



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

GEOFÍSICA APLICADA ÀS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: CASOS DE ESTUDO DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E EVOLUÇÕES TEMPORAIS DA RESISTIVIDADE ELÉCTRICA

Rogério Mota

LNEC - Departamento de Geotecnia - Núcleo de Geologia de Engenharia e
Geotecnia Ambiental



Faculdade de Ciências UL

Dep. Física - Fernando Monteiro dos Santos

Dep. Geologia - A. Mateus, J. Figueiras, F. Ornelas, M. Gonçalves

Universidade do Algarve

Joaquim Luís

DRAA

Clara Lopes

LNEC

Dep. Hidráulica e Ambiente - NAS

J.P. Lobo Ferreira, Teresa E. Leitão, C. Diamantino, M.J. Henriques

Dep. Geotecnia - NGEA

Magda Roque, Celeste Jorge



Sumário:

Caso 1 – Estudo na envolvente de uma lixeira encerrada

Caso 2 – Estudo de um local onde ocorreu um derrame de hidrocarbonetos

Caso 3 – Estudos da evolução temporal da resistividade eléctrica

Caso 4 – Prospeccção em áreas mineiras



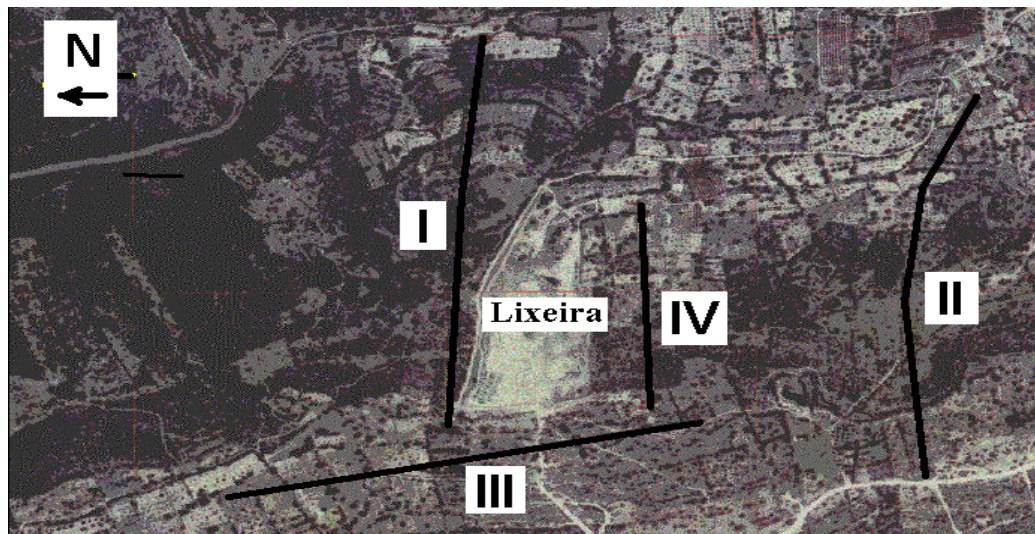
Caso 1

Estudo na envolvente de uma lixreira encerrada (ambiente cársico)

GEOFÍSICA APLICADA ÀS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: CASOS DE ESTUDO DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E EVOLUÇÕES TEMPORAIS DA RESISTIVIDADE ELÉCTRICA



