

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

**Pesquisa Geofísica com Finalidade Geotécnica ao Longo do Eixo da Via Rápida
Odivelas - Malveira (Portugal)**

Flávio Koff Coulon

Pesquisas em Geociências, 2 (1): 61-72, Set./Dez., 1973.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21863>

Publicado por

Instituto de Geociências



Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - Set./Dez., 1973.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

pesquisa geofísica com finalidade geotécnica ao longo do eixo da via rápida odivelas - malveira (portugal)

FLAVIO KOFF COULON*

SINOPSE

Uma pesquisa geofísica de refração sísmica com finalidade geotécnica levada a efeito ao longo do eixo da futura via-rápida Odivelas - Malveira, nos arredores de Lisboa, foi realizada com a finalidade de se obter uma previsão da qualidade e ripabilidade do material a ser desmontado e um dimensionamento adequado do equipamento a ser utilizado.

Estabelecida uma velocidade sísmica de 1.700 m/s como limite básico para a ripabilidade das diferentes rochas encontradas ao longo do eixo, verificou-se que apenas 6% dos basaltos, 15% dos arenitos e 35% dos calcários não seriam desmontados por um trator Caterpillar D-9 dotado de «ripper».

I - INTRODUÇÃO

O trabalho versa sobre uma pesquisa geofísica de refração sísmica com finalidade geotécnica ao longo de uma futura auto-estrada, em Portugal.

A finalidade do trabalho era conhecer as características de ripabilidade («rippability») dos materiais nos futuros cortes, ao longo de todo eixo da estrada, em termos de velocidade de propagação da onda sonora a fim de compará-los com a respectiva tabela fornecida pela

Caterpillar, para um melhor dimensionamento do equipamento a ser utilizado.

São apresentadas considerações sobre o método de refração sísmica, sobre o método de trabalho utilizado, sobre a rotina e a aparelhagem empregada, sobre a Geologia da região e sobre os trabalhos e cálculos de gabinete.

Analisando os valores obtidos, considerou-se que a velocidade sísmica de 1.700 m/s seria um bom valor para fixar como base nas condições de ripabilidade o que indicaria um «ripper» D-9 como a máquina mais adequada para os desmontes.

Esse limite interessa, na região, os arenitos até uma profundidade média de 6m, os calcários até 5m e os basaltos até 7m.

Como base nos perfis topográficos e sísmicos verificou-se que apenas 6% dos basaltos, 15% dos arenitos e 35% dos calcários poderiam ser considerados não ripáveis.

Em se tratando de uma nota de divulgação destinada especialmente aos acadêmicos de Geologia e Engenharia, procurou-se dar um certo detalhe a todas as diversas fases do trabalho, quer de campo quer de gabinete.

* — Professor-Assistente da Cadeira de Geotécnica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e bolsista da Fundação Calouste Gulbenkian e do Conselho Nacional de Pesquisas no Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa Portugal.

II - AGRADECIMENTOS

A Divisão de Prospecção do L.N.E.C. pela oportunidade de participação no trabalho e acesso a bibliografia e relatórios.

Ao Experimentador Sr. João Ferreira Antunes pela amizade e grande colaboração prestada.

III - FINALIDADE DO TRABALHO

O trabalho foi solicitado por uma firma especializada em projetos de estradas que desejava obter uma idéia de ripabilidade («rippability») dos materiais nos futuros cortes, em termos de velocidade de propagação da onda sonora, para comparação com a respectiva tabela fornecida pela Caterpillar. O equipamento a ser utilizado na obra será dimensionado em função das velocidades encontradas.

Essa pesquisa, por outro lado, substituiria vantajosamente uma campanha de sondagens ao longo do eixo não só por se apresentar mais expedita como também por proporcionar uma maior continuidade às observações.

Além disso, sendo que a concorrência para a execução da estrada terá um caráter internacional, a firma projetista interessa uma boa previsão da qualidade e natureza do material a ser desmontado (= ripado = escarificado) de tal modo que se evite ao máximo discussões em torno desse material (tais como as freqüentes dúvidas entre, por exemplo, rocha alterada e alteração da rocha) bem como que se dimensione de maneira econômica o equipamento a ser chamado para a execução da obra.

Trabalhando em termos de velocidade de propagação do som das diferentes formações e não em termos de litologia a faixa de dúvida se reduz apreciavelmente.

