

A APLICAÇÃO DOS MÉTODOS GEOFÍSICOS NAS OBRAS PÚBLICAS E NA CONSTRUÇÃO*

As aplicações dos métodos geofísicos desenvolveram-se muito a partir de 1945, principalmente nas pesquisas de água e de gás natural. Um outro domínio de aplicação diz respeito à Engenharia Civil (estudo de locais de barragens) e ao ramo mais especializado das obras públicas e da construção.

O interesse que a Geofísica pode apresentar para a resolução de problemas neste último domínio é talvez menos conhecido e merece portanto uma mais larga difusão, o que nos propomos fazer neste artigo.

Trata-se principalmente de problemas de fundações, isto é do estudo da natureza, comportamento geológico e características dos terrenos destinados a suportar as estruturas, para as quais convém recolher todas as informações possíveis. Os métodos geofísicos são um dos meios que permitem obter tais informações, dum ponto de vista geral, é certo, mas duma maneira rápida e relativamente pouco dispendiosa.

Tentemos enumerar os casos em que se podem aplicar métodos geofísicos:

- Temos em primeiro lugar o estudo dum local para uma barragem, a avaliação das espessuras das aluviões, a pesquisa dum eventual «cañon», a execução duma carta cotada da rocha e a obtenção de informações sobre a sua natureza e comportamento geológico. Na mesma ordem de ideias, proceder-se-á, em seguida, ao estudo da fundação à execução de cartas das zonas de alteração e sua espessura, ao traçado das falhas e zonas de atrito, à medição das velocidades de propagação das ondas sísmicas no «bed rock», o que permite o cálculo de módulos de elasticidade correspondentes. Notemos de passagem, que estas medidas nos parecem indispensáveis para todas as barragens, mesmo as pouco importantes, visto completarem nos seus pormenores as observações geológicas, que têm um carácter mais geral, e fornecerem uma planta para os trabalhos de reconhecimento por galerias e sondagens e para o desmonte da rocha.
- Os estudos das barragens para aproveitamento a fio de água nas obras dos grandes rios (tais como o Ródano). Estes estudos compreendem a escolha das fundações para as centrais e as comportas, a determinação subsequente dos traçados do canal de chegada e sobretudo do canal de restituição e o estudo do efeito da escavação do canal de fuga sobre as camadas aluviais.
- O reconhecimento do traçado de túneis com a determinação dos contactos anormais entre os terrenos assim como as zonas alteradas de fraca resistência, susceptíveis de provocar desabamentos ou infiltrações.
- O estudo do traçado de condutas forçadas, incluindo a determinação da rocha sã e suas características físicas.

Depois vêm os problemas das fundações propriamente ditas:

- Grandes edifícios, pilares de pontes, construções industriais, silos, quebra-mares, etc.
- O estudo do traçado das auto-estradas e estradas (espessura do pavimento, comportamento e características do solo de fundação e sua natureza, assim como a prospecção dos materiais necessários para a execução).
- O estudo das bases aéreas, a obtenção de cartas geológicas a diferentes profundidades indicando também a natureza dos diferentes terrenos do sub-solo e sua extensão.
- A detecção, em casos muito limitados, de cavernas e antigas obras subterrâneas (galerias, exploração de calcários, gessos e margas), assim como a pesquisa de vazios por trás de alvenarias e revestimentos (túneis de caminho de ferro).
- A pesquisa de materiais para a construção de edifícios (areias de diversas qualidades, calcários, etc.) assim como o estudo da exploração de pedreiras.
- O estudo dos abalos em construções provocados por explosões (tiros de pedreira) ou das causas de fissuração (por exemplo dissolução duma camada de sal sub-jacente).
- Finalmente, a determinação do módulo de Young (E) e do módulo de elasticidade transversal (G) nos túneis e galerias de condução de água sob pressão para o cálculo da espessura dos revestimentos.

Os métodos de prospecção

Os dois parâmetros principalmente utilizados são a resistividade dos terrenos, determinada pelo método da prospecção eléctrica (sondagens eléctricas e perfis de resistividade) e a velocidade de propagação das ondas elásticas longitudinais (ondas de dilatação ou de compressão) nas formações geológicas, pelo método da refração sísmica. Estes métodos são já de uso geral, e assim, limitar-nos-emos a apresentar os seus princípios fundamentais.

Prospecção eléctrica

A sondagem eléctrica permite estudar a variação da resistividade aparente do sub-solo em função da profundidade. Para realizar esta operação sobre o terreno, faz-se passar através do solo entre os polos A e B (fig. 1), uma corrente de intensidade I fornecida por pilas e mede-se com um potenciômetro ou um registador a diferença de potencial V resultante por efeito ôhmico entre dois eléctrodos M e N centrados no meio O de AB .

Efectuando uma série de medidas na mesma estação O aumentando sucessivamente o comprimento da linha AB ,

* Reproduzido por tradução do «Le Moniteur des Travaux Publics et du Bâtiment» — Paris — 1/X/1960
O autor deste trabalho fez em Lisboa uma conferência sobre o assunto em Outubro do ano passado.

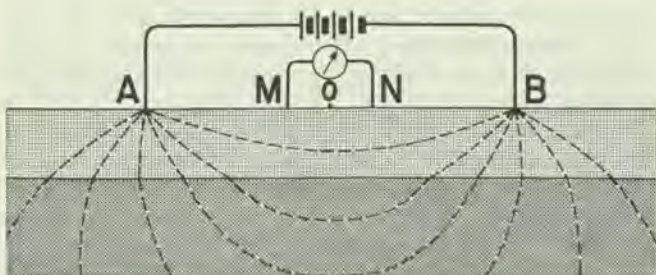


Fig. 1 — Esquema de sondagem eléctrica

obtem-se números correspondentes a troços de solo, cada vez mais espessos. Com o quadripolo Schlumberger, escolhe-se uma linha de medida MN suficientemente pequena em relação a AB , de modo a permitir a introdução do campo eléctrico, o que facilita os cálculos teóricos. Assim, por meio da lei de Ohm generalizada, pode-se calcular para cada comprimento AB um valor da resistividade aparente definido pela fórmula:

$$P = K \frac{\Delta V}{I}$$

na qual K é um coeficiente linear que depende das posições relativas dos eléctrodos MN e de AB .

O diagrama da sondagem eléctrica obtém-se marcando em abscissas os semi-comprimentos AB e em ordenadas, as resistividades aparentes que lhes correspondem.

A análise destes diagramas e a sua comparação entre si e com ábacos teóricos, obtidos pelo cálculo, permitem determinar, na maior parte dos casos, as espessuras dos diferentes terrenos encontrados e avaliar a sua natureza.

A segunda técnica, chamada do perfil de resistividade, consiste em utilizar uma linha AB de comprimento constante, deslocando o quadripolo ao longo dum alinhamento.

Mede-se assim a variação da resistividade dum troço de terreno de espessura constante, visto que a profundidade de investigação, função do comprimento invariável da linha AB , será sensivelmente constante.

A execução dum certo número de perfis paralelos permite a determinação duma carta de resistividade muito semelhante a um corte geológico horizontal. É muitas vezes vantajoso executar várias cartas a diferentes profundidades a fim de dar maior relevo a certos fenómenos geológicos de interesse.

A resistividade duma rocha é função da sua porosidade e da resistividade do fluido de embebição. Essa resistividade é extremamente variável: em ohms por metro de 0,5 a 10 nas margas e areias com água salobra, de 150 a 400 nas areias e cascalho de água doce, de várias centenas nos calcários, xistos e grés e de vários milhares nas rochas eruptivas não alteradas.

O material de prospecção eléctrica compreende essencialmente os aparelhos de medida (potenciômetro, pre-compensador, registador), carretéis para os cabos, eléctrodos e baterias de pilhas secas (fig. 2).

Para uma investigação à profundidade de 50 m, o peso total do equipamento é da ordem de 150 kg, que se pode dividir em fracções, transportáveis às costas se necessário.

A equipa ligeira normal compõe-se de um engenheiro, chefe da missão, um operador e três ou quatro operários e dispõe duma camioneta para todo o terreno. Para os estudos importantes, pode utilizar-se um laboratório móvel montado num camião, o que permite aumentar consideravelmente o rendimento.

Refracção sísmica

A refracção sísmica consiste em estudar a propagação, no sub-solo, das ondas elásticas provocadas por pequenas cargas de explosivos colocados a fraca profundidade. Utiliza-se a refracção das ondas na parte superior de camadas sucessivamente mais compactas que correspondem a velocidades de propagação cada vez mais elevadas. Os tempos de chegada das primeiras ondas, que fazem vibrar cada um dos sismógrafos ou geofones dispostos no mesmo alinhamento, são registados fotograficamente. Na prática, as vibrações que actuam sobre os sismógrafos electromagnéticos dão origem a correntes alternas que são depois amplificadas e registadas.

Marcam-se então em abscissas as distâncias dos geofones ao ponto de explosão, tomado como origem, e em ordenadas os tempos mínimos de chegada das ondas a cada geofone. Obtém-se assim uma linha quebrada chamada dromocrónica da qual se deduz a velocidade de propagação das ondas nas diferentes camadas e as espessuras dessas camadas.

A dromocrónica representada na fig. 5 refere-se à determinação dum contacto entre camadas de aluviões e calcários. Para obter a inclinação das camadas é preciso executar, além do tiro directo E_1 , um segundo tiro E_2 , chamado inverso, ao qual corresponde uma segunda dromocrónica



Fig. 2 — Material ligeiro de prospecção eléctrica



Fig. 3 — Sondagem eléctrica sobre o terreno

cujas comparações com a primeira permite calcular as verdadeiras velocidades nos diferentes meios assim como as inclinações.

No caso de camadas paralelas, a profundidade e do substrato, na vertical do ponto de exploração E pode ser calculada, quer a partir da abscissa FB do vértice da dromocrónica por meio da fórmula

$$e = \frac{AB}{2} \left| \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1} \right|$$

(em que V_1 e V_2 representam as verdadeiras velocidades nos terrenos respectivos), quer a partir da ordenada na origem ET do segmento da dromocrónica correspondente ao meio considerado por meio da fórmula: $e = \frac{ET \cdot V_1}{2 \cos i}$

sendo i o ângulo de incidência.

A aparelhagem compreende um oscilógrafo, amplificadores, geofones, fontes de alimentação das lâmpadas e do motor do oscilógrafo, um detonador e cabos sísmicos cujo comprimento é geralmente de 110 m. Os filmes são revelados no local a seguir de cada tiro. O peso do material é da mesma ordem que o da sondagem eléctrica e é igualmente fraccionável (fig. 6).



Fig. 4 — Camião laboratório electro-sísmico

O consumo de explosivos é reduzido, 75 kg a 100 kg por mês, e as cargas são enterradas entre 0,5 m e 0,75 m de profundidade, por meio de um trado para evitar os desgastes da superfície.

Uma equipa ligeira de refração sísmica compõe-se dum engenheiro, chefe da missão, dum operador, dum carregador de fogo e de três operários. Em geral a equipa será mista e terá à sua disposição as duas aparelhagens eléctrica e sísmica, o que lhe permitirá fazer face aos diversos problemas geológicos que podem aparecer durante o estudo. Para os estudos importantes, o laboratório móvel (montado em camião) permitirá aplicar os dois métodos.

Rendimento e custo

O rendimento duma equipa ligeira, tanto na prospecção eléctrica como sísmica, é de algumas estações por dia, 3 a 6, de acordo com as condições geológicas e a profundidade do estudo, o que corresponde a 80 a 130 por mês.

A superfície estudada dependerá da densidade das estações, que é muito variável com a natureza do problema, e a malha de medida será tanto mais larga quanto maior for a pro-

fundidade do estudo. Assim, no estudo de solos de fundação, esta densidade poderá variar de quatro estações eléctricas ou bases sísmicas por hectare a uma estação por hectare.

No que respeita a precisão a esperar das avaliações de espessura, pode dizer-se que o erro médio cometido é da ordem de 10 %, que pode descer a 5 % nos estudos pormenorizados, portanto de maior duração, e quando se dispõe de sondagens de referência.

Terminaremos este capítulo dando algumas indicações sobre o preço de custo total dos estudos geofísicos aplicados a estes problemas. Pode considerar-se que a despesa mensal corresponde ao custo de 180 m a 230 m de sondagem, de acordo com o método utilizado, ou seja a uma dúzia de sondagens de 20 m de profundidade, que forneceriam dados inegavelmente de muito interesse mas muito incompletos, ao passo que a geofísica permite obter uma carta geral abrangendo uma área de 25 ha a 1 km².

Por outro lado, em França pelo menos, estes estudos podem ser empreendidos mesmo que sejam de curta duração (alguns dias).

O seu preço de custo unitário será então forçosamente um pouco mais elevado (custo diário), mas o mesmo se dá com as sondagens dado o seu pequeno número neste caso.

Exemplos de problemas tratados pela geofísica

Apresentaremos em primeiro lugar três exemplos de aplicações à Engenharia Civil e depois quatro de estudos de solos de fundação.

BARRAGEM E CANAIS DE DERIVAÇÃO DE SAULT-BRENAZ

Este projecto faz parte do aproveitamento hidroeléctrico do vale do Ródano, a montante de Lião. Esta região, situada no limite sul do Jura, compreende calcários profundamente recortados pelos glaciares e pelo Ródano, e uma cobertura de aluviões recentes. O problema consistia em pormenorizar a topografia subterrânea, muito acidentada, dos calcários, numa zona de 5 km de comprimento e várias centenas de metros de largura.

Este estudo foi executado pelo método de refração sísmica. As velocidades obtidas nos quatro terrenos foram as seguintes:

Terrenos	m/s
camada superficial	300 a 600
aluviões secas	1000 a 1400
aluviões húmidas	1600 a 2000
calcários	4500 a 5400

Verifica-se que as velocidades são nitidamente diferentes, em especial nos calcários e no recobrimento. Utilizaram-se 120 bases sísmicas, compreendendo cada uma 12 geofones, dispostas ao longo de perfis com um comprimento total de 15 km, variando o intervalo entre os geofones entre 3 m a 20 m ao longo das bases. A duração do estudo foi de mês e meio.

Algumas sondagens anteriores à prospecção sísmica tinham revelado a existência de profundos sulcos, tais como o S_1 , cuja parte sudeste já era conhecida (fig. 7). Este sulco foi acompanhado pela prospecção sísmica numa extensão de cerca de 2 km à profundidade de 30 m. A sua largura é aproximadamente de 15 m e a sondagem $F 117$, executada sobre o eixo provável do sulco de acordo com os dados da prospecção sísmica, foi interrompida nas aluviões à dis-

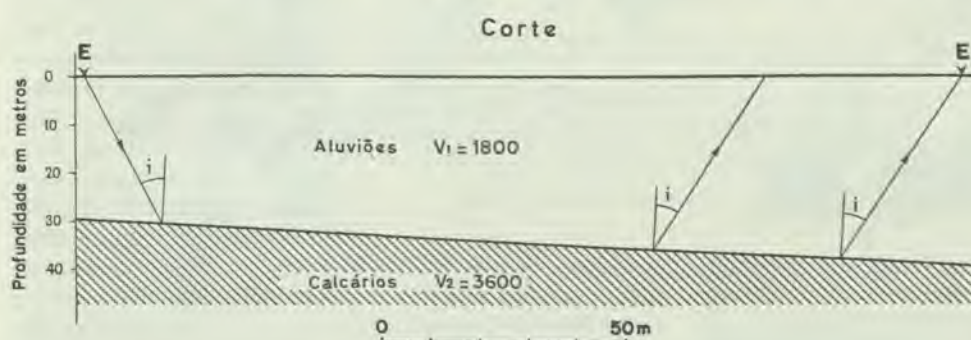
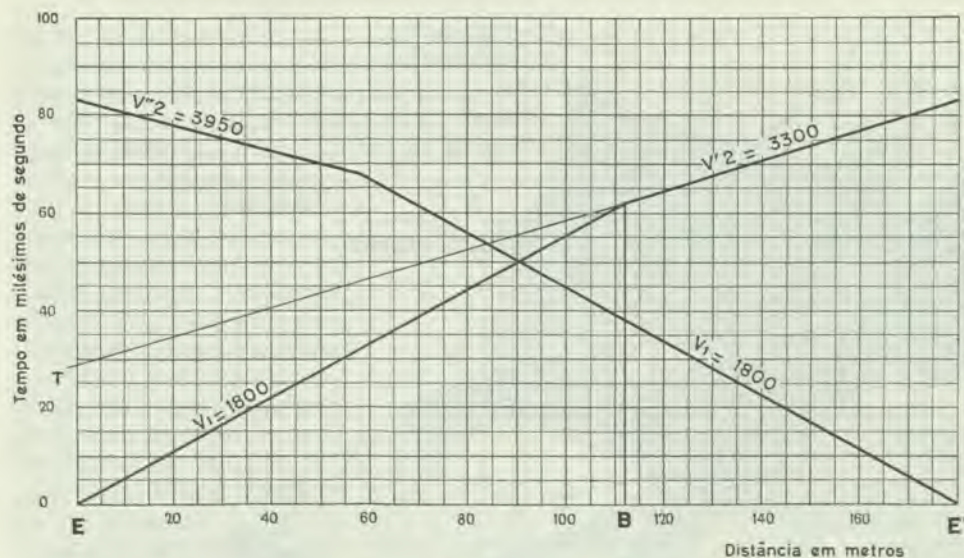


Fig. 5 — Exemplo de dromocrónicas

tância de 53 m, sem ter encontrado os calcários. As sondagens adjacentes, F 114 e F 115, dum lado e doutro, confirmaram bem o corte elaborado a partir dos resultados da prospecção sísmica. A fig. 8 reproduz as dromocrónicas duma base do perfil Fe e a secção correspondente do «cañon», junto da sua intersecção com um outro sulco, numa zona onde ele é relativamente estreito.

Este sulco S_2 foi acompanhado numa extensão de 30 m para sudeste e a sua intersecção a noroeste com S_1 foi também determinada.

Finalmente, um profundo vale subterrâneo desconhecido, S_3 , com uma profundidade de 80 m, foi estudado numa extensão de 400 m. Devido à sua maior largura, este vale corresponde provavelmente a uma escavação glaciária, ao passo que os sulcos S_1 e S_2 são de origem fluvial.

Acrescentaremos que também se efectuaram medições no Ródano sem nenhuma explosão no rio, por meio dum cabo sísmico especial, num sector em que as águas tinham grande turbulência. Os resultados obtidos são de uma precisão idêntica à das interpretações em terra firme. Assim o perfil C, num ponto em que o Ródano tem uma dezena de metros de profundidade, confirmou e precisou o prolongamento do sulco S_1 .

ESTUDO DUMA SECÇÃO DA GALERIA DE CHEGADA DA QUEDA DE PASSY-ARVE

O projecto compreendia a captação do Arve junto da ponte de Houches e uma galeria de chegada na queda de Passy-Arve. Perto do casal de Vandagne, uma janela de 250 m de comprimento tinha revelado a existência de xistos detri-

ticos com importantes veios de água, que exigiam uma betonagem progressiva e laboriosa.

O estudo por prospecção eléctrica teve o objectivo de determinar a extensão de terrenos mal consolidados, por medições à superfície do solo, e pesquisar a presença eventual de rochas mais compactas.

A prospecção incidiu sobre uma zona onde a espessura dos terrenos por cima das obras variava entre 60 m e 280 m. As técnicas empregadas foram a sondagem eléctrica na linha de emissão AB de 600 m a 1000 m e o perfil de resistividade na linha AB de 500 m, sendo os cabos desenrolados tanto quanto possível ao longo das curvas de nível do terreno que era muito acidentado. Os terrenos faziam parte duma série hulhifera metamórfica com xistos cinzentos escuros do tipo da ardósia e inclusões de xistos triássicos cloritosos. Estas formações estavam cobertas por detritos e moreias, de 5 m a 10 m de espessura.

As medições mostraram, em primeiro lugar, que a resis-

tividade em ohms por metro dos xistos friáveis variava de 450 a 1000, enquanto a dos xistos são atingia 2000 a 3000. Os trabalhos duraram duas semanas e compreenderam a execução de dezasseis sondagens eléctricas e de cinco perfis de resistividade. Os resultados são apresentados na carta de resistividade em ohms por metro (fig. 9) na qual se traçaram as curvas de igual resistividade de 1000, 1300, 1500, 2000 e 3000.



Fig. 6 — Aparelhagem de refração sísmica

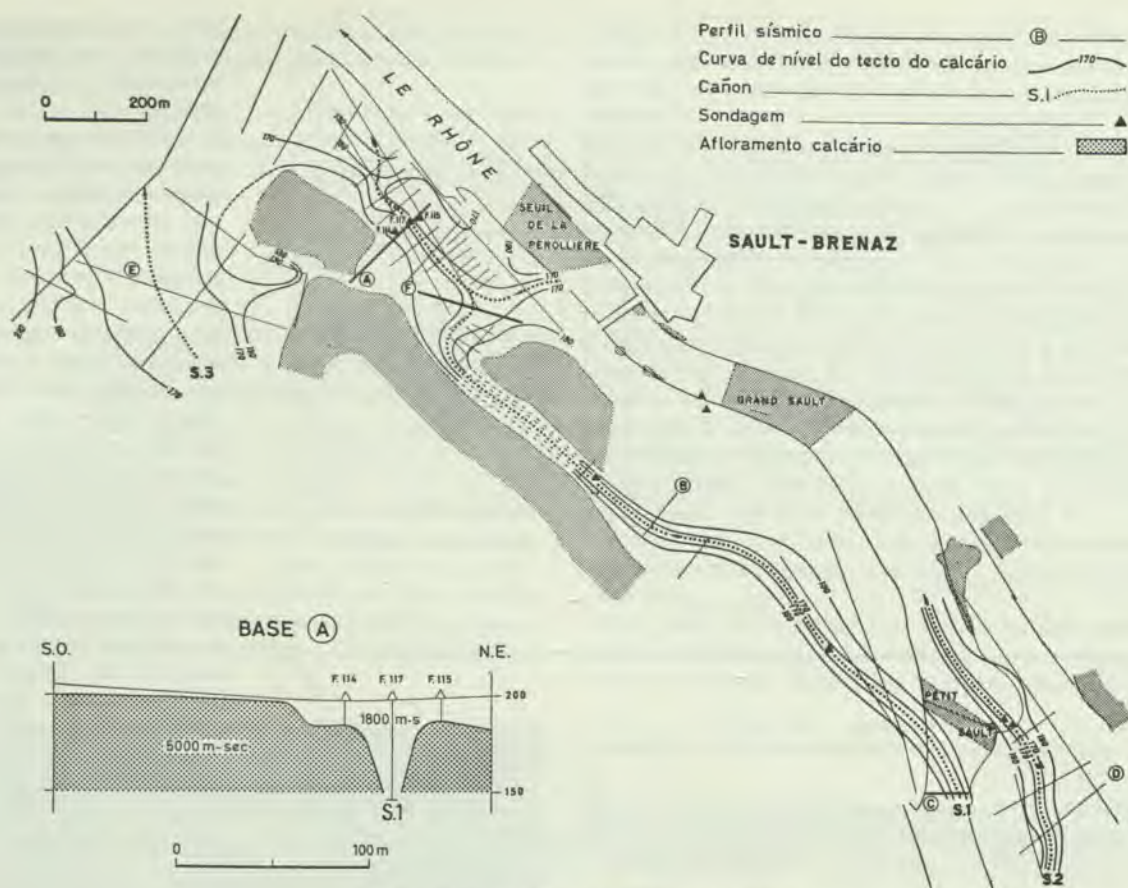


Fig. 7 — Curva de nível do tecto da rocha calcária

O exame das sondagens eléctricas, juntamente com o comportamento mecânico dos terrenos, mostraram que as rochas deviam ser consideradas suspeitas. Era precisamente numa destas zonas que tinham sido projectadas e traçadas a janela e a galeria. O corte eléctrico vertical dos terrenos ao longo da galeria (fig. 10), na qual se indicaram, a título de exemplo, as sondagens eléctricas n.º 8 (xistos detríticos) e n.º 16 (xistos compactos) ilustra bem esse facto. Assim o geofísico recomendou que, se possível, o traçado da galeria fosse deslocado para norte onde se encontram terrenos de resistência bem comprovada pela sua elevada resistividade em ohms por metro de 1500 a 3000.

APROVEITAMENTO HIDRO-ELÉCTRICO DO VALE DO RÔDANO; ESCALÃO DE DONZÈRES-MONDRAGON; DESCOBERTA DA ROCHA DE SAINT-PIERRE

Num primeiro projecto deste escalão previa-se a construção da central e da comporta em Mondragon, assentes nas margas azuis do Plioceno, de resistência medíocre, situados logo abaixo das aluviões. Contudo, tendo-se encontrado rocha a 10 m de profundidade, contra toda a expectativa, numa das primeiras sondagens de reconhecimento do canal de restituição, fez-se apelo à geofísica para delimitar o que se julgava ser um simples bloco de grés calcário, e que

afinal se verificou ser uma camada rochosa de cerca de 3 km de comprimento e uma dezena de metros de profundidade, o que obrigou a desviar o traçado do canal de restituição para oeste.

Foi então que surgiu a ideia de verificar se as sondagens, executadas quilómetro a quilómetro, ao longo do canal de chegada, não teriam deixado escapar um espigão rochoso, que constituiria um verdadeiro achado para a fundação da central e da comporta. Foi assim que se descobriu a rocha de Saint-Pierre pelo método da sondagem eléctrica.

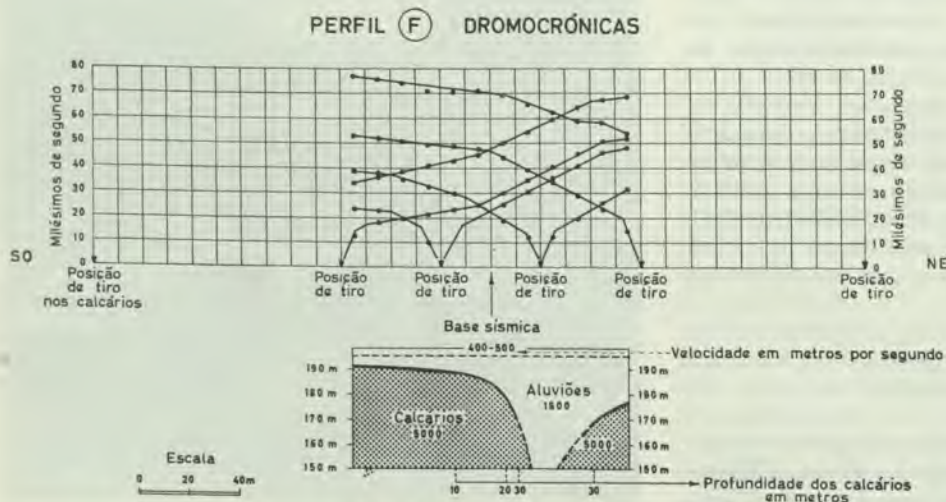


Fig. 8 — Exemplos de dromocrónicas

Na fig. 11 apresentam-se dois diagramas de sondagem eléctrica: um, o 307, corresponde às aluviões do Ródano que compreendem siltes pouco espessos e condutoras, à superfície e depois cascalho e areias resistentes assentes sobre margas azuis com 35 Ω/m ; o outro diagrama, a sondagem eléctrica 351, diz respeito sensivelmente às mesmas aluviões apenas um pouco menos espessas mas assentes sobre uma rocha com 65 Ω/m . Era assim fácil distinguir, por meio desta técnica, a natureza do substrato. A fig. 12 representa, em planta, a rocha de Saint-Pierre descoberta entre as antigas sondagens de reconhecimento 307 e 308. Esta saliência rochosa compreende dois espigões recobertos por cerca de 10 m de aluviões, o que foi plenamente confirmado pelas sondagens de controle e pelas escavações posteriores. Acrescentemos que, a partir de 1946, se fizeram reconhecimentos preliminares sistemáticos e muito cuidados pelos métodos eléctricos e de refração sísmica, nos diferentes escalões deste aproveitamento do Ródano.

ESTUDO DUMA BASE AÉREA EM JEMA-SAIM, NA REGIÃO DE SAFI (MARROCOS)

O problema consistia em reconhecer a natureza da camada superficial até à profundidade de 10 m, delimitando em especial as zonas arenosas eventuais. Os estudos geofísicos, que duraram semanas, compreenderam sondagens eléctricas e perfis de resistividade. Efectuaram-se assim 141 sondagens eléctricas na linha de emissão AB, de 50 m a 100 m, e 366 medidas de resistividade na linha AB de 9 m, numa superfície de cerca de 2,7 km². Do ponto de vista geológico, estava-se em presença de siltes argilosos sendo o substrato formado por tufos

calcários, lenticulas de areia e calcários pliocenos compactos.

Era importante reconhecer a repartição dos diferentes terrenos de recobrimento pouco profundos (até uma dezena de metros de profundidade) para estudo da estabilização e compactação dos solos.

Foram executados, com efeito, três cortes geológicos horizontais às profundidades de 10 m, 5 m e 2 m. Estes resultados foram obtidos a partir de cartas de resistividade deduzidas de sondagens eléctricas e perfis de resistividade. As resistividades em ohms por metro dos terrenos eram as seguintes:

siltes argilosos e argila	—	4 a 15
tufos calcários	—	100 a 130
areias	—	mais de 100
calcários	—	150 a 500

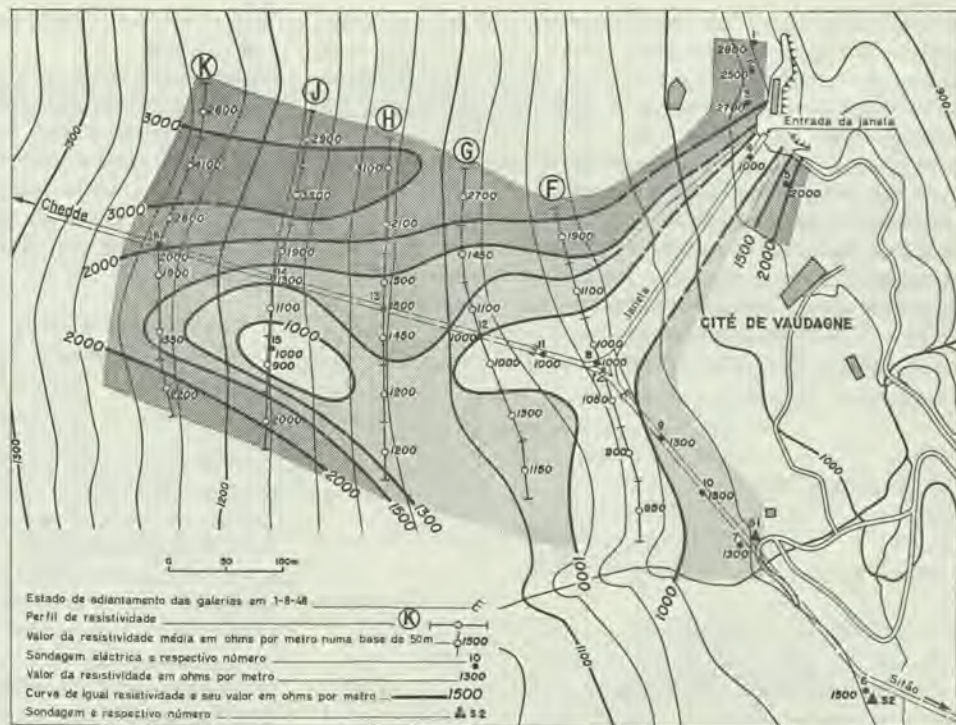


Fig. 9 — Galeria de chegada de Passy-Arve. Carta da resistividade na linha AB = 500 m

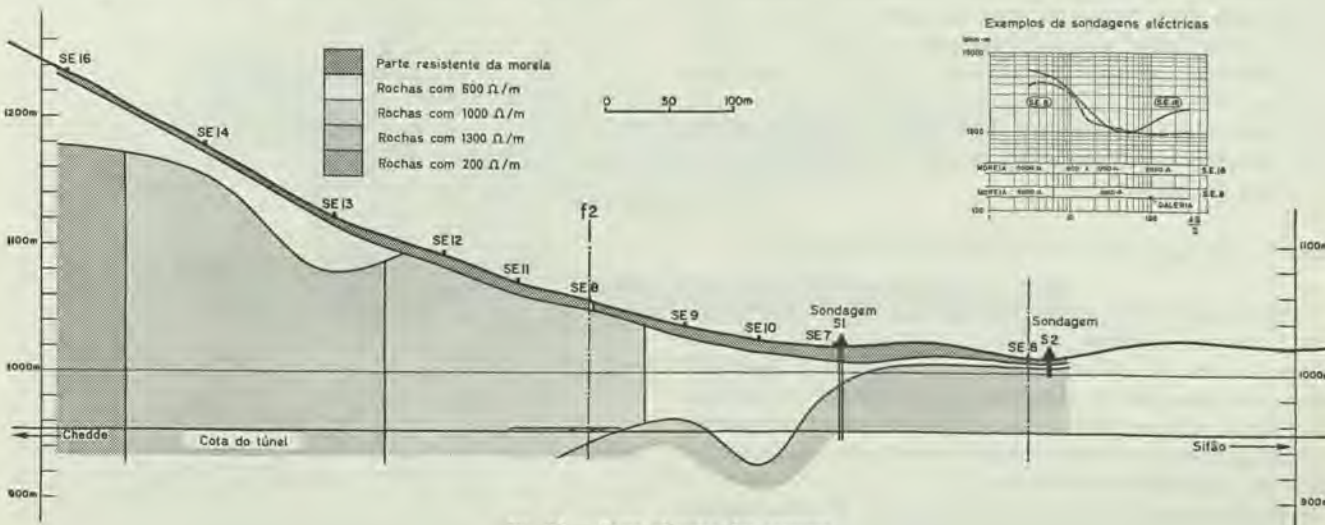


Fig. 10 — Corte eléctrico dos terrenos

Assim, era fácil distinguir electricamente as siltes, dos tufos, areias e calcários do substrato, assim como os tufos e as areias, dos calcários. Contudo as areias distinguíam-se dificilmente dos tufos, excepto no caso particular das areias argilosas (fig. 13).

A espessura total do recobrimento foi determinada por meio de sondagens eléctricas, a partir das quais se estabeleceu uma carta cotada do tecto dos calcários. Esta carta permitiu descobrir os leitos de antigos «oueds» aos quais convinha limitar a pesquisa das lenticulas arenosas.

As cartas geológicas correspondentes às profundidades de 10 m e 5 m mostram nitidamente as zonas dos calcários e dos tufos a estas cotas. Sobre a carta a 2 m de profun-

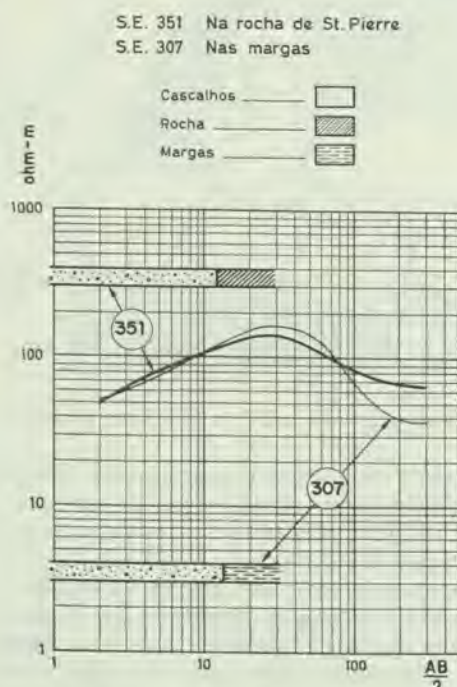


Fig. 11 — Exemplo de sondagem eléctrica

didade, já não se encontram senão tufos, siltes e lenticulas de areia.

Procedeu-se seguidamente à delimitação destas lenticulas por meio de perfis de resistividade na linha de emissão *AB* de 9 m, técnica que permite determinar rapidamente a extensão dum banco de areia resistente num meio condutor, constituído no caso presente por siltes ou argila. A espessura das areias foi em seguida avaliada por sondagens eléctricas.

Reconheceram-se assim três lenticulas arenosas, embora não se tenha procedido a um estudo sistemático de todas as zonas favoráveis.

DESVIO DE MANTES NA ESTRADA NACIONAL N.º 13

O anteprojecto previa um desvio da Estrada Nacional n.º 13, entre Mantes e Rosny, a fim de evitar estas localidades. Assim, antes de iniciar as obras, recorreu-se à geofísica para determinar no eixo da futura estrada e numa extensão de 5 km a natureza dos terrenos nos cinco primeiros metros e para procurar, na proximidade imediata da via, materiais de boa qualidade para os aterros.

Os terrenos a estudar compreendiam, além de terra vegetal arenosa, um banco de sílex bem cimentado, depois aluviões

argilo-arenosas, areias puras bastante raras, e um substrato de cré.

Assim, executaram-se três perfis longitudinais de resistividade com linhas de emissão *AB* de 15 m e 35 m, o primeiro coincidente com o eixo da estrada e os outros dois, de 70 m, de um e de outro lado do perfil central. Em seguida efectuaram-se treze sondagens eléctricas para facilitar a interpretação das duas cartas de resistividade.

As resistividades em ohms por metro dos terrenos eram as seguintes

1. Terra vegetal e banco de sílex	100 a 300
2. Aluviões argilo-arenosas	10 a 70
3. Areias puras	1000
4. Cré	100 a 400

As sondagens eléctricas da fig. 14 dizem respeito à determinação desta escala de resistividades.

Verifica-se assim que foi possível avaliar a espessura do terreno superficial (1), das aluviões argilo-arenosas (2) e, portanto, a profundidade da cré (4) caso não esteja coberta por areias puras, o que aconteceu frequentemente.

Para estudar com maior precisão a camada de areias (3), seria preciso recorrer à refracção sísmica porque, em prospecção eléctrica, o conjunto (3) + (4) desempenha o papel dum substrato resistente em relação às aluviões (2), sendo em geral indiferenciável nas suas duas partes, ao passo que a velocidade de propagação nas areias é muito diferente da velocidade na cré.

A prospecção pôs assim em evidência sete zonas ao longo do traçado da estrada e forneceu os respectivos cortes. O conjunto dos terrenos (1) + (2) tem uma espessura com-

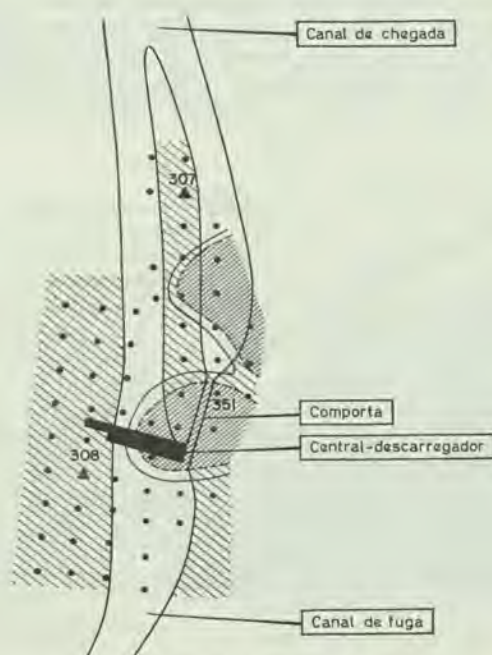
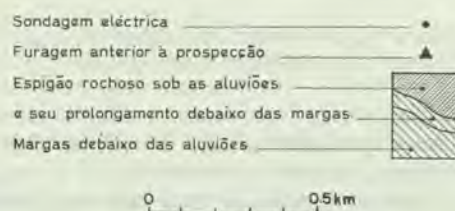


Fig. 12 — Rocha de Saint-Pierre

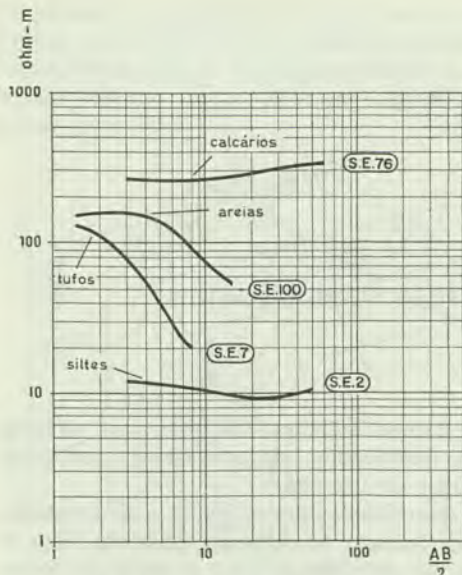


Fig. 13 — Base aérea de Jema-Sahim. Medição da resistividade dos terrenos

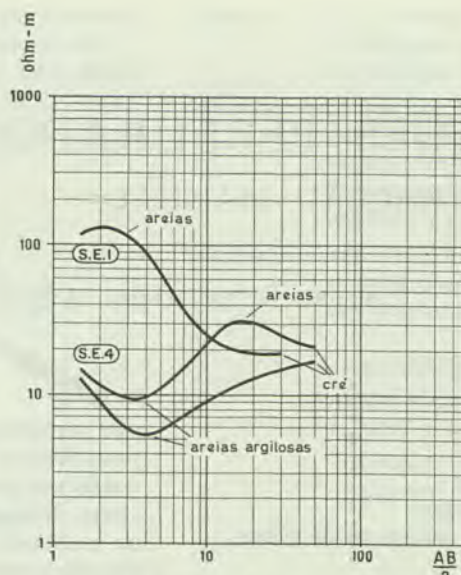


Fig. 14 — Desvio de Mantes na E.N. 13. Medição da resistividade dos terrenos

Sendo os terrenos da mesma natureza em ambos os casos, limitar-nos-emos a apresentar um deles.

Do ponto de vista geológico, tinham-se à superfície as aluviões de antigos terraços, depois uma camada de areias argilosas com veios de água e um leito de cascalho e areia assente sobre argilas plásticas que cobriam a cré.

A escala das resistividades em ohms por metro foi a seguinte:

aluviões	1000
areias argilosas	menos de 30
cascalho e areia	500
argilas plásticas	4 a 5
cré	uma centena

Os resultados da prospecção são apresentados na fig. 14.

Verifica-se que a cré está a uma profundidade média de 11 m, coberta por uma camada de argilas plásticas cuja espessura varia entre 4 m a 10 m devido à erosão provocada por um antigo vale preenchido pelo cascalho e areias e as areias argilosas. A espessura total dos terrenos assentes sobre as argilas plásticas atinge 7 m no eixo do antigo leito. O estudo deste primeiro local não exigiu mais que dois dias de trabalho.

Esperamos que o pequeno número de exemplos apresentados atraia a atenção dos leitores e que os incitem a aplicar mais frequentemente a geofísica quando tenham que resolver problemas análogos. Foi este essencialmente o fim que nos propusemos ao escrever este artigo.

J.-J. BREUSSE

Engenheiro pela Ecole Nationale Supérieure des Mines

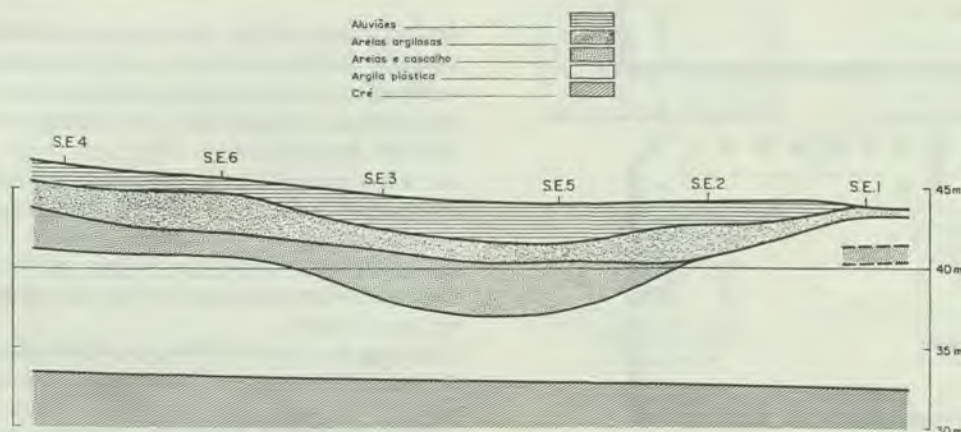


Fig. 15 — Estudo do solo de fundação para um reservatório elevado de água em Seine-et-Oise. Corte eléctrico dos terrenos

preendida em geral entre 3 m e 5 m. Duas destas zonas apresentavam resistividades elevadas que muito provavelmente correspondem à resistência de areias puras. Esta prospecção foi executada em seis dias.

ESTUDO DO SOLO DE FUNDAÇÃO PARA UM RESERVATÓRIO ELEVADO DE ÁGUA EM SEINE-ET-OISE

Trata-se dum pequeno estudo de alguns dias do solo de fundação para um grande reservatório elevado. O problema consistia em determinar a profundidade da cré que constituía o substrato, a natureza e a espessura dos terrenos sobrepostos.

Era preciso prospectar duas localizações possíveis, afastadas de algumas centenas de metros, onde se efectuaram doze sondagens eléctricas.