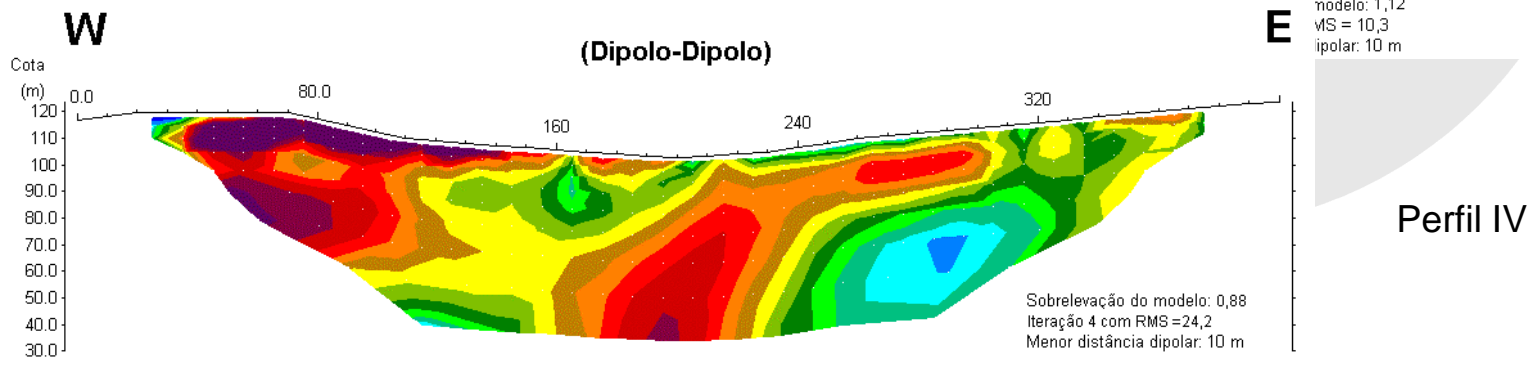
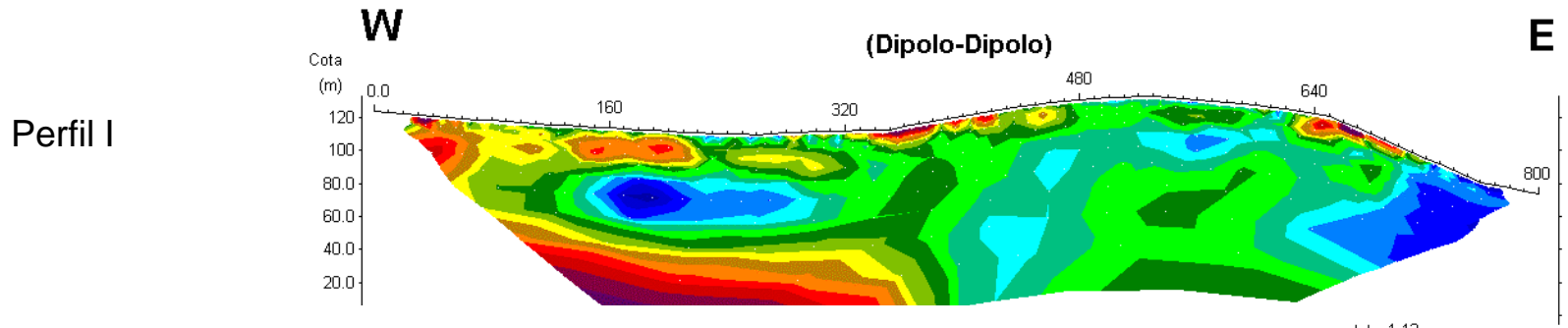
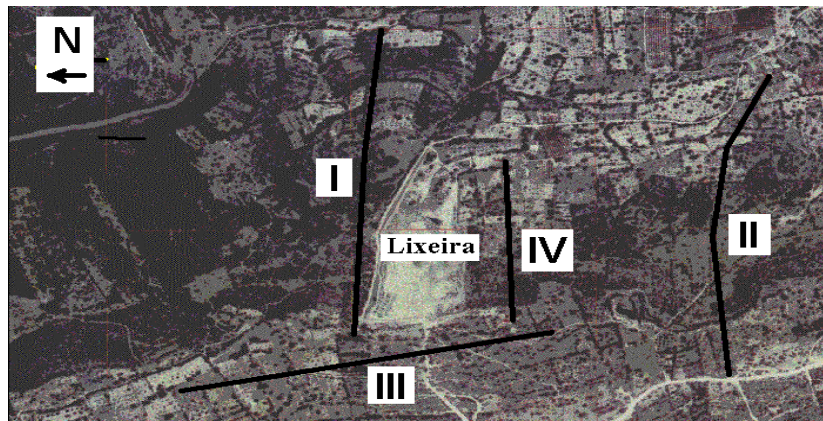
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



GEOFÍSICA APLICADA ÀS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: CASOS DE ESTUDO DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E EVOLUÇÕES TEMPORAIS DA RESISTIVIDADE ELÉCTRICA



