



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

CONFIDENCIAL

PROSPEÇÃO GEOAMBIENTAL PARA A REMOÇÃO DOS RESÍDUOS PERIGOSOS DE SÃO PEDRO DA COVA (GONDOMAR)

Componente geofísica



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

CONFIDENCIAL

PROSPEÇÃO GEOAMBIENTAL PARA A REMOÇÃO DOS RESÍDUOS PERIGOSOS DE SÃO PEDRO DA COVA (GONDOMAR)

Componente geofísica

Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional
do Norte

Lisboa • março de 2017

I&D GEOTECNIA

RELATÓRIO 77/2017 – DG/NGEA

Título

PROSPEÇÃO GEOAMBIENTAL PARA A REMOÇÃO DOS RESÍDUOS PERIGOSOS DE SÃO PEDRO DA COVA (GONDOMAR)

Componente geofísica

Autoria

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA

Rogério Mota

Investigador Auxiliar, Núcleo de Geologia de Engenharia e de Ambiente

Marília Pereira

Investigadora Auxiliar, Núcleo de Geologia de Engenharia e de Ambiente

Colaboração

Daniel Filipe

Técnico Superior

Carlos Martins

Técnico Superior

Válter Nascimento

Bolseiro Técnico de Investigação, Núcleo de Geologia de Engenharia e de Ambiente

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 77/2017

Proc. 0504/121/20880

PROSPEÇÃO GEOAMBIENTAL PARA A REMOÇÃO DOS RESÍDUOS PERIGOSOS DE SÃO PEDRO DA COVA (GONDOMAR)

Componente geofísica

Resumo

Apresentam-se, no presente relatório, os resultados obtidos nos trabalhos de prospeção geofísica realizados com o método da resistividade elétrica em São Pedro da Cova (Gondomar), no local onde foram depositados resíduos perigosos, para avaliação de novas áreas onde possam ocorrer estes resíduos.

Palavras-chave: São Pedro da Cova / Resíduos perigosos / Resistividade elétrica

GEOENVIRONMENTAL SURVEY UNDER THE FRAME OF DANGEROUS WASTE REMOVAL AT SÃO PEDRO DA COVA (GONDOMAR)

Geophysical survey

Abstract

A geophysical survey based on the electrical resistivity method was performed on the site at São Pedro da Cova where dangerous waste were deposited, in order to evaluate new areas where these waste may occur.

Keywords: São Pedro da Cova site / Hazardous waste / Electrical resistivity

Índice

1	Introdução	1
2	Trabalhos realizados	2
2.1	Nota introdutória	2
2.2	Trabalhos realizados.....	2
2.3	Análise dos resultados obtidos	5
3	Conclusões.....	11
	Referências Bibliográficas	12
	ANEXO Descrição sumária do método da resistividade elétrica	13

Índice de figuras

Figura 1.1 – Aspeto dos trabalhos em março de 2015	1
Figura 2.1 – Implantação dos perfis de resistividade elétrica, sobre imagem do Google earth de 2013/05/11, com identificação das respetivas extensões (linha a traço interrompido de cor amarela - limite aproximado entre a zona já intervencionada e a por intervencionar; elipse de cor azul – demarca edifício em ruínas; F1 ☼ – piezómetro)	3
Figura 2.2 – Implantação aproximada dos alinhamentos (P1 a P7) e do piezómetro F1, sobre fotografia aérea, obtida em 2015 e disponibilizada pela CCDR-N	4
Figura 2.3 – Aspeto do talude de escavação atravessado pelo perfil P3 (identificável pela posição do cabo de cor laranja), cerca dos 20 m do perfil, onde é visível a massa de resíduos	5
Figura 2.4 – Modelos de resistividade elétrica obtidos nos perfis P1, P5, P6 e P7, com o dispositivo dipolo-dipolo e com representação da topografia	7
Figura 2.5 – Modelos de resistividade elétrica obtidos nos perfis P2, P3 e P4, com dispositivo de dipolo-dipolo e com representação da topografia	8
Figura 2.6 – Modelos de resistividade elétrica, sem representação da topografia (no eixo vertical representa-se a profundidade, em m). Nos modelos correspondentes ao dispositivo de dipolo-dipolo as linhas a traço interrompido de cor branca (e preta em P4) delimitam a posição aproximada do topo e da base das zonas com a resistividade atribuída aos resíduos	9
Figura 2.7 – Comparação entre os resultados obtidos em 2015, com base nos trabalhos de geofísica, e aqueles obtidos em 2011, com base nas sondagens mecânicas então executadas (ROQUE e PINA; 2011). Esquerda - Imagem obtida a partir do Google earth, com base nos limites das áreas de baixa resistividade elétrica identificadas em cada modelo de resistividade elétrica. As linhas de cor amarela identificam os limites aproximados da crista dos taludes de escavação (a SO) e de deposição (a E) à data da realização dos trabalhos de campo. Direita – Figura 3 constante em ROQUE (2011)	10
Figura I.1 – Dispositivo tetraeletródico	15
Figura I.2 – Esquema de injeções de corrente e leitura de potenciais do dispositivo dipolo-dipolo	16
Figura I.3 – Equipamento de resistividade (ABEM Terrameter SAS 4000 e Sistema Lund)	17
Figura I.4 – Esquema do sistema de multi-elérodos (ABEM Terrameter 4000 e Sistema Lund)	17

Índice de quadros

Quadro 2.1 – Elementos técnicos dos perfis de prospeção geofísica	3
Quadro 2.2 – Síntese dos dados obtidos na sondagem S2 (ROQUE e PINA, 2011)	7

1 | Introdução

Por solicitação da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDR-N), procedeu o Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I.P. (LNEC) à execução de trabalhos de prospeção geofísica (Figura 1.1), pelo método da resistividade elétrica, em São Pedro da Cova, concelho de Gondomar, no local onde foram depositados resíduos perigosos.



Figura 1.1 – Aspeto dos trabalhos em março de 2015

A informação disponível, quando da realização do anterior programa de reconhecimento por métodos de prospeção direta, conduziu a uma delimitação da zona de material a remover que se veio a revelar, na fase de obra, menor do que aquela que existirá efetivamente. Assim, pretendeu-se, com os trabalhos de prospeção geofísica, cuja apresentação dos resultados se formaliza com o presente relatório, investigar a real extensão da área de deposição dos resíduos, e orientar o planeamento da nova campanha de prospeção por métodos diretos.

