

Fig. 5 – Modelo 1D da sondagem TDEM da Figura 4. Resistividade e profundidade das interfaces das camadas. (Gonçalves, 2012).

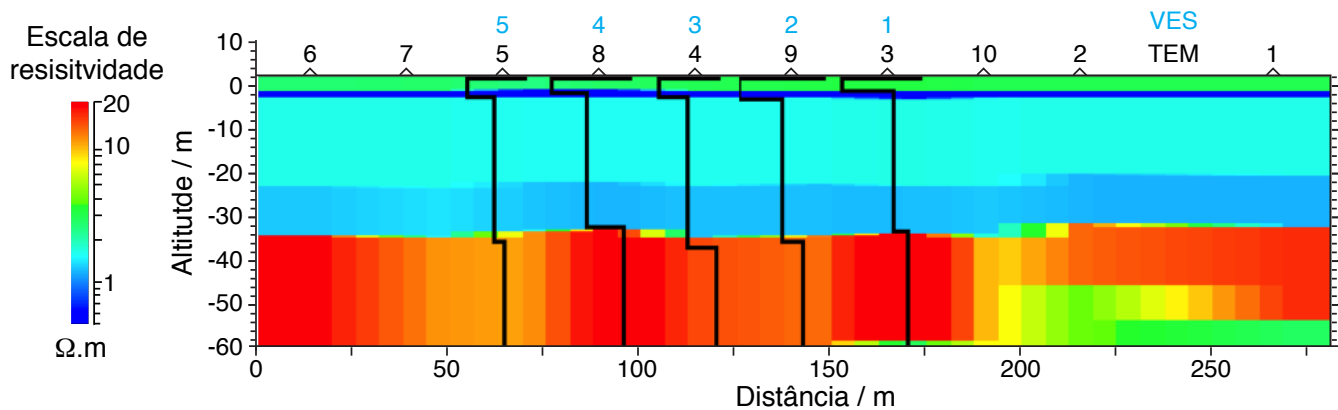


Fig. 6 – Perfil de sondagens contíguas TDEM (antena 25 m x 25 m) e comparação directa com modelos de Sondagens Eléctricas Verticais (VES). (Gonçalves, 2012).

A “modelação da sondagem”, isto é a obtenção de um modelo cuja resposta “coincida” com os dados de campo obtidos, é o que se pretende. Para tal o processo habitual é usar uma técnica de “inversão” dos dados, isto é, resolver o chamado problema inverso, como detalhado em F. Santos *et al* (2013). Enquanto que no problema directo temos os parâmetros do meio e calculamos a sua resposta, no problema inverso temos a resposta do meio (dados de campo) e queremos saber que valores têm de ter os parâmetros do meio que originaram tal resposta. O conhecimento da resposta do meio (problema directo) é então integrado num dos vários processos iterativos de convergência, sendo que, devido principalmente ao limitado número de dados e aos erros de observação, poderão existir várias respostas (vários modelos equivalentes) para os dados observados. Minimizamos a diferença entre a resposta do modelo e os dados de campo, aplicando técnicas de mínimos quadrados de inversão não-linear, pois usualmente existem mais dados do que parâmetros a definir. Usualmente, os vários modelos obtidos não são

muito diferentes, e a escolha de um modelo final pode ser feita simplesmente a partir da média de vários modelos ou, havendo informação complementar (de sondagens mecânicas, geologia, etc), integrando esses dados na escolha do modelo. Existindo mais dados obtidos por outros métodos geofísicos, por exemplo sondagens de resistividade, estes podem (e devem) ser integrados numa inversão conjunta dos dados, obtendo-se um modelo que responde igualmente bem aos vários conjuntos de dados de campo. Na Figura 6 está exemplificado um perfil de sondagens TDEM contíguas, juntamente com os modelos obtidos via resistividade (método Schlumberger, sondagem eléctrica vertical VES). A coincidência de modelos é perfeita, com a detecção das superfícies livre e fundo do aquífero, e o seu baixo valor da resistividade, por se tratar de um ambiente estuarino em contacto com a água salgada do mar. De notar uma pequena diferenciação na resistividade do aquífero junto à sua base, não detectada pelo método resistivo.

## Aplicações e limitações

As sondagens TDEM são, devido à física subjacente, especialmente eficazes na detecção de corpos/camadas condutoras. São assim empregues na prospecção de minérios, recursos aquíferos (incluindo intrusão salina) e geotérmicos, monitorização ambiental do solo, etc. Obtendo basicamente o mesmo parâmetro – resistividade eléctrica – como o método da resistividade, o TDEM, em comparação, tem a vantagem de ser mais rápido e eficaz na aplicação em campo (portanto mais económico), tem uma melhor resolução das zonas condutoras e não necessita de um contacto galvânico com o solo, o que facilita a sondagem em solos secos ou muito secos (zonas áridas). Como limitações, há a apontar o fraco sinal em zonas muito resistivas (que necessitam então de antenas com áreas muito grandes), a menor disponibilidade de software para resolução dos problemas 2D e 3D, e o custo e complexidade do equipamento, que é maior que o da resistividade.