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



Resistividade (Ohm-m)



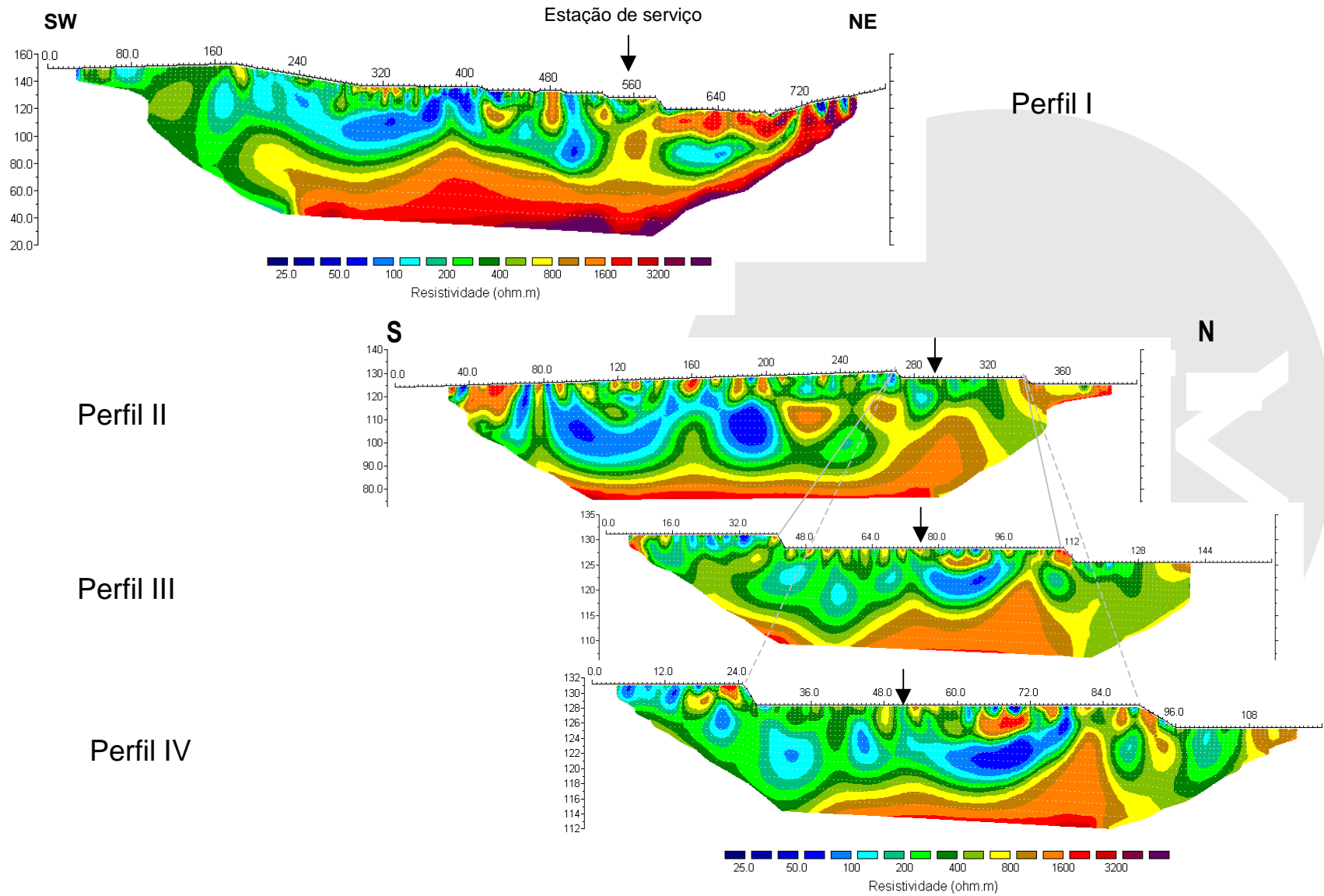
Caso 2

Estudo de um local onde ocorreu um derrame de hidrocarbonetos (granitos)