Foi realizado um conjunto de 13 perfis de resistividade elétrica, segundo 7 alinhamentos que se entrecruzaram. Os dados de campo foram processados sob a forma de tomografias bidimensionais de resistividade elétrica, na vertical de cada alinhamento.

Os trabalhos de campo decorreram entre 2 e 4 de março, e entre 30 de março e 1 de abril de 2015.

2 | Trabalhos realizados

2.1 Nota introdutória

A prospeção por métodos elétricos baseia-se na geração de um campo elétrico, através da injeção de corrente elétrica no terreno por meio de dois elétrodos metálicos cravados no terreno, e na medição da diferença de potencial elétrico entre dois outros pontos, igualmente através de elétrodos metálicos cravados no terreno.

As variações mais significativas do campo elétrico resultam, habitualmente, de heterogeneidades litológicas, ou da presença de estruturas subsuperficiais com resistividades anómalas em relação ao meio envolvente. O grau de variação da distribuição do potencial elétrico depende do contraste entre a resistividade destas estruturas e o meio envolvente, e da sua orientação face ao dispositivo utilizado e, mesmo, do tipo de dispositivo utilizado. No caso presente utilizaram-se os dispositivos de dipolo-dipolo, que define melhor as variações laterais da resistividade (fronteiras mais verticalizadas entre diferentes materiais), e o de Wenner, que define melhor as interfaces entre diferentes estratos (fronteiras horizontais), beneficiando-se, assim, das vantagens de cada um dos dispositivos.

Tendo em conta que a corrente elétrica se propaga no terreno principalmente através do eletrólito constituído pela água, e pelos sais nela dissolvidos, existente nos vazios da matriz sólida, a resistividade elétrica depende, não só da porosidade do terreno, como também do teor em água e da concentração iónica no meio aquoso, assim como da composição da matriz sólida do meio. De acordo com os resultados dos trabalhos de prospeção mecânica (ROQUE e PINA; 2011), os resíduos depositados têm um elevado teor em ferro, pelo que se admitiu que possuíssem uma resistividade elétrica inferior à do meio envolvente, possibilitando a sua delimitação.

2.2 Trabalhos realizados

Tendo em vista a avaliação da adequabilidade do método geofísico da resistividade elétrica para o fim em vista, foi executada uma campanha de prospeção experimental, na qual se realizou um perfil de teste (P1), com recurso ao dispositivo de dipolo-dipolo, num local onde já tinha sido identificada, por meio de uma sondagem, a presença dos resíduos.

O processamento expedito, no local, dos dados obtidos neste perfil experimental, permitiu definir a localização de um conjunto de alinhamentos (P2 e P3) na área de interesse. A sua realização subsequente conduziu à delimitação, parcial, da área de interesse. Posteriormente, após análise de todos os elementos já conhecidos das espessuras de material removido, respetivas localizações e resultados da campanha de prospeção geofísica exploratória, foi realizada uma segunda campanha de prospeção geofísica (alinhamentos P4 a P7), para complementar a delimitação da área a norte daquela já intervencionada (ver Figura 2.1).

No âmbito das duas campanhas foi executado um total de 13 perfis de resistividade elétrica, segundo 7 alinhamentos, e com recurso aos dispositivos de medição de dipolo-dipolo e de Wenner, que

utilizam a mesma disposição de elétrodos no terreno, mas operados de modo distinto. Estes perfis entrecruzaram-se, tal como se apresenta na Figura 2.1. Os elementos técnicos de cada perfil constam no Quadro 2.1. O sufixo acrescentado à designação de cada perfil identifica o tipo de dispositivo utilizado: W, para o dispositivo de Wenner; DD, para o dispositivo de dipolo-dipolo.

