

4. Medição da resistividade do solo: Método de Wenner

Como método de medida da resistividade do solo usa-se o 'ARRAY DE WENNER' ou **Método de Wenner**, método este que tem como base o **Teorema de Helmholtz** (interacção entre tomadas de terra¹).

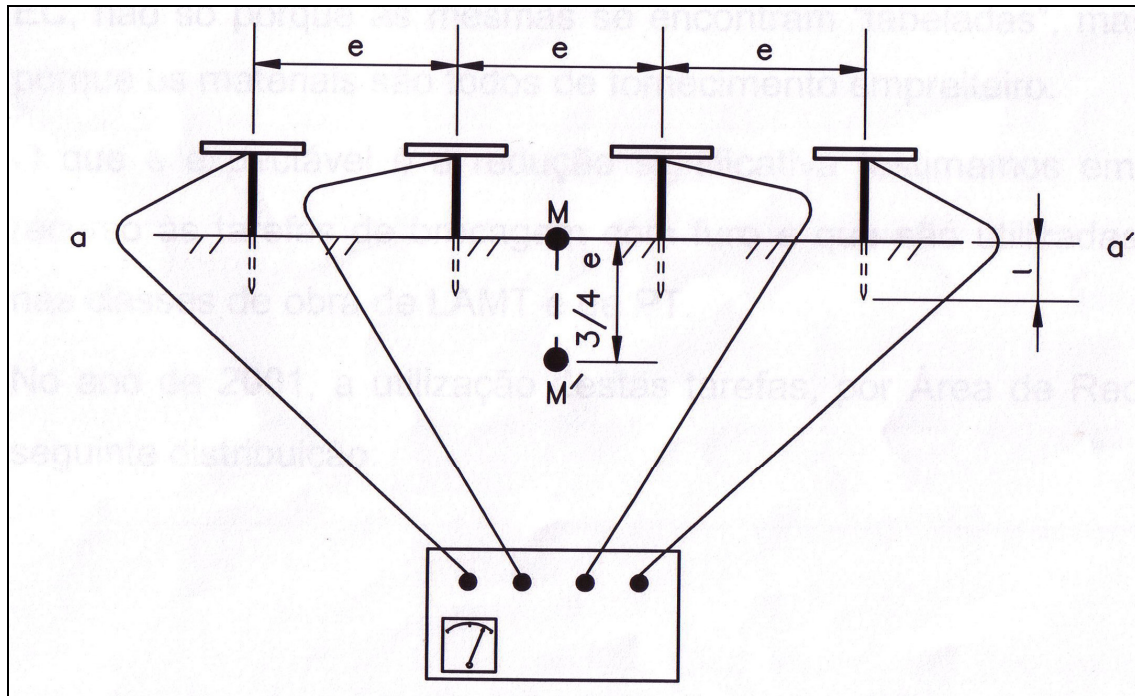


Fig. 46 - Montagem do array de Wenner. "e", espaçamento, "M", profundidade medida

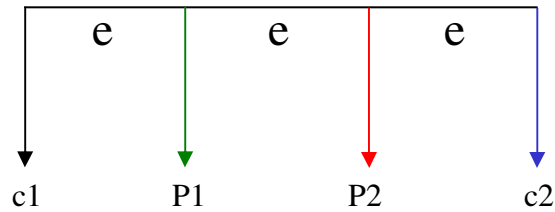
O método, como é conhecido, consiste na colocação de 4 electrodos numa linha que atravessa a parte do terreno onde se pretende medir a resistividade do solo (ρ).

Os electrodos deverão ser colocados *em linha*, respeitando escrupulosamente a distância e entre eles, que deverá ser constante.

Existe uma sequência correcta para os electrodos do Array de Wenner que deverá ser absolutamente respeitada, sob pena de as medições obtidas virem incorrectas. Para isso será indispensável a leitura atenta do manual do fabricante do equipamento.

¹ O Teorema de **Helmholtz** postula que existe sempre uma interacção entre as chamadas *tomadas de terra*. Define coeficientes de resistência que medem essas interacções e entra em linha de conta com as elevações de potencial que acontecem pela passagem de corrente no seio de um solo de resistividade ρ_x .

Array de Wenner



A corrente de teste será injectada entre c1 e c2 (retorno efectuado pelo interior do solo). Essa corrente que circula pelo interior do terreno, vai provocar um diferente aumento do potencial nos eléctrodos P1 e P2, essa diferença de potencial será interpretada pelo instrumento como uma tensão U_x , dividindo essa tensão pela corrente I_x que está a ser injectada em c1 (ou c2), obtém-se uma Resistência (o aparelho convencionou chamar-lhe resistência de terra R_t).



Fig. 47 - Riba de Âncora: Técnico montando o Array Wenner.

A resistividade do solo será então da forma:

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot e \cdot R_t$$

Em que e é o espaçamento entre os eléctrodos, espaçamento esse que será proporcional à profundidade a que se refere a resistividade medida.



Fig. 48 - Roem (Freguesia da Oliveira): Aparelho utilizado (Metter)



Fig. 49 - Riba de Ancora: Um dos eléctrodos enterrado no solo.

Muita literatura refere essa relação como 75% do valor do espaçamento ($P=0,75.e$).



Fig. 50 - Paços (Valença) : Conector para os cabos dos eléctrodos (marcados com cores)

Os aparelhos digitais modernos, fornecem directamente o valor de ρ e não R_t (só a indicam se for solicitado pelo operador).

Tive a oportunidade no terreno de trabalhar com dois aparelhos. Nos dois o procedimento para obter as medidas era o mesmo:

- Montar os eléctrodos
- Introduzir o espaçamento utilizado (e)
- Carregar em 'start'
- Obter leitura

4.1 Medição da resistividade do solo: Eiras (Lugar do Pinheiro)

No dia 8 de Junho tive oportunidade de me deslocar ao terreno para efectuar medidas da resistividade do terreno na zona de Lugar do Pinheiro, perto de Arcos de Valdevez.



Fig. 51 - Local da montagem do PT

Como procedimento de abordagem à questão de medições de terras, criei uma pequena ficha, feita em Excel, para se preencher antes de se efectuar as medições, FMRT / CL – Ficha de Medições de Resistividade do Terreno / Caracterização do Local.

Na parte da frente, preenche-se com a localização, endereço, condição climatérica, temperatura do solo e caracterização do tipo de solo². Na parte de trás, regista-se as medidas.

Para me auxiliar nas medidas, concebi uma corda marcada de 1 em 1 metro para controlar melhor o espaçamento e entre os eléctrodos.



Fig. 52 - Corda utilizada para medir espaçamento (Esporões-Braga)

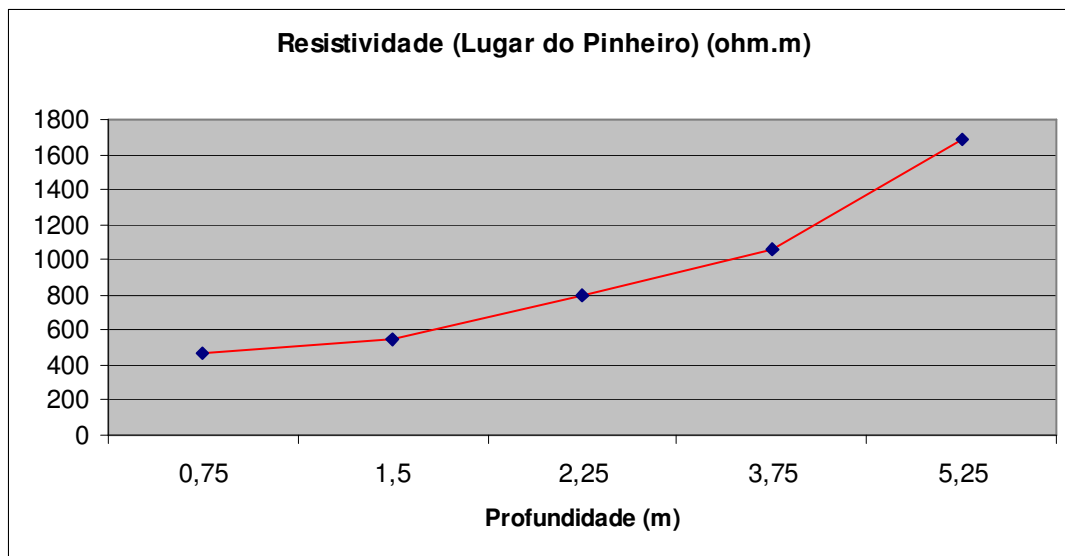
² Ver ANEXO D



Fig. 53 - Aparelho para medições em Eiras (Pinheiros)

Eis as medidas obtidas:

Espaçamento (e)	Profundidade (m)	Resistividade(Ω .m)
1	0,75	470
2	1,5	550
3	2,25	793
5	3,75	1058
7	5,25	1684



Como se pode verificar, a resistividade vai aumentando com a profundidade, **sugerindo a utilização de um eléctrodo horizontal colocado aos 0,80 m.**

O estudo da resistividade do solo serve exactamente para isso: Definir a melhor solução a adoptar, enquadrando-a nas características do terreno.

Isso será patente nos "Case Studys" mais à frente.

5. O Tratamento químico do solo

Uma das possibilidades de baixar RE para os valores pretendidos é envolver os eléctrodos com aditivos químicos que alterem as características do solo em seu redor.

Na realidade crua do terreno, existem casos extremos onde as características do solo tornam quase impossível efectuar um circuito de terras com valores aceitáveis de RE³.

A adição de químicos ao solo torna-se então a ultima hipótese.

A EDP usa o **carvão vegetal**. No caso do eléctrodo ser horizontal, as valas são enchidas, por regra, com uma camada de 10 – 30 cm de carvão, no caso de varetas enterradas em furos artesanais, os furos são enchidos a todo o seu comprimento com carvão vegetal.



Fig. 54 - Marinhas: Adição de carvão vegetal a um furo artesiano



Fig. 55 - Paços: Adição de carvão vegetal

Está também amplamente documentado o efeito do sal como redutor de RE, mas é impraticável o seu uso porque se dilui com facilidade com o passar do tempo.

³ Ver o “case study” de Esporões (Braga)

Durante o meu estágio, alguns técnicos falaram-me na utilização de **sulfato de cobre** como aditivo químico com bons resultados, mas não encontrei documentação que suporta-se este facto, nem eu tive oportunidade de testemunhar caso algum em que tenha sido usado.

6. A Corrosão

A corrosão induzida aos eléctrodos deve também ser ponderada devidamente, sabendo-se do facto de alguns solos serem propícios a este tipo de fenómenos.



Fig. 56 - Paços: Eléctrodo corroído (note-se a camada de oxido de cor esverdeada)

Em 14 de Junho de 2005, tive oportunidade de testemunhar os efeitos no terreno da corrosão quando visitei um PT que estava montado há 1 ano sensivelmente. Tiveram de ser substituídos 6 eléctrodos (em 12 que estavam montados).

Como resposta pode-se optar por abandonar os eléctrodos em cobre e considerar outros materiais mais imunes à corrosão (como ligas em inox), que apesar do seu alto preço, garantem menor variância de RE com o tempo. Tudo depende do que está em jogo, e dos preços dos equipamentos a salvaguardar (pergunte-se: “Quanto custa uma antena para telemóveis?”).

Deve-se também programar inspecções periódicas aos locais onde tenham sido instalados eléctrodos de terra à mais de 1 ano e substituí-los se for caso disso.