GEOFÍSICA APLICADA ÀS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: CASOS DE ESTUDO DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E EVOLUÇÕES TEMPORAIS DA RESISTIVIDADE ELÉCTRICA



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



- Identificação da zona de captação de águas subterrâneas (extremo NW do perfil I);
- Região superficial (cerca de 40 m de espessura) com baixa resistividade eléctrica que corresponderá a uma zona de alteração do maciço, com maior conteúdo em água, cuja origem será superficial (chuva+nascentes);
- Nos perfis de maior detalhe:
 - ➔ região de baixa resistividade eléctrica, que se encontrará correlacionada com uma zona fracturada do maciço rochoso, por onde circulam as águas subsuperficiais;
 - ➔ sobre esta anomalia identificou-se uma outra nos perfis III e IV, com cerca de 9 m de extensão (entre as coordenadas 63 e 72 de DD1) e um máximo de 2 m de espessura (a cerca de 1 m abaixo da superfície do terreno). Tendo em consideração a envolvente geológica – terrenos de cobertura e granito alterado - e a respectiva assinatura geofísica – região de baixa resistividade devida à presença de água que preenche os vazios do terreno -, correlaciona-se prioritariamente esta anomalia com uma bolsa de hidrocarbonetos, que se encontram num processo não finalizado de biodegradação.



Caso 3

Estudos da evolução temporal da resistividade eléctrica

Em que consiste a evolução temporal da resistividade eléctrica?

Estudo de um meio geológico em diferentes períodos temporais (igualmente espaçados, ou não)

Áreas de aplicação:

- ➔ Ambiente (identificação/acompanhamento de plumas contaminantes)
- ➔ Hidrologia
- ➔ Agricultura (rega, silvicultura,...)

Obtenção de uma situação de referência

Estudo realizado sob condições meteorológicas semelhantes

Invariabilidade espacial dos dispositivos utilizados

Análise dos resultados:

- ➔ Qualitativa
- ➔ Quantitativa - $\nabla \triangleright$ %

Caso de estudo 3.1 Monitorização de um aterro sanitário

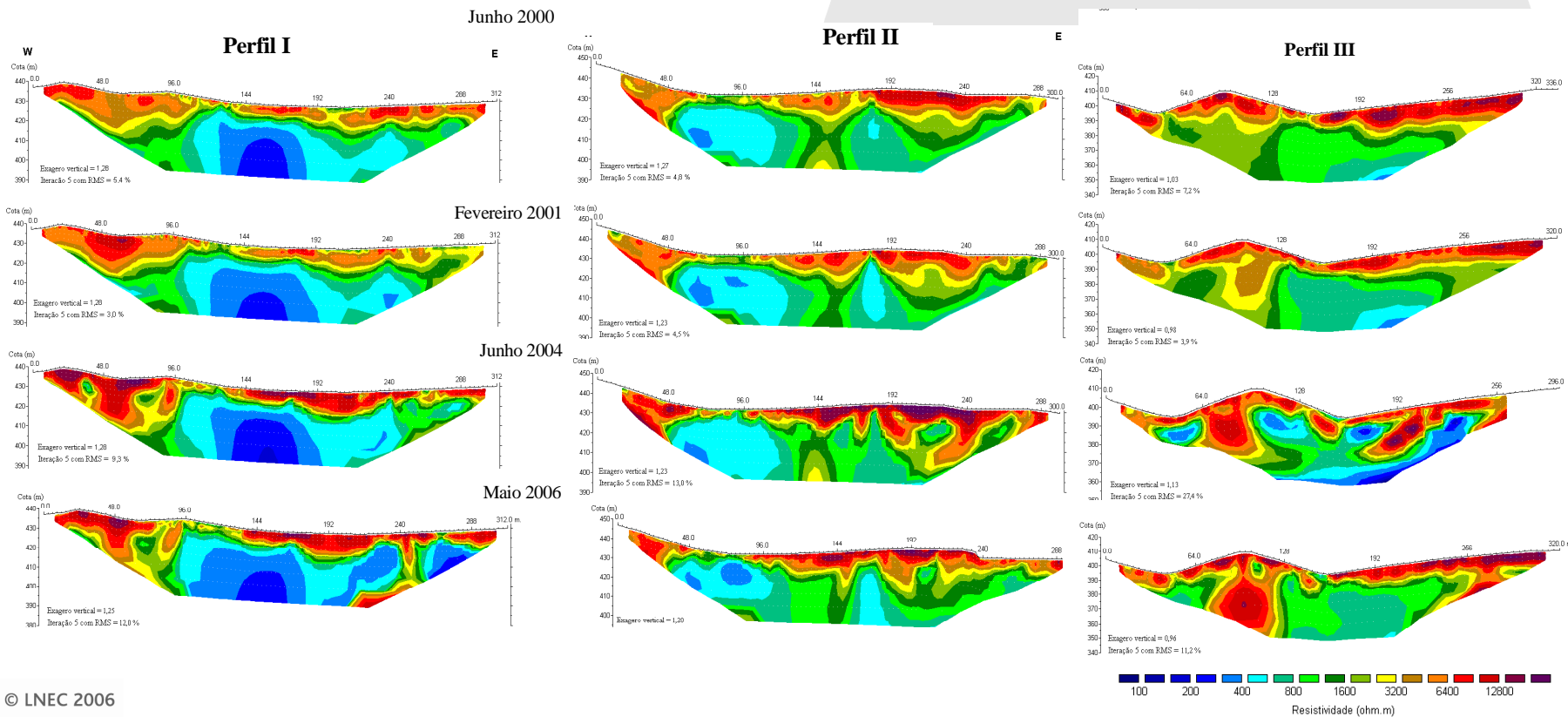
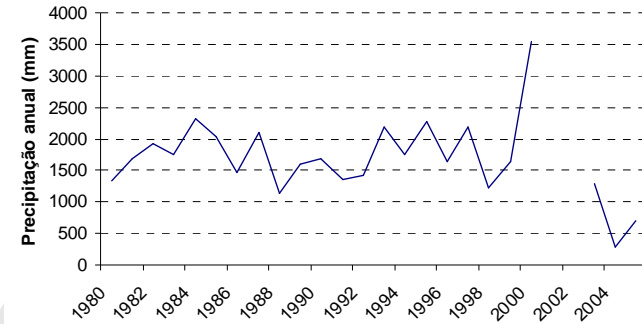
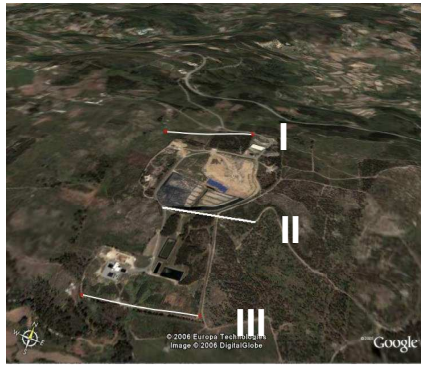


Aterro instalado no topo de uma elevação há cerca de 10 anos.

O ambiente geológico é caracterizado por um meio rochoso (granito), por vezes aflorante, com algumas fracturas.

Execução de 3 perfis de resistividade eléctrica com o dispositivo de Wenner, em 4 períodos distintos, entre 2000 e 2006.

GEOFÍSICA APLICADA ÀS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: CASOS DE ESTUDO DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E EVOLUÇÕES TEMPORAIS DA RESISTIVIDADE ELÉCTRICA



Principais conclusões:

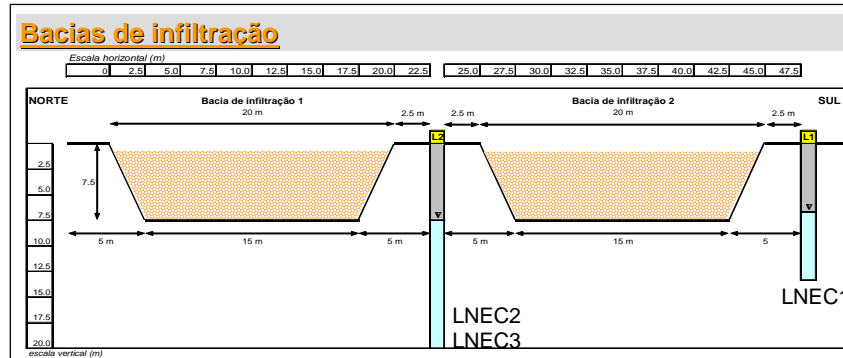
Identificação de uma pluma de contaminação, que estará associada a uma circulação de lixiviado, pelas fracturas do maciço rochoso onde se encontra instalado o aterro, e que se mantém relativamente estável ao longo do tempo.

O grau de contaminação não é elevado - encontra-se abaixo dos parâmetros legais - o que será devido ao baixo volume que sai do sistema e à sua diluição na água que circula nas fracturas .

GEOFÍSICA APLICADA ÀS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS: CASOS DE ESTUDO DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E EVOLUÇÕES TEMPORAIS DA RESISTIVIDADE ELÉCTRICA



LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



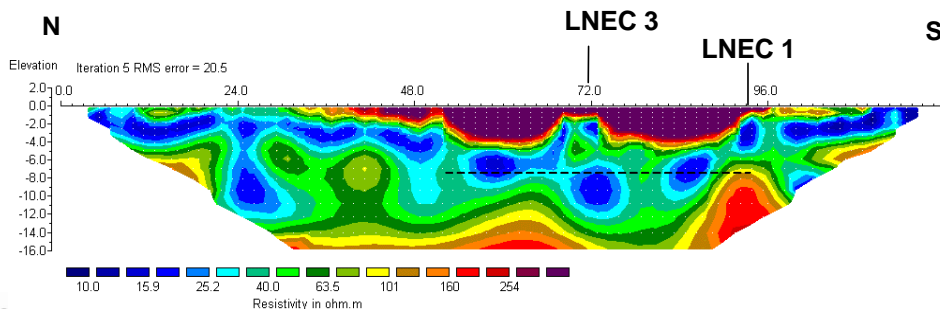
Ensaio de recarga artificial, seguido de um ensaio de traçador na bacia de infiltração localizada a sul.

Duração total dos ensaios = 7 dias

Fonte de água - aquífero profundo, através da extracção de água realizada no furo LNEC3.

Traçador utilizado - 500 kg de NaCl

Perfil de resistividade eléctrica ao longo do leito do rio, atravessando as duas bacias, repetindo-se as leituras com intervalos de tempo de cerca de 12 horas durante o ensaio de traçador.



© LNEC 2000



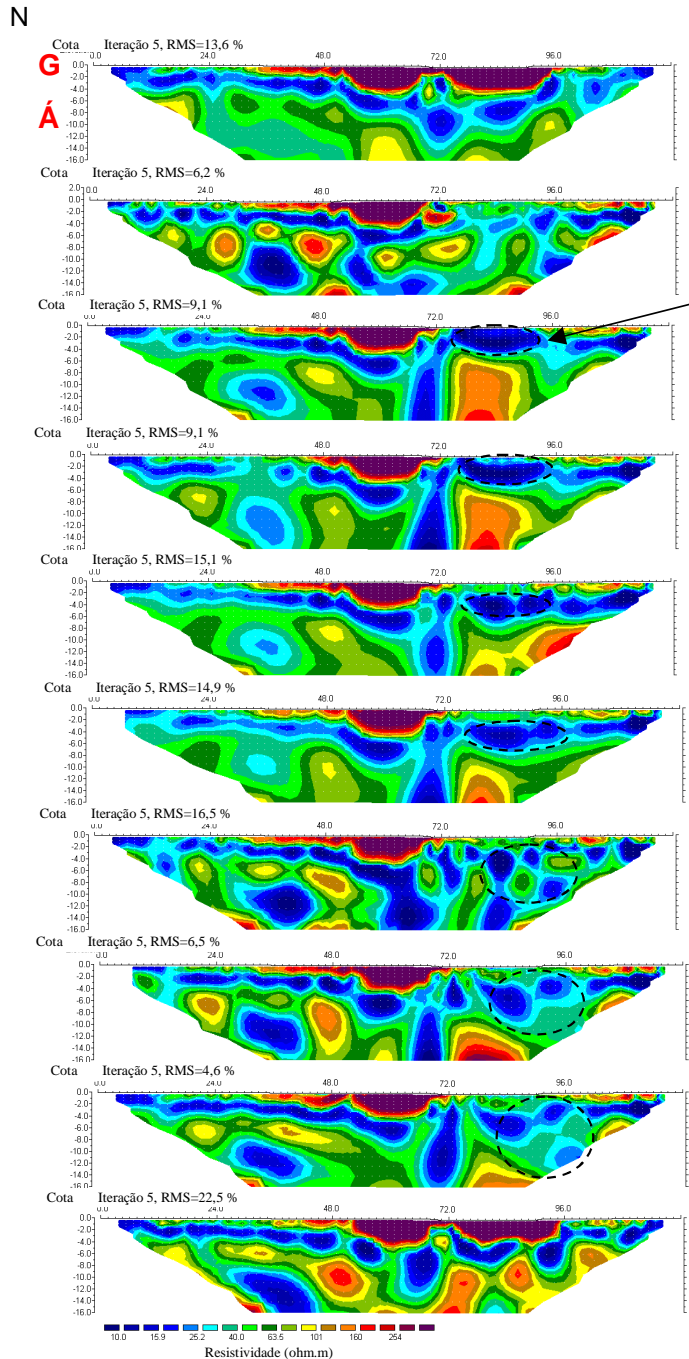
Referência



Injecção de água



Colocação do traçador



S

2 de Maio
(situação de referência antes
do enchimento da bacia)

7 de Maio
(situação de referência com a bacia saturada)

Traçador salino
8 de Maio 10h:55

8 de Maio 17h:15

9 de Maio 8h:30

9 de Maio 16h:31

10 de Maio 8h:35

10 de Maio 17h:00

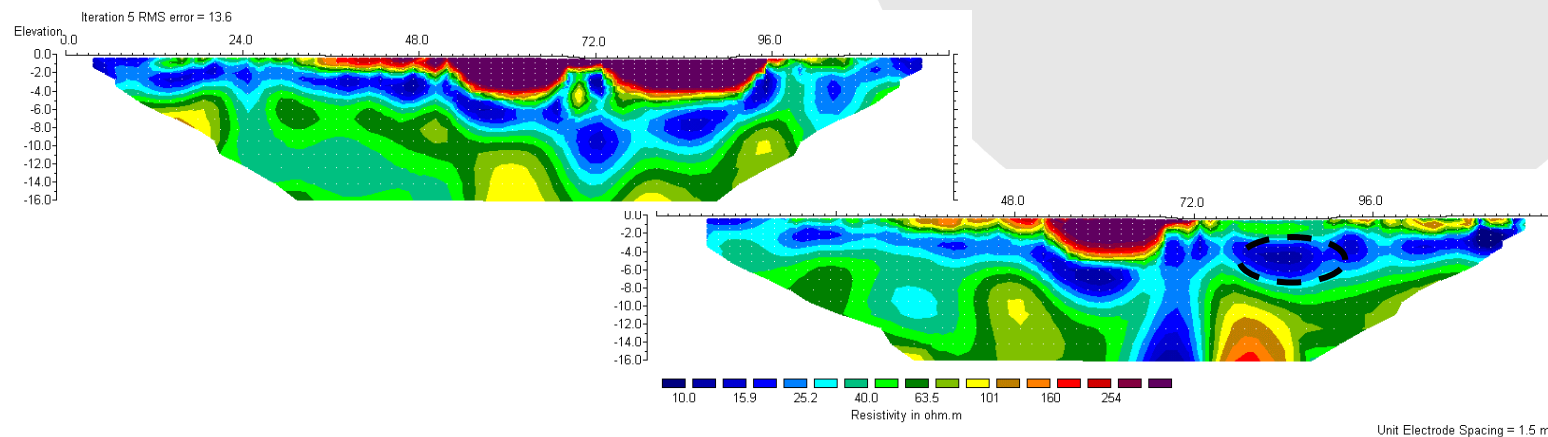
11 de Maio 14h:00

18 de Maio



Principais resultados:

- ♦ Clara identificação das bacias de infiltração e da sua geometria, caracterizadas por uma anomalia de elevada resistividade eléctrica, devido à presença de vazios;
- ♦ Acompanhamento da deslocação de uma anomalia de baixa resistividade eléctrica, devida à presença do traçador salino. Esta anomalia desloca-se de norte para sul, e em profundidade;
- ♦ Identificação de uma anomalia vertical de baixa resistividade no Perfil I (coordenada 72), cuja origem é o fluxo de água provocado pela bombagem, entre os dias 7 e 11 de Maio, mais evidente após extracção superior a 24 h (após 8 de Maio);
- ♦ Sete dias após o fim do ensaio, a bacia sul retomou a configuração da situação de referência. Contudo não foi possível, pela análise geofísica, determinar o momento exacto desta ocorrência, o que daria uma indicação da taxa de infiltração das formações subjacentes à bacia.





Caso 4

Prospecção em áreas mineiras





Dados indisponíveis



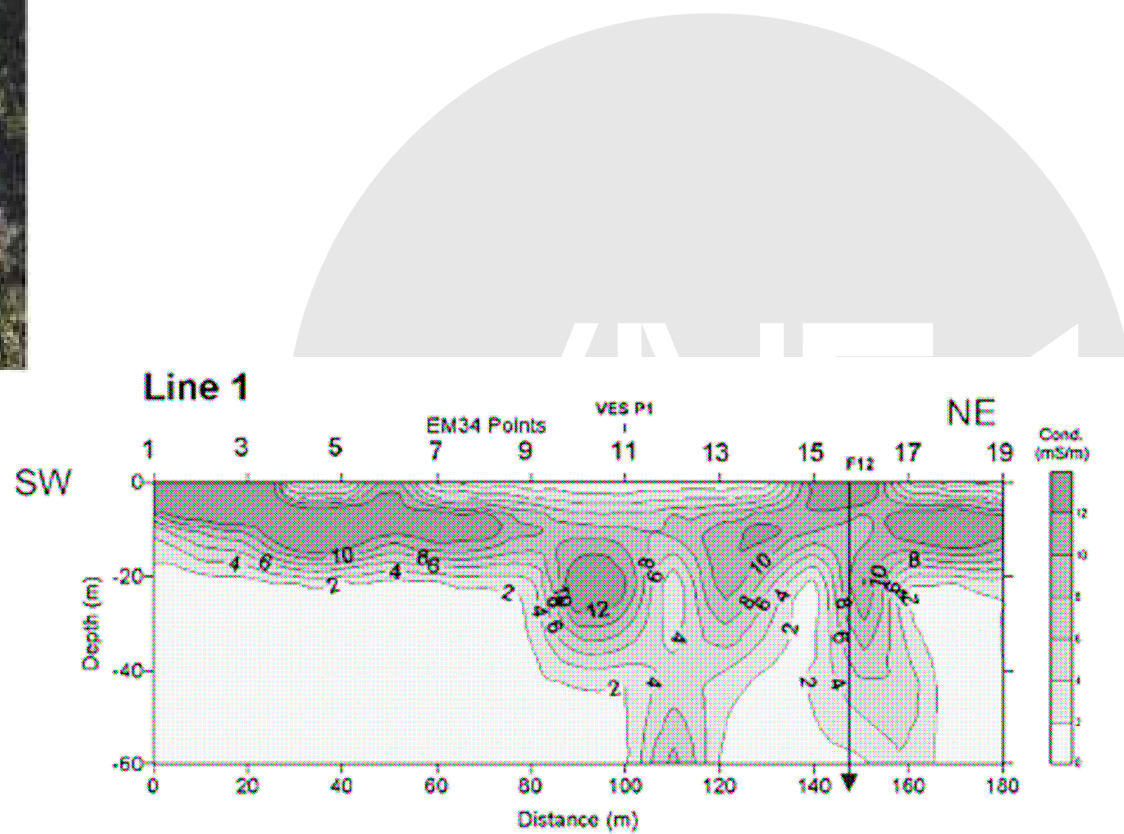


Fig. 3. Line 1: Conductivity section of the inverse EM34 model showing F12 borehole and VES P1 locations. Units in mS/m.

Ramalho et al. (2009)