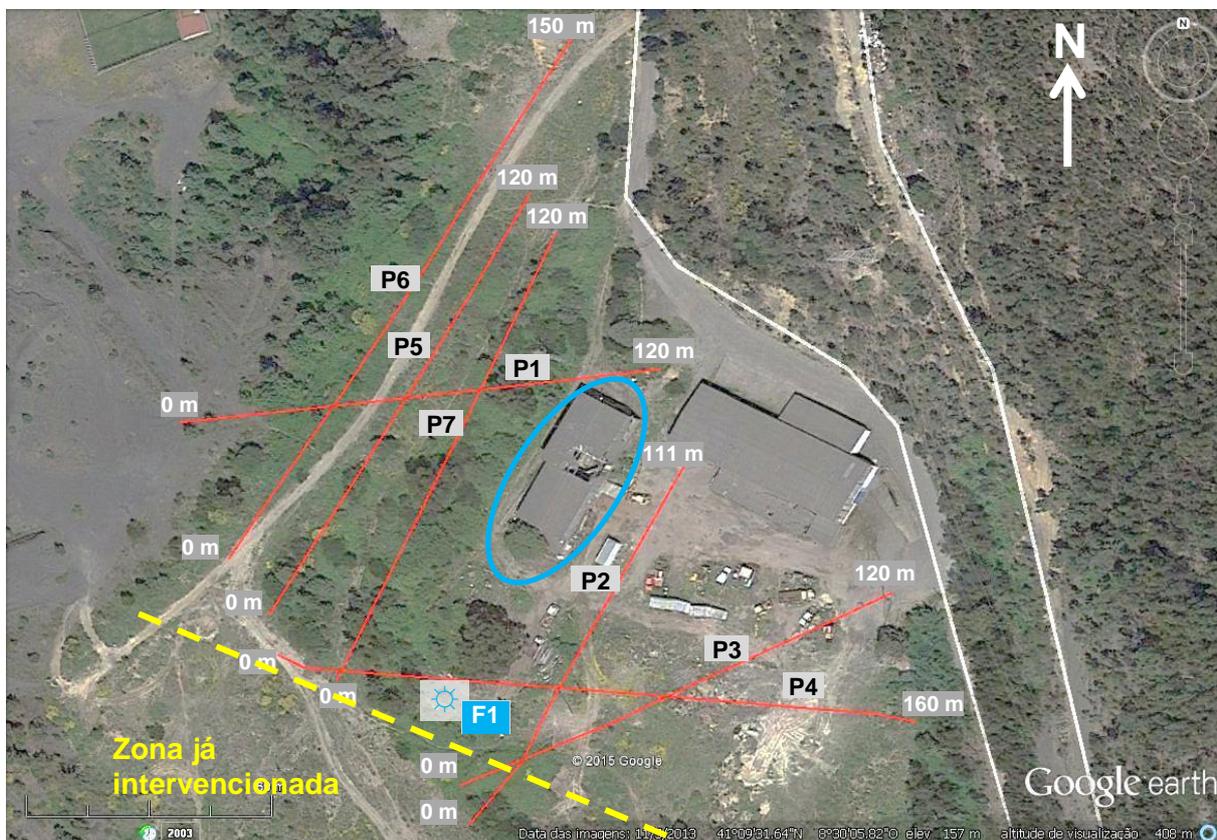


Figura 2.1 – Implantação dos perfis de resistividade elétrica, sobre imagem do Google earth de 2013/05/11, com identificação das respetivas extensões (linha a traço interrompido de cor amarela - limite aproximado entre a zona já intervencionada e a por intervencionar; elipse de cor azul – demarca edifício em ruínas; F1 – piezómetro)

Quadro 2.1 – Elementos técnicos dos perfis de prospeção geofísica

Identificação dos perfis	Dispositivo	Dist. Dipolar (m)	Comprimento (m)	Profundidade máxima (m)
P1	Dipolo-dipolo	3	120	15,3
P2DD	Dipolo-dipolo	3	111	15,3
P2W	Wenner	3	111	19,7
P3DD	Dipolo-dipolo	3	120	15,3
P3W	Wenner	3	120	19,7
P4DD	Dipolo-dipolo	4	160	20,4
P4W	Wenner	4	160	26,2
P5DD	Dipolo-dipolo	3	120	15,3
P5W	Wenner	3	120	19,7
P6DD	Dipolo-dipolo	3	150	15,3
P6W	Wenner	3	150	19,7
P7DD	Dipolo-dipolo	3	120	15,3
P7W	Wenner	3	120	19,7

Para melhor identificação dos locais onde foram realizados os perfis, procedeu-se à sua implantação aproximada sobre uma fotografia aérea, obtida entre ambas as campanhas de prospeção geofísica, e disponibilizada pela CCDR-N (Figura 2.2).



Figura 2.2 – Implantação aproximada dos alinhamentos (P1 a P7) e do piezómetro F1, sobre fotografia aérea, obtida em 2015 e disponibilizada pela CCDR-N

Na segunda campanha, após a execução de cada perfil (P4 a P7), foi realizado no local um rápido processamento dos dados obtidos, para tomada de decisão sobre os trabalhos seguintes. Deste procedimento resultou a extensão do perfil P6 em mais 30 m para NE.

Os modelos bidimensionais de resistividade elétrica do terreno (tomografias de resistividade elétrica) foram obtidos a partir da inversão dos dados de campo, ou seja, da pseudo-secção das resistividades aparentes medidas, com recurso ao programa de computador Res2DInv, utilizando o método dos elementos finitos, para a resolução do problema direto (obtenção da pseudo-secção de resistividade aparente calculada). A topografia do terreno, por vezes, com algumas variações relevantes, como se ilustra na Figura 2.3, foi incorporada nos modelos, resultando esta de um levantamento efetuado com um equipamento de GNSS diferencial (*Global Navigation Satellite System*), encontrando-se a antena base instalada num ponto cuja cota era conhecida.

No eixo horizontal dos modelos constantes nas figuras seguintes está representada a distância ao início do perfil (ver Figura 2.1), considerando sempre a visão do observador no sentido sul-norte, e, no eixo vertical, a cota do terreno (Figura 2.4 e Figura 2.5) ou a profundidade (Figura 2.6).

A gama de resistividades é crescente, das cores azuis para as encarnadas, utilizando-se sempre a gama 5-905 ohm.m, para permitir ter uma ideia da variação da resistividade em toda a área estudada.

Na Figura 2.4 e na Figura 2.5 apresentam-se os modelos de resistividade elétrica obtidos para o terreno, agrupados por cada uma das duas áreas prospetadas, assinalando-se os pontos de

cruzamento dos perfis. Representa-se, ainda, na Figura 2.5 - nos perfis P2DD e P4DD - a profundidade a que se encontrava o nível de água observado no piezómetro F1, no dia 31 de março de 2015 (14 m).

2.3 Análise dos resultados obtidos

Na comparação das espessuras de material de cobertura em cada perfil, é necessário ter em atenção que ocorreu movimentação de terras entre as duas campanhas, no local do perfil P1, tal como é claramente identificável por comparação entre as cotas no ponto de cruzamento dos perfis P1 e P6 (Figura 2.4).

Na Figura 2.6 constam todos os modelos obtidos, com ambos os dispositivos. Nesta figura, a topografia não se encontra representada nos modelos, com o objetivo de facilitar a análise da espessura dos terrenos, embora ela tenha sido considerada nos cálculos que lhes deram origem. Nela se assinalam os limites aproximados do topo e da base dos núcleos de baixa resistividade (< 30 ohm.m – manchas de cor azul), que se atribui à presença do resíduo perigoso. A confirmação desta relação entre os valores de baixa resistividade e os resíduos baseia-se, por um lado, na sua identificação visual em cortes do terreno intersetados pelos perfis (Figura 2.3), e, por outro, nos resultados obtidos a partir das sondagens mecânicas, como, por exemplo, a sondagem S2, executada entre os perfis P1, P5 e P7, mas mais próxima do perfil P5 (Figura 2.4) (ROQUE e PINA, 2011).



Figura 2.3 – Aspeto do talude de escavação atravessado pelo perfil P3 (identificável pela posição do cabo de cor laranja), cerca dos 20 m do perfil, onde é visível a massa de resíduos

Com base nos limites máximos das zonas de baixa resistividade identificadas nos modelos de resistividade elétrica, que corresponderão à presença dos resíduos perigosos, procedeu-se, por interpolação entre os diversos perfis, à delimitação, sobre uma imagem do Google earth, das zonas onde, provavelmente, estes estarão depositados. Na Figura 2.7 apresentam-se as zonas

interpretadas como correspondentes aos depósitos de resíduos, referenciadas com cor azul escura. As linhas a traço contínuo de cor amarela identificam a posição aproximada da crista dos taludes resultantes da escavação (a SO), e do talude existente (a E). Nas áreas assinaladas a azul claro também se infere a existência de resíduos perigosos, dada a sua observação nos taludes de escavação, originados pela remoção, durante a realização dos trabalhos de campo.

Atendendo à forma que os modelos geofísicos tomam nos seus extremos, não é possível avaliar em profundidade o que ocorre nestes pontos, ou seja, abaixo dos solos de cobertura. No perfil P5 é possível que ocorra continuidade da mancha de resíduos para o extremo NE do perfil.

A comparação desta imagem com aquela resultante dos trabalhos de delimitação anteriores (ROQUE; 2011), constante na Figura 2.7, permite observar que:

- a oeste das instalações existentes, a área de deposição concorda com a geometria inferida em 2011 com base nas sondagens, com exceção do limite a NE - nos alinhamentos P5 e P7 o limite a NE é menor, o que poderá ser devido ao facto de a profundidade de investigação dos perfis geofísicos nessa zona não permitir investigar abaixo dos terrenos de cobertura, enquanto no alinhamento P6 é identificável uma provável bolsada de resíduos a NE da área anteriormente delimitada;
- a sul das instalações existentes interpreta-se a ocorrência de um prolongamento para norte da mancha de resíduos recentemente removida; nesta zona obteve-se, por métodos diretos (sondagem S10 - alinhamento P7), uma espessura de 4,5 m de resíduos, contudo, esta sondagem, aparentemente, de acordo com os resultados da prospeção geofísica, ficou no limite de uma bolsada de maior espessura – superior a 10 m - situada mais para norte.

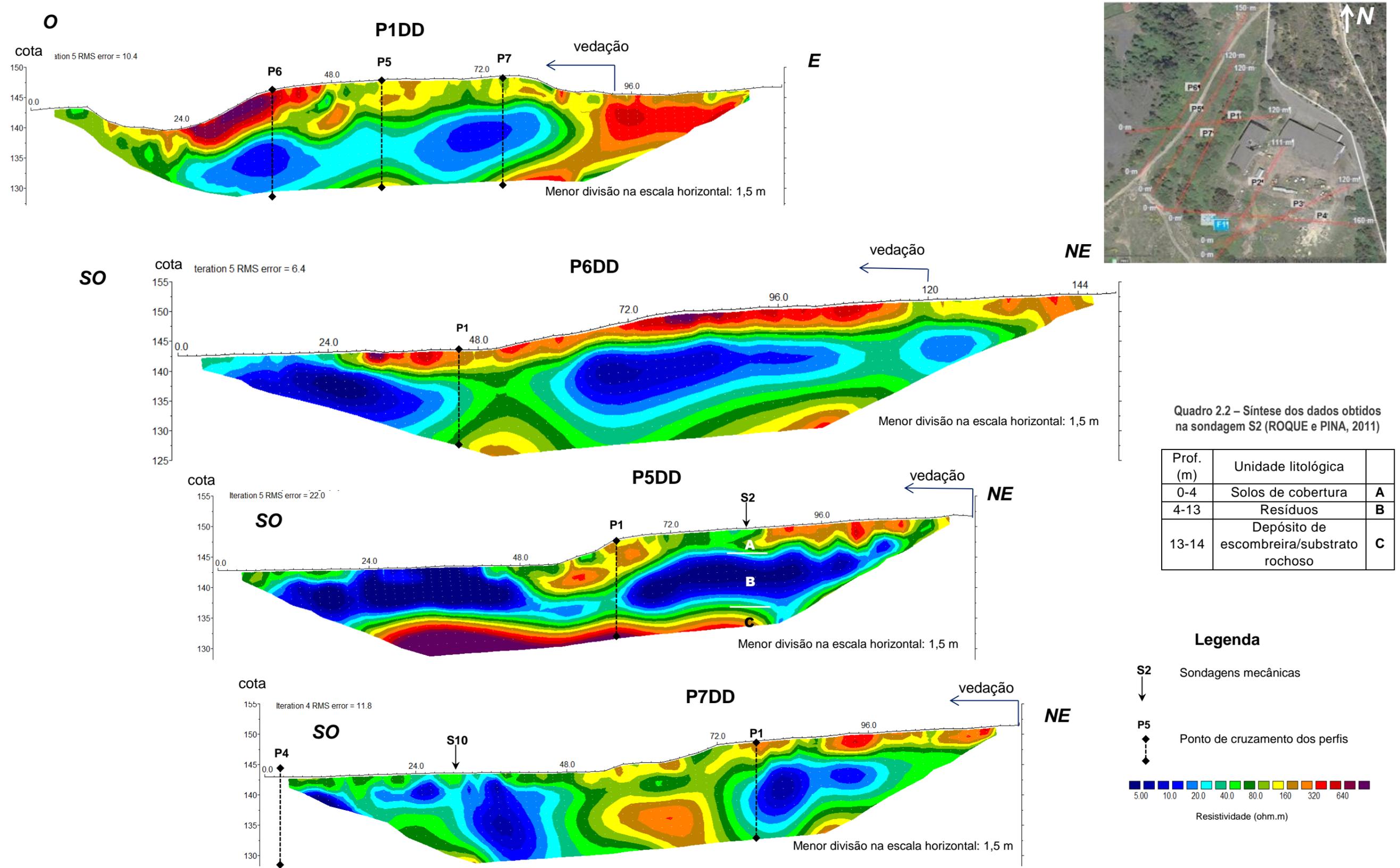


Figura 2.4 – Modelos de resistividade elétrica obtidos nos perfis P1, P5, P6 e P7, com o dispositivo dipolo-dipolo e com representação da topografia

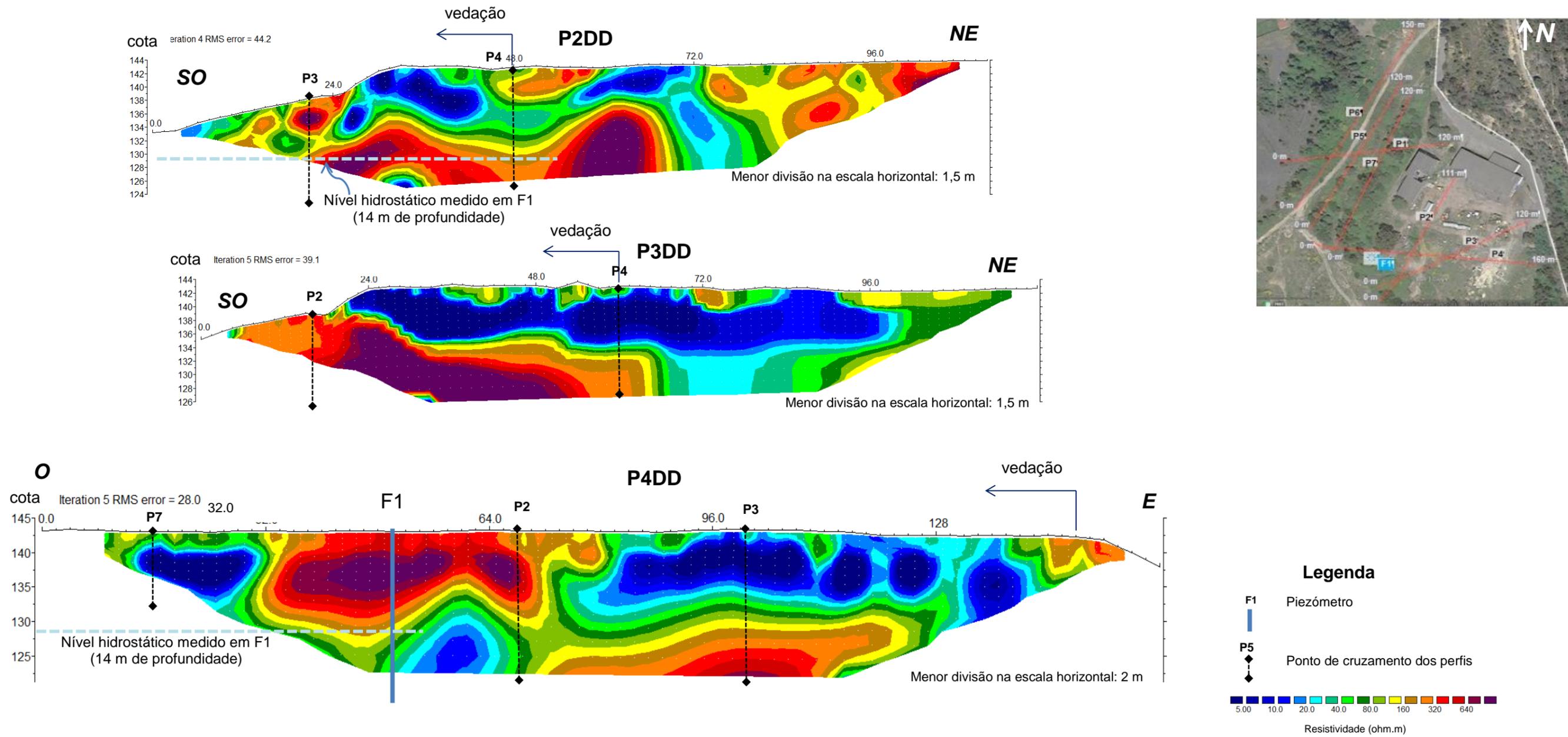


Figura 2.5 – Modelos de resistividade elétrica obtidos nos perfis P2, P3 e P4, com dispositivo de dipolo-dipolo e com representação da topografia

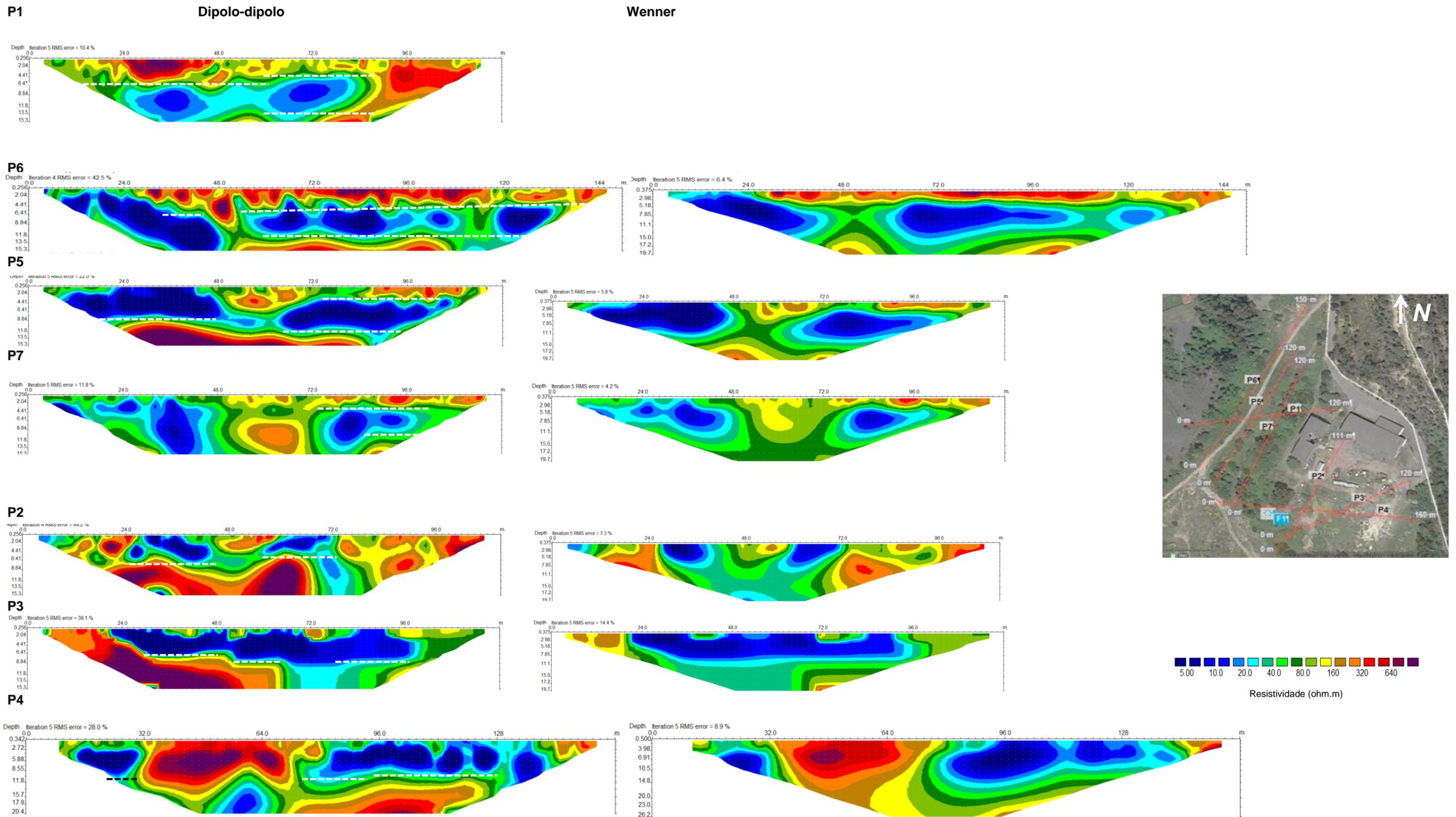


Figura 2.6 – Modelos de resistividade elétrica, sem representação da topografia (no eixo vertical representa-se a profundidade, em m). Nos modelos correspondentes ao dispositivo de dipolo-dipolo as linhas a traço interrompido de cor branca (e preta em P4) delimitam a posição aproximada do topo e da base das zonas com a resistividade atribuída aos resíduos

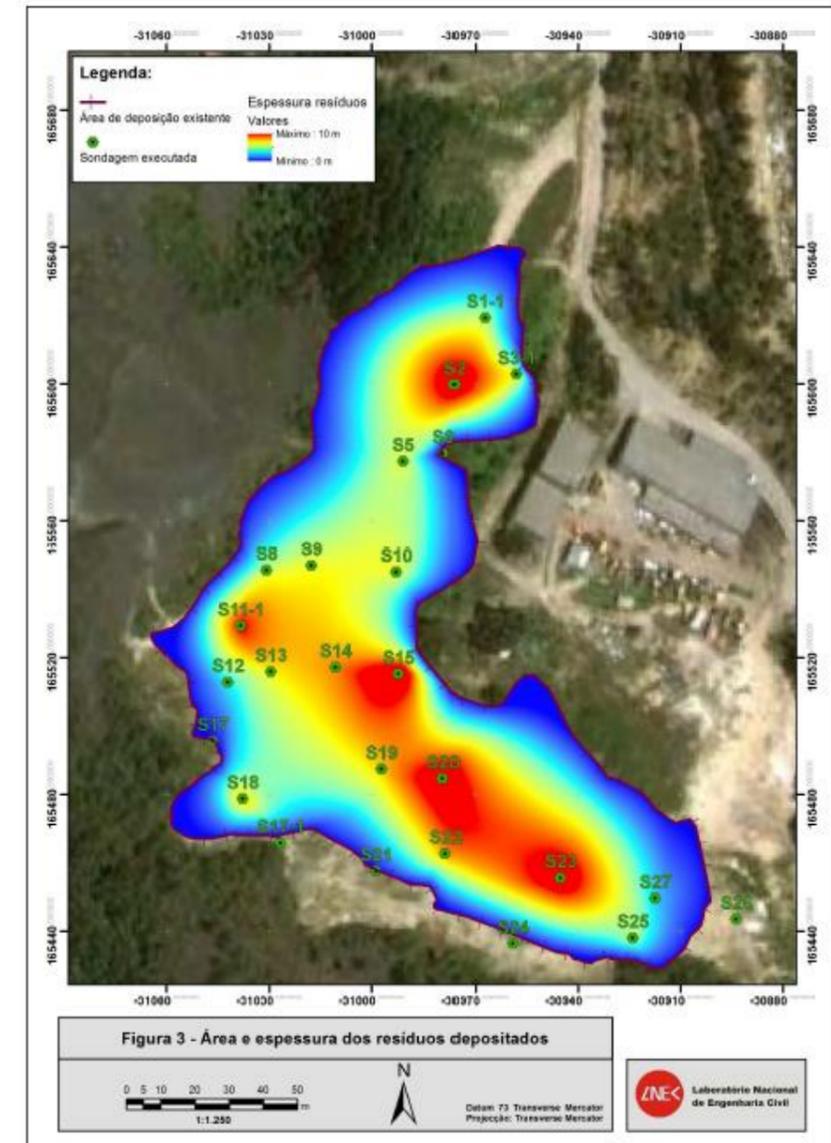
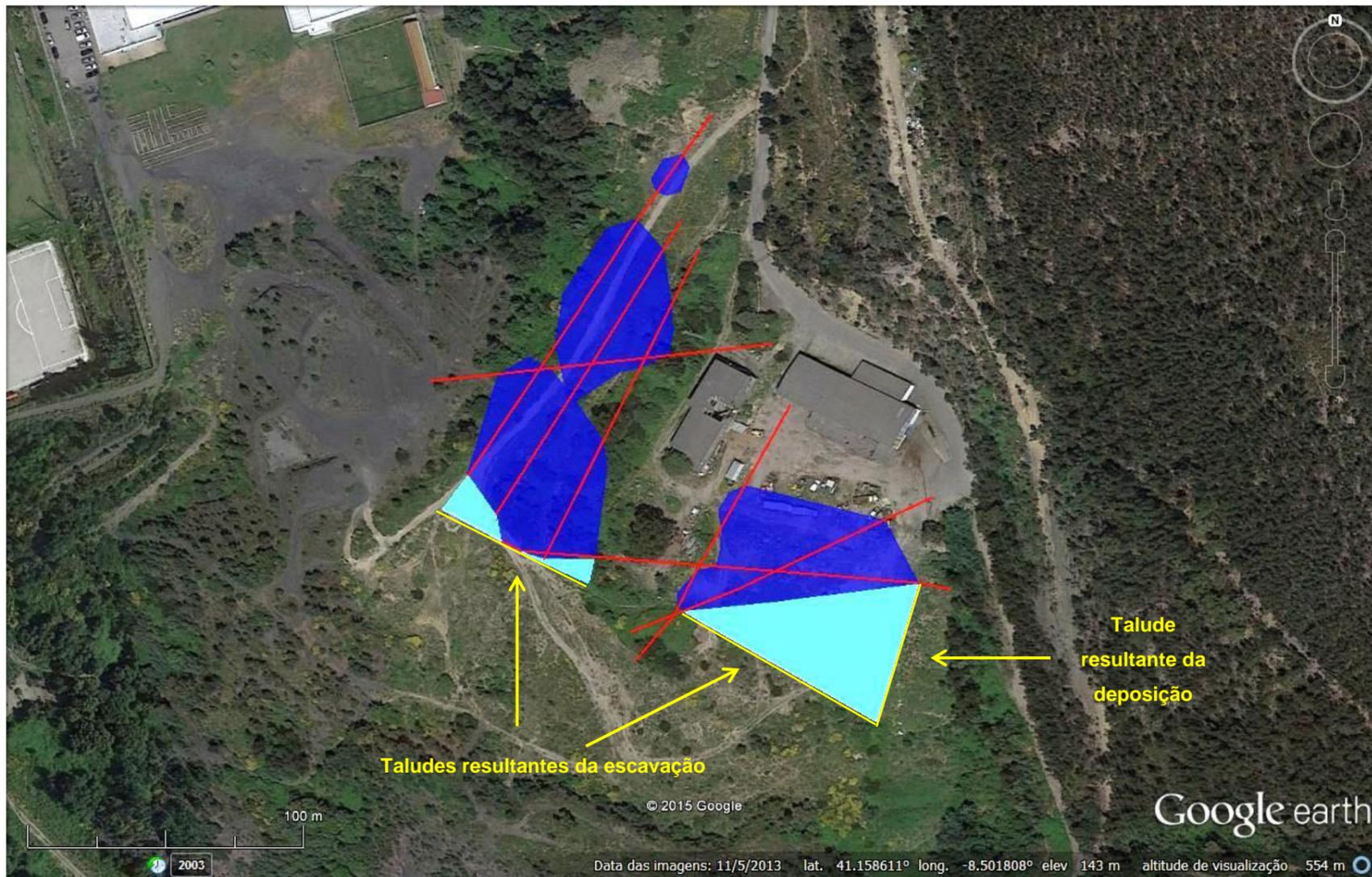


Figura 2.7 – Comparação entre os resultados obtidos em 2015, com base nos trabalhos de geofísica, e aqueles obtidos em 2011, com base nas sondagens mecânicas então executadas (ROQUE e PINA; 2011). Esquerda - Imagem obtida a partir do Google earth, com base nos limites das áreas de baixa resistividade elétrica identificadas em cada modelo de resistividade elétrica. As linhas de cor amarela identificam os limites aproximados da crista dos taludes de escavação (a SO) e de deposição (a E) à data da realização dos trabalhos de campo. Direita – Figura 3 constante em ROQUE (2011)

3 | Conclusões

Dos resultados obtidos com os trabalhos de prospeção geofísica destacam-se as seguintes conclusões:

- a espessura dos resíduos depositados é variável, devendo atingir, no máximo cerca de 10 m;
- a oeste das instalações ainda existentes no local, a área a intervencionar é aproximadamente semelhante à que foi estimada com base nos anteriores trabalhos de prospeção mecânica, efetuados em 2011, tanto em termos de área, como de espessura dos resíduos depositados, mas com um prolongamento para NE, no local do alinhamento P6;
- a sul das instalações ainda existentes no local, identificou-se, em termos geofísicos, que a área de deposição de resíduos se prolongará para norte daquela recentemente removida, incluindo a zona onde foi instalada a bacia para contenção de águas pluviais contaminadas, geradas durante a fase de remoção;
- ausência de resíduos junto ao piezómetro F1.

Lisboa, LNEC, março de 2017

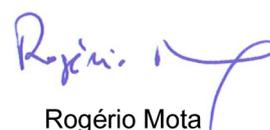
VISTOS

O Chefe do Núcleo de Geologia de Engenharia e
do Ambiente



Filipe Telmo Jeremias

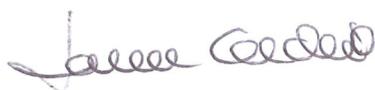
AUTORIA



Rogério Mota

Investigador Auxiliar

A Diretora do Departamento de Geotecnia



Laura Caldeira



Marília Pereira

Investigadora Auxiliar

Referências Bibliográficas

ROQUE, A. e PINA, B., 2011 – **Avaliação das quantidades e das características físico-químicas dos resíduos depositados nas escombrelas das antigas minas de São Pedro da Cova (Gondomar)**. LNEC - Proc. 504/1/18075. Relatório 121/2011 – DG/NGEA.

ROQUE, A., 2011 – **Programa e especificações técnicas para a remoção dos resíduos perigosos de São Pedro da Cova (Gondomar) e a reabilitação ambiental do local**. LNEC - Proc. 504/1/18075. Relatório 256/2011 – DG/NGEA.

ANEXO

Descrição sumária do método da resistividade elétrica

Existem diversos dispositivos ou configurações de prospeção pelo método da resistividade elétrica, todos tetraeletródicos. O modo como, em cada dispositivo, os elétrodos são dispostos no terreno é diverso e tem por objetivo detetar o alvo a investigar e ultrapassar as dificuldades naturais do meio a estudar, por natureza muito heterogéneo. Algumas configurações podem ser utilizadas de mais que um modo, daí resultando diferentes modelos de apresentação da resistividade elétrica do terreno, como, por exemplo, no caso do dispositivo de *Wenner*, as Sondagens Elétricas Verticais (SEV) e os perfis de resistividade elétrica (corte bidimensional na vertical do dispositivo).

O esquema apresentado na Figura I.1 mostra o dispositivo tetraeletródico básico, com os dois elétrodos de potencial elétrico (P_1 e P_2) e os dois elétrodos de injeção de corrente elétrica (C_1 e C_2).

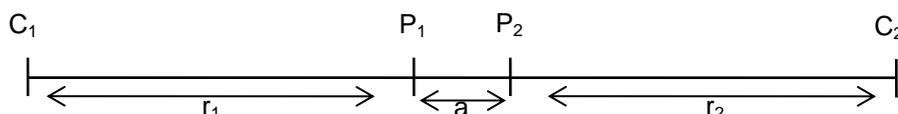


Figura I.1 – Dispositivo tetraeletródico

Teoricamente a diferença de potencial elétrico ΔV existente entre os pontos P_1 e P_2 , respetivamente, às distâncias r_1 e r_2 dos elétrodos C_1 e C_2 onde é injetada a corrente elétrica I , num semi-espaço de resistividade elétrica ρ , homogéneo e isotrópico, é dada por:

$$\Delta V = G \frac{I\rho}{2\pi} \quad (I.1)$$

onde:

ΔV - diferença de potencial elétrico entre os pontos P_1 e P_2 (V);

G - fator geométrico (depende da configuração utilizada);

I - intensidade da corrente elétrica injetada no terreno (A);

ρ - resistividade elétrica do meio (ohm.m);

2π - constante correspondente ao semi-espaço considerado.

Uma vez que, apenas teoricamente, estamos perante um meio homogéneo e isotrópico, a resistividade elétrica do meio que se obtém na realidade não é uma resistividade ohmica, mas sim uma resistividade elétrica aparente (ρ_a), cuja expressão se obtém da expressão (I.1):

$$\rho_a = 2\pi G' \frac{\Delta V}{I} \quad (I.2)$$

onde $G' = 1/G$.

Para o dispositivo denominado de *Schlumberger*, o fator geométrico G' é dado por:

$$G' = \frac{AB^2 - MN^2}{8MN} \quad (I.3)$$

onde A e B designam os elétrodos de injeção de corrente (C_1 e C_2) e M e N os elétrodos de medição do potencial do campo elétrico (P_1 e P_2), com $r_1 = r_2 \gg a$.

Para o dispositivo denominado de *Wenner* as distâncias entre eléttodos são sempre iguais entre si ($r_1=r_2=a$).

Uma *SEV* pode ser realizada com os dispositivos de *Schlumberger* ou de *Wenner*, e consiste na medição da resistividade aparente com intervalos crescentes das distâncias entre eléttodos, mantendo o ponto central fixo. A interpretação das *SEV* é feita a partir da representação das resistividades aparentes medidas *versus* o semi-espaçamento entre os eléttodos de injeção de corrente ($AB/2$), num gráfico bi-logarítmico.

Nos perfis de resistividade elétrica utiliza-se geralmente o dispositivo do tipo dipolo-dipolo, o qual difere dos dois anteriores pelo facto de a injeção de corrente ser efetuada nos dois primeiros eléttodos (dipolo de injeção) e de as leituras de potencial serem efetuadas nos dois seguintes (dipolo de leitura), avançando ao longo de um alinhamento, normalmente até perfazer 10 leituras, após o que o dipolo de injeção avança para a posição seguinte no alinhamento, repetindo-se o processo de leituras, e assim sucessivamente até ao fim do alinhamento (perfil), como se ilustra na Figura I.2. Os valores de resistividade aparente assim obtidos são representados sob a forma de pseudo-seção bidimensional de resistividades.

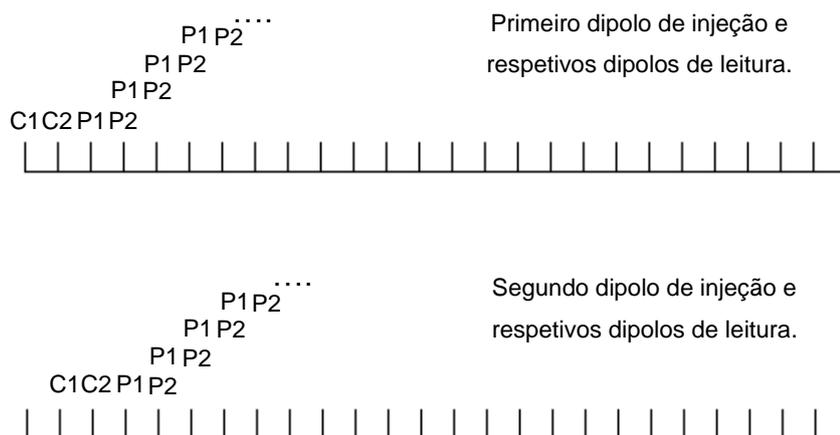


Figura I.2 – Esquema de injeções de corrente e leitura de potenciais do dispositivo dipolo-dipolo

No caso do equipamento que o *LNEC* dispõe, da *ABEM*, são dispostos usualmente 41 eléttodos, igualmente espaçados entre si de, no máximo, 20 m, e ligados a um conjunto formado por um cabo multicondutor e um seletor de eléttodos (*ES 464*), que constituem o *Sistema Lund*, o qual, está, por sua vez, ligado ao resistívmetro *ABEM Terrameter SAS 4000* (Figura I.3), de acordo com o esquema apresentado na Figura I.4.



Figura I.3 – Equipamento de resistividade (ABEM Terrameter SAS 4000 e Sistema Lund)

Para obter uma melhor cobertura na zona mais superficial do terreno são ligados mais 20 eléctodos, um em cada uma das posições intermédias de cada par de eléctodos já instalados nas bobines centrais (2 e 3), obtendo-se, deste modo, uma pseudo-secção mais superficial na zona central do perfil, com uma malha de pontos mais apertada. O perfil fica assim com um total de 61 eléctodos. A execução das leituras de resistividade aparente é feita automaticamente utilizando primeiro os 41 eléctodos com a maior distância dipolar (4 bobines) e, posteriormente, apenas os 41 eléctodos das duas bobines centrais com a menor distância dipolar (metade destes são comuns à configuração anterior). Estas leituras podem ser executadas, segundo, entre outros, os dispositivos dipolo-dipolo e *Wenner*. Quando as leituras são feitas segundo o dispositivo de *Wenner*, este alinhamento de multieléctodos também pode ser designado por Sondagens Eléctricas Verticais Contínuas.

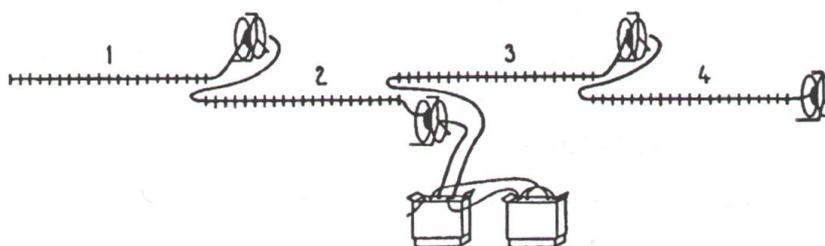


Figura I.4 – Esquema do sistema de multi-eléctodos (ABEM Terrameter 4000 e Sistema Lund)

As pseudo-secções de resistividade aparente assim obtidas possuem muita informação. O seu processamento com recurso a programas informáticos resulta na obtenção de tomografias de resistividade eléctrica, que representam graficamente uma imagem bidimensional do terreno em profundidade, em termos de resistividade (modelo da resistividade eléctrica do terreno).