IV - MÉTODO DE REFRAÇÃO SÍSMICA

O percurso das ondas sísmicas no solo é considerado pelas mesmas leis da propagação dos raios luminosos. As ondas sísmicas são refratadas e refletidas em qualquer superfície onde haja mudança de velocidade. Em vista disso, observa-se um desvio do tempo normal de percurso quando um meio de diferente velocidade ocorre em profundidade. Quando a variação do tempo de percurso em função da distância tenha sido determinada, as profundidades e a na-

tureza das camadas refratoras podem ser deduzidas a partir das curvas percurso-tempo. Se a velocidade dentro de uma certa camada é constante, os raios sísmicos podem ser considerados diretos. A teoria da propagação da onda é baseada na lei da refração de Snell e, no princípio de Fermat que estabeleceu que a energia sísmica segue o trajeto que lhe capacite viajar desde o ponto de partida até o ponto de recepção num mínimo de tempo.

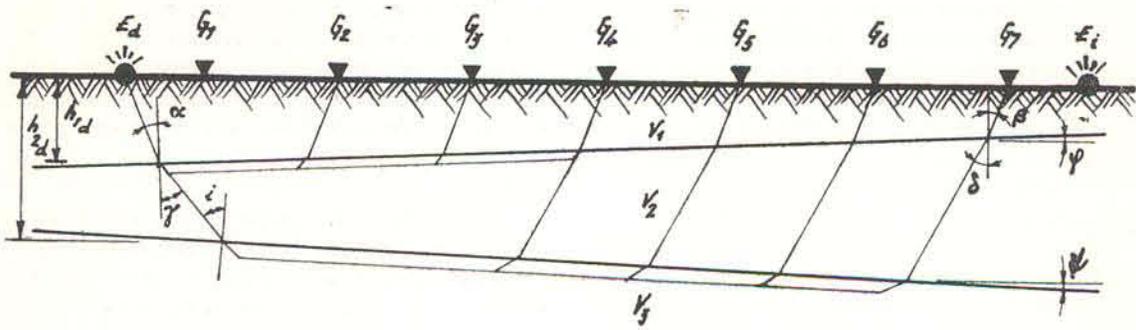
Em disparos de refração, é colocada uma carga em determinada locação e são instalados geofones, em linha reta, de preferência em intervalos iguais. Os perfis podem ser corridos paralelamente à direção das camadas, normalmente a elas ou em ambas as direções.

Para formações mergulhantes, os perfis são disparados tanto no sentido do mergulho como contrariamente a ele. Os cálculos de profundidade são baseados na análise tempo-estímulo (impulso) dos sismogramas. Os estímulos são identificados e correspondem à chegada dos diferentes tipos de ondas; seu tempo de chegada é medido a partir do instante do tiro. Na prática, somente são utilizados os impulsos das ondas longitudinais. Os primeiros impulsos ou «quebras» são devidos à camada de alta velocidade mais profunda dentro do conjunto. Se os impulsos posteriores (devidos a camadas mais superficiais de velocidades mais baixas) são registrados, como é o caso da pesquisa em foco, eles devem ser considerados. Contudo, as determinações de profundidade devem ser baseadas apenas no primeiro impulso. Os tempos de percurso são marcados versus as distâncias de recepção das várias estações, a partir do ponto de tiro. Assim, obtém-se a curva tempo-percurso ou dromocrônica. Ela consistirá de uma linha simples se somente forem computados os primeiros impulsos, mas poderá apresentar vários ramos se os impulsos posteriores forem utilizados. Se a linha é reta e mantém, essencialmente, a mesma inclinação para todas as distâncias, não foram atingidas camadas de velocidade maiores. Quando ocorrem quebras (mudanças de inclinação) elas são atribuídas à uma variação nas condições litológicas. (HEILAND - 1951). Figura nº 1.

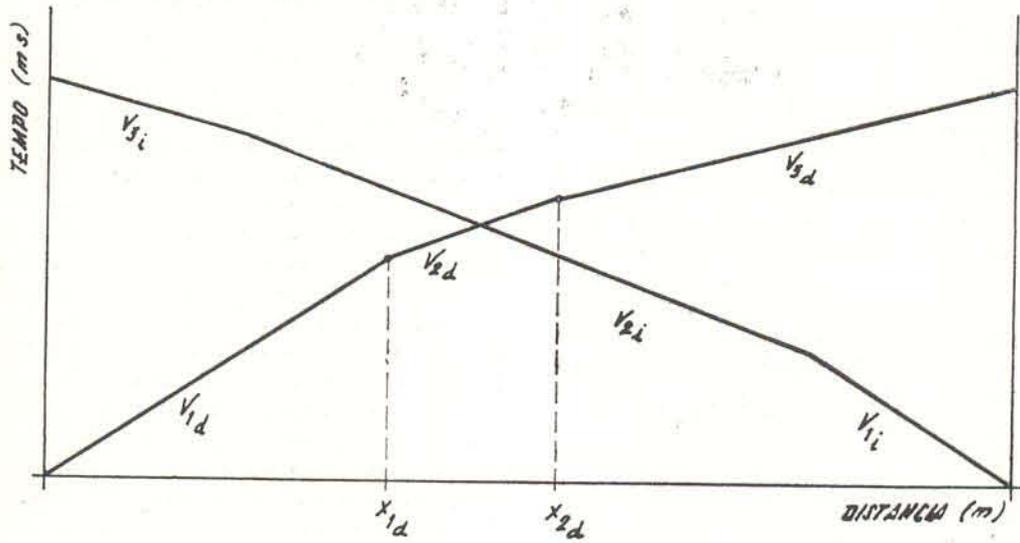
V - MÉTODO DE TRABALHO PROPOSTO

Ficou assentado que seriam ocorridos perfis sísmicos de 50m de extensão no eixo lateral

a)



b)



$$h_{1d} = \frac{x_{1d}}{2} \sqrt{\frac{v_{2d} - v_{1d}}{v_{2d} + v_{1d}}} \quad (1)$$

$$h_{2d} = \frac{5}{6} h_{1d} + \frac{x_{2d}}{2} \sqrt{\frac{v_{3d} - v_{2d}}{v_{3d} + v_{2d}}} \quad (2)$$

$$v_{1d} = v_{1i} \quad (3)$$

$$v_2 = \frac{2 v_{2d} v_{2i}}{v_{2d} + v_{2i}} \quad (4)$$

$$v_3 = \frac{2 v_{3d} v_{3i}}{v_{3d} + v_{3i}} \quad (5)$$

FIG. 1 - MÉTODO SÍSMICO DE REFRAÇÃO (ref. Heiland)

esquerdo, no eixo central e no eixo lateral direito da futura via-rápida. Tais perfis manteriam um afastamento lateral de 12 a 20m.

Ficou estabelecido, também, que os perfis somente seriam necessários em zonas onde o gradiente («grade») da estrada mostrava haver necessidade de futuros desmontes em, no mínimo, dois dos eixos.

Foram fornecidas as plantas topográficas de implantação da estrada, em escala 1:1.000 e com precioso detalhe; os três perfis topográficos dos eixos, em escala horizontal 1:1.000 e vertical 1:200 e um mapa geológico da faixa onde se inserirá a via rápida, com ótimo detalhe e com elogiável precisão. Figura 2 e 3.

O terreno foi estaqueado, no eixo central, de 100 em 100 metros.

Isso posto, dado ao caráter do trabalho e de suas finalidades, bem como a natureza dos terrenos a prospectar, decidiu-se que:

1. os tiros seriam detonados em furos com 0,80m de profundidade e com cargas de 100 a 200 gramas de gelamonite a 33%;
2. os tiros distariam 6 metros do primeiro geofone;
3. a distância constante entre os 11 geofones seria de 5 metros;
4. seriam corridos perfis de 50m tanto no sentido direto como no sentido inverso;
5. a equipe de trabalho seria constituída por um engenheiro responsável, um experimentador, e mais três auxiliares de campo;
6. um geólogo deslocar-se-ia periodicamente ao campo a fim de dar cobertura geológica à prospecção, tratando de estabelecer futuras relações entre a geologia e os resultados obtidos;
7. paralelamente aos serviços de campo, seriam efetuados os trabalhos de gabinete de tal modo que se mantivesse uma perfeita sintonia entre ambos. Dessa maneira existia sempre a possibilidade de obtenção de novos dados no campo quando surgissem dúvidas na interpretação realizada no escritório.

O trabalho funcionou mais ou menos, dentro desse esquema.

VI - ROTINA DE TRABALHO

Em linhas gerais, a rotina e seqüência do trabalho era a seguinte: reconhecimento da área, estabelecimento das vias de acesso para o equi-

pamento e escolha dos locais mais favoráveis para a locação do mesmo de tal modo que, se conseguisse o maior número possível de tiros sem se necessitar de deslocamentos. Após, era iniciada a perfuração, com martelete, dos furos de carga explosiva bem como o piqueteamento dos locais de colocação dos geofones. Eram também