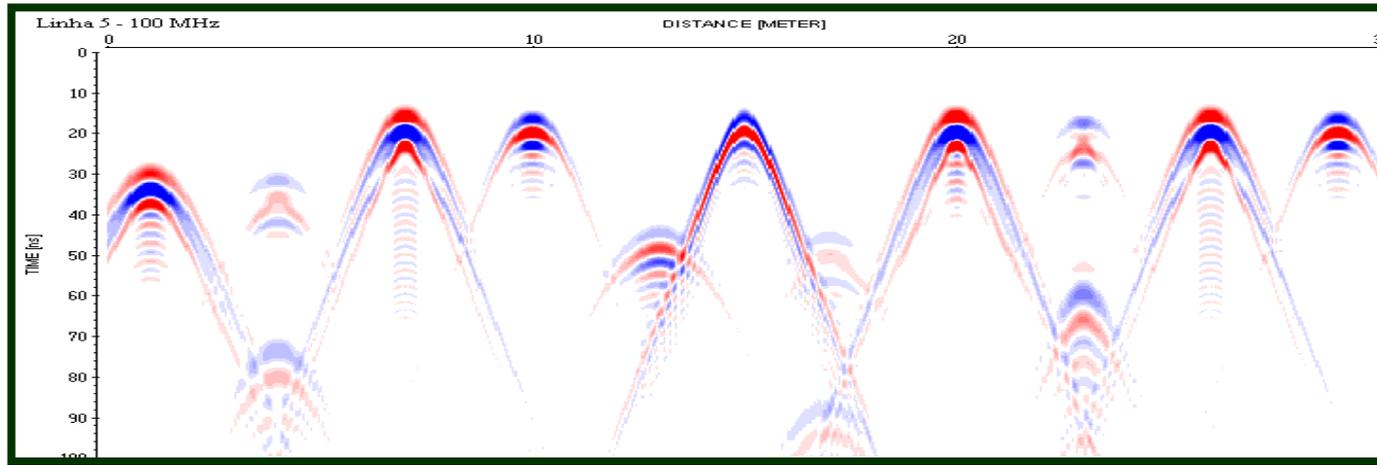
**Antenas de
500 MHz**



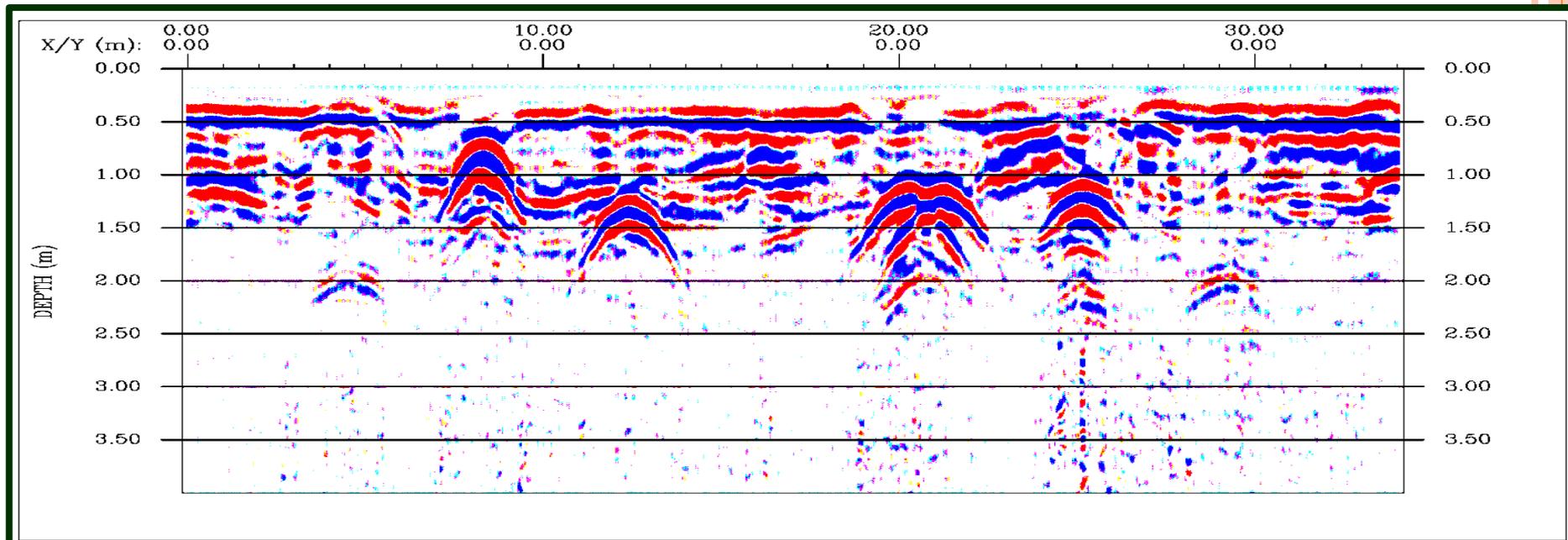
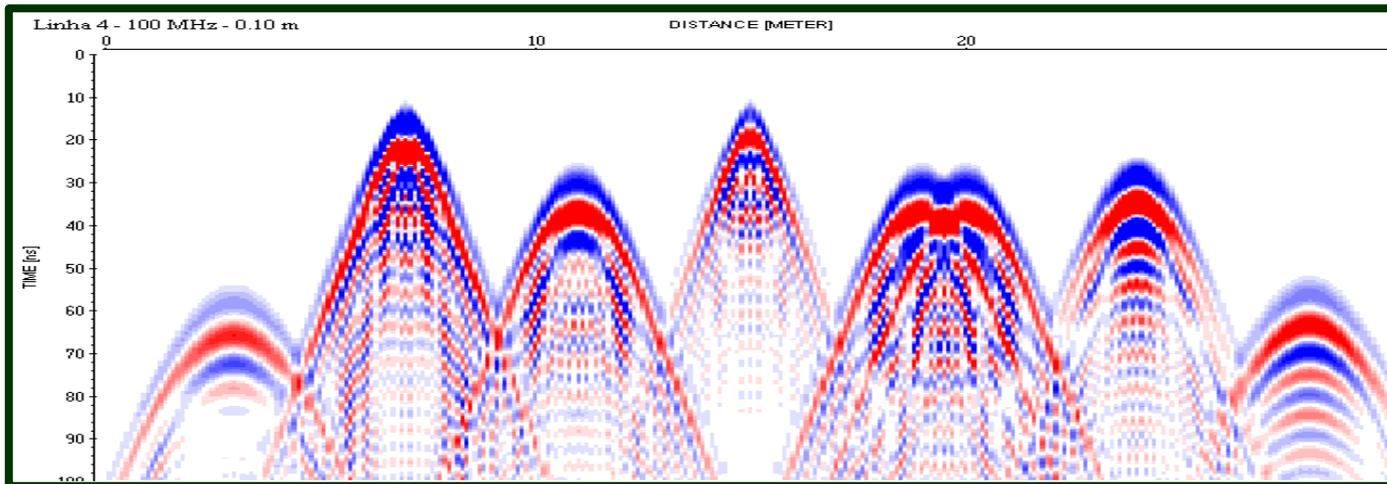
**Antenas de
100 MHz**



● Simulações Numéricas e Seções GPR



● Simulações Numéricas e Seções GPR



○ Outras aplicações ambientais

BERTOLLA, L. Levantamento GPR 4D sobre um derrame de óleo usado em transformadores de energia elétrica: Um estudo controlado em laboratório. 79p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

Neste trabalho foi realizado um levantamento GPR 4D em laboratório no qual foi simulado o vazamento de óleo de uma ETD - Estação de Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica.



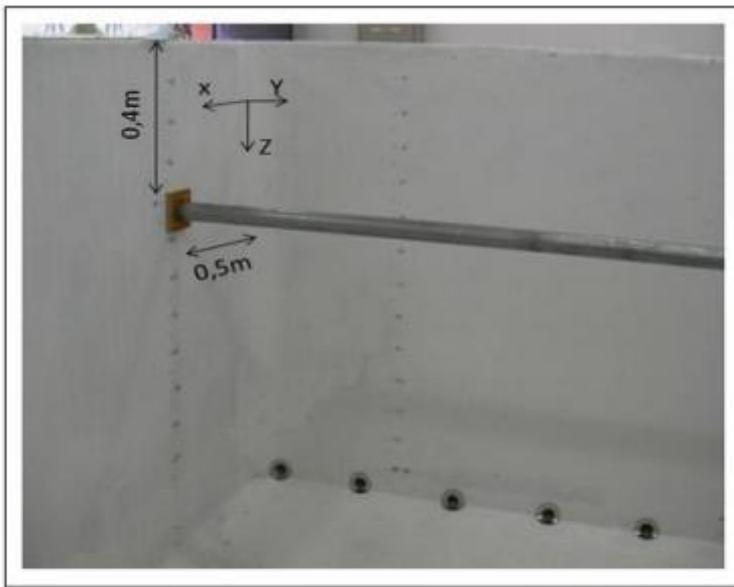


Figura 3.12: Fotografia do tanque de alvenaria para o experimento-2 contendo um tubo metálico guia e as medidas de sua posição.



Figura 3.3: Derrame de 15 litros do óleo alquibenzeno no tubo de PVC.



Figura 3.4: Antena GPR de 400 MHz modelo SIR-3000 (GSSI) sobre o trilho de madeira.



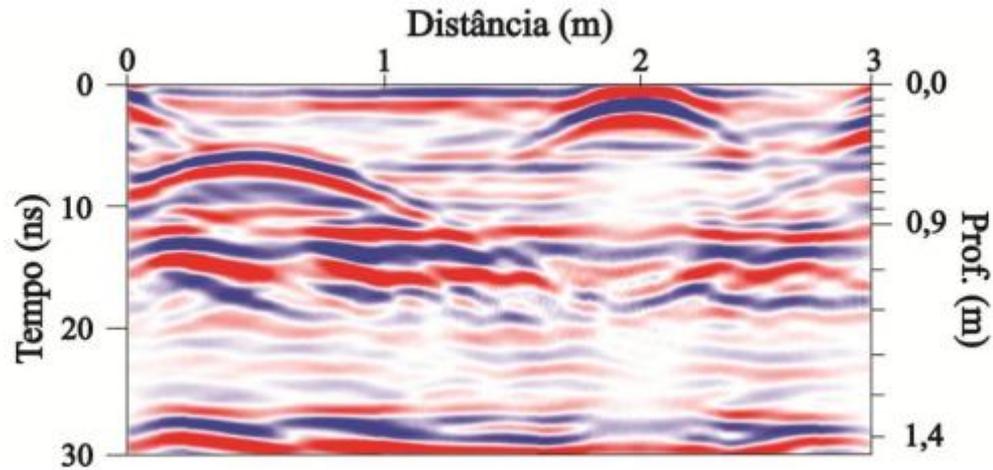


Figura 4.21: Perfil GPR de 400 MHz do experimento-2 para o background no tanque contendo o cano metálico guia, nível d'água e o tubo de PVC vertical.

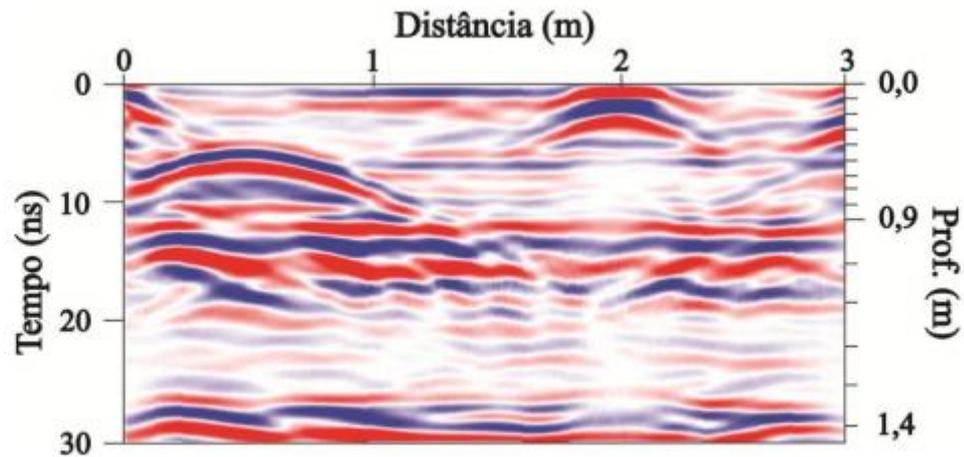


Figura 4.22: Perfil GPR de 400 MHz do experimento-2 adquirido no momento do derrame de óleo (0 minuto) no tanque contendo o cano metálico guia, nível d'água e o tubo de PVC vertical.



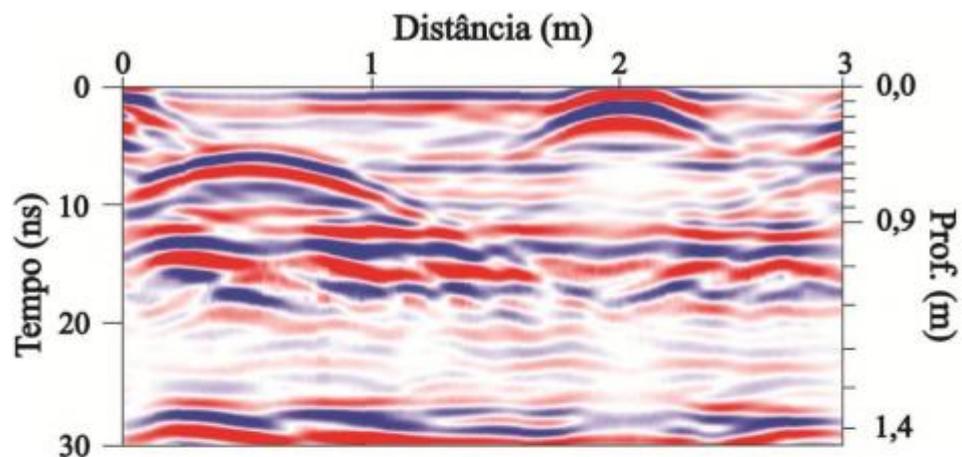


Figura 4.23: Perfil GPR de 400 MHz do experimento-2 adquirido 1 hora e 30 minutos após o derrame de óleo no tanque contendo o cano metálico guia, nível d'água e o tubo de PVC vertical.

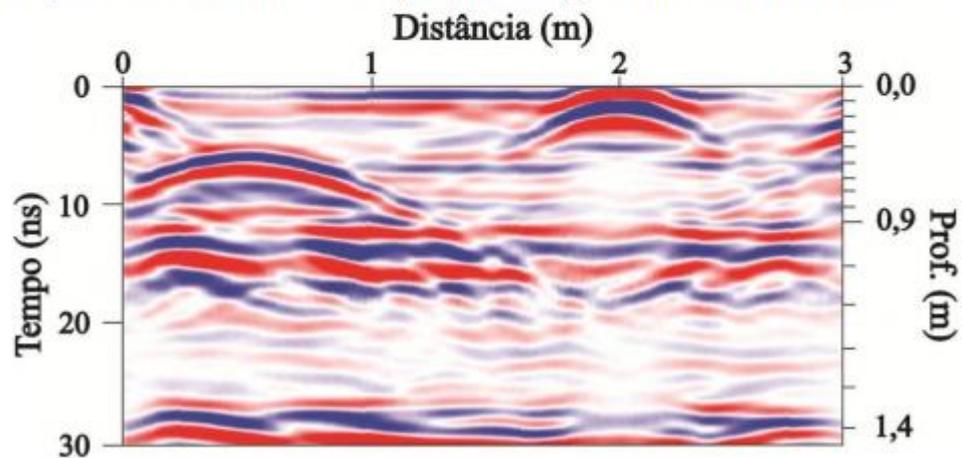


Figura 4.24: Perfil GPR de 400 MHz do experimento-2 adquirido 2 horas após o derrame de óleo no tanque contendo o cano metálico guia, nível d'água e o tubo de PVC vertical.



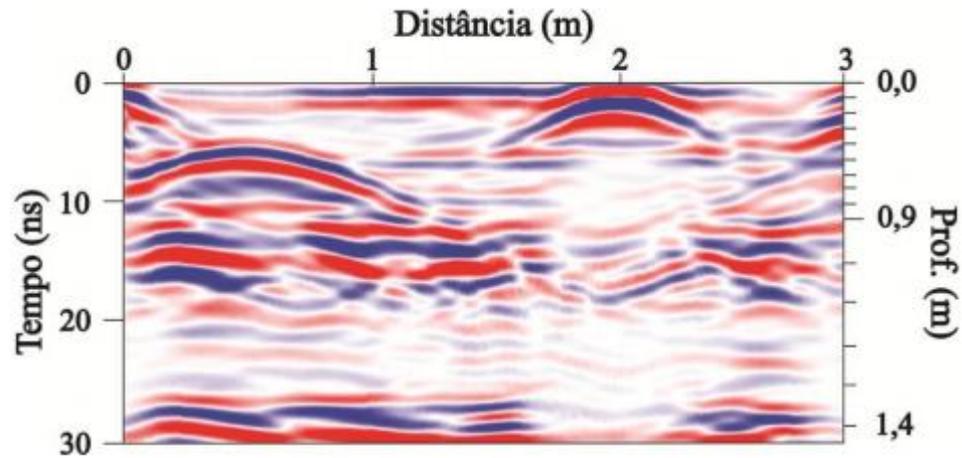


Figura 4.25: Perfil GPR de 400 MHz do experimento-2 adquirido 120 horas (5 dias) após o derrame de óleo no tanque contendo o cano metálico guia, nível d'água e o tubo de PVC vertical.

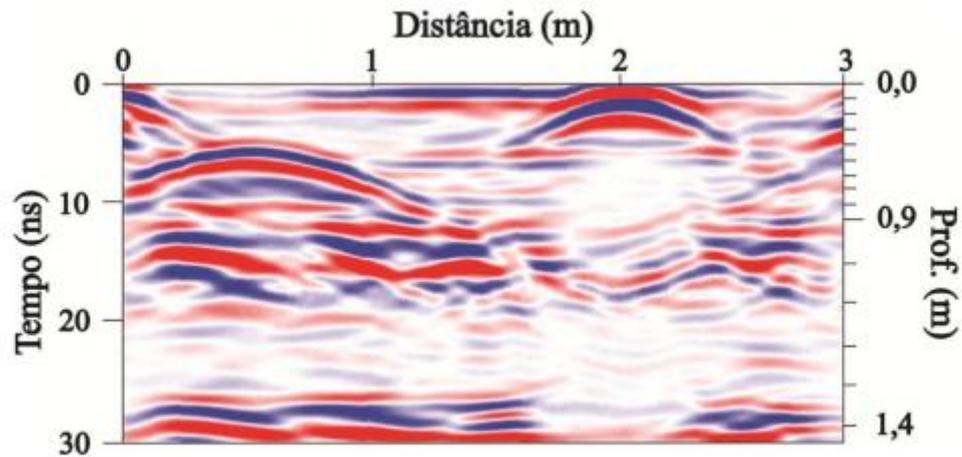


Figura 4.26: Perfil GPR de 400 MHz do experimento-2 adquirido 288 horas (12 dias) após o derrame de óleo no tanque contendo o cano metálico guia, nível d'água e o tubo de PVC vertical.



○ Aplicações ambientais



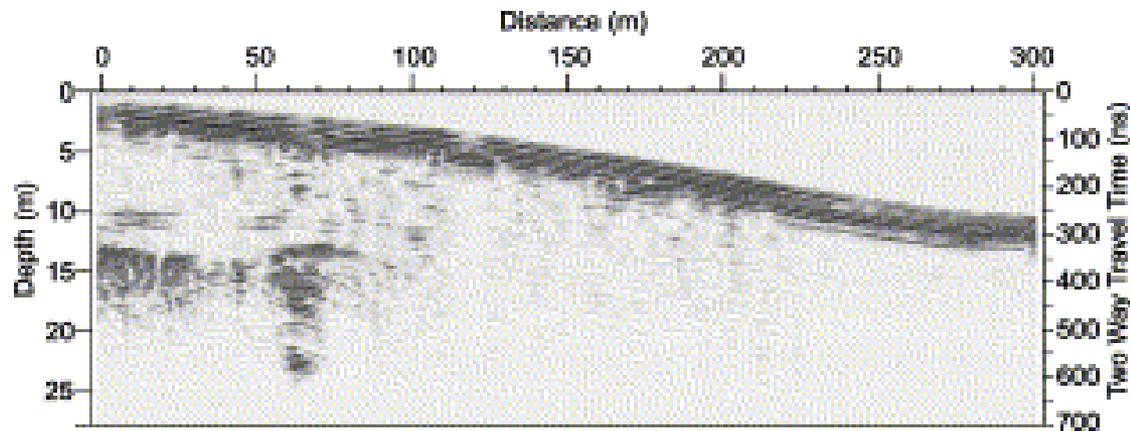
Journal of Applied Geophysics

Volume 55, Issues 3–4, March 2004, Pages 199–209



The use of GPR and VES in delineating a contamination plume in a landfill site: a case study in SE Brazil

Jorge L. Porsani ^a, , Walter M. Filho^b, Vagner R. Elis^a, Fisseha Shimeles^a, João C. Dourado^b, Helyelson P. Moura^b



GPR profile L7 acquired with 50-MHz antennae,



○ Outras aplicações ambientais

Bowders Jr. et al. (1982) – avaliação do GPR na detecção e localização de *containers* dispostos em um solo arenoso.

Lord Jr. & Koerner (1988) – detecção de resíduos perigosos dispostos em *containers* através de quatro métodos: EMI, MD, MAG e GPR.

Olhoeft et al. (1994) – testes com sistemas GPR aéreos e de superfície para determinar a viabilidade do método na localização de objetos enterrados.

Daniels et al. (1994) – detecção de hidrocarbonetos em diferentes épocas do ano.

Herman & Singh (1994) – localização e recuperação automática de objetos enterrados em uma caixa de areia.

Zeng & McMechan (1997) – apresentação de dados GPR reais obtidos em uma área de testes controlados.

Muito obrigada!