O método TDEM tem ainda limitações relacionadas com o meio em estudo e o meio envolvente. Se no meio em estudo a permissividade eléctrica for dependente da fre-

quência, teremos um efeito de polarização induzida (IP). Se o meio em estudo tiver uma permeabilidade magnética muito superior ao valor do vazio, temos o chamado efeito superparamagnético (SPM). Estes efeitos são reconhecidos nos dados de campo das várias sondagens e podem ser modelados. O ruído EM afecta também as sondagens TDEM. Temos ruído EM natural – por exemplo, as descargas eléctricas na atmosfera ou ruído geológico – e ruído EM artificial – por exemplo, as linhas de alta tensão, emissões em AM e VLF, vedações/cercas metálicas com ligação ao solo e a própria geometria incorrecta das antenas. Devido a isto, em alguns locais e com condições inadequadas o método TDEM pode não ser possível de aplicar.

Apesar destas limitações o método TDEM é cada vez mais usado em prospecção geofísica; quer nas tradicionais sondagens, em modo contínuo com pequenas antenas em deslocação sobre o solo (PATEM) ou suspensas em helicóptero (SkyTEM) para cobertura rápida de vastas áreas (Christiansen et al, 2003).

#### Referências

1. A. V. Christiansen, *Application of airborne TEM methods in Denmark and layered 2D inversion of resistivity data*, Tese de Doutoramento, Universidade de Aarhus, Dinamarca (2003)
2. A. V. Christiansen, E. Auken, K. Sørensen, “The transient electromagnetic method”, Cap. 6, in *Groundwater Geophysics, A Tool for Hydrogeology*, R. Kirsch (Ed.), Springer, 493 p. (2006).
3. F. Santos, G. Silveira e L. Matias, “Resolver o problema inverso para encontrar recursos e investigar o Interior da Terra”, in *Matemática do Planeta Terra*, F. P. Costa, J. T. Pinto e J. Buescu (Eds.), IST Press (2013), ISBN: 978-989-8481-26-9.
4. Rui. M. D. Gonçalves, *Hydrochemical water prediction (water quality) with Transient Electromagnetic Soundings (TEM)*, Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, Portugal (2012).
5. S. H. Ward, e G. W. Hohmann, “Electromagnetic Theory for Geophysical Applications, Electromagnetic Methods in Applied Geophysics – theory”, in M. N. Nabighian (Ed.), Vol. 1, *Investigation in Geophysics 3*, Society of Exploration Geophysicists, págs. 131-311 (1988).



**Rui Gonçalves** nasceu em 1967 e é docente no I. P. Tomar desde 1999. Licenciado e Mestre em Ciências Geofísicas – ramo Geofísica Interna, e Doutor em Ciências Geofísicas e da Geoinformação – especialidade em Geofísica, sempre pela Universidade de Lisboa. Tem-se dedicado à prospecção e caracterização geofísica do subsolo com os métodos eléctricos, electromagnéticos e de georradar.

# Um campus com energia solar

Miguel C. Brito, Marta Aido, Rodrigo A. Silva, Killian Lobato

Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa / Instituto Dom Luiz

O Campus Solar é um laboratório de teste de soluções de energia solar localizado nas instalações da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL). Mas é muito mais que isso! É também um espaço de investigação, aprendizagem e comunicação de ciência e tecnologias limpas e renováveis para um futuro melhor.

Um pequeno descampado até 2009, o Campus Solar acolhe um conjunto diverso de protótipos tecnológicos, desenvolvidos por empresas, investigadores e estudantes de Ciências. É também um laboratório para apoio a cadeiras de Engenharia da Energia e do Ambiente e o cartão-de-visita

da escola, a primeira coisa que se vê quando se visita Ciências.

## Palco de ensaio para projetos de investigação

O Campus Solar é uma iniciativa do grupo de energia solar do DEGGE – Departamento de Engenharia Geográfica Geofísica e Energia da FCUL - Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e do IDL - Instituto Dom Luiz para o teste e caracterização de soluções de energia solar. Trata-se de um espaço devidamente equipado para o desenvolvimento de projetos científicos e tecnológicos para o aproveitamento da energia solar, associado a uma já longa história de investigação em energia solar fotovoltaica em Ciências.



Fig. 1 – Vista panorâmica do Campus solar, com os Jacarandás do Jardim do Campo Grande no horizonte e os sistemas solares fotovoltaicos à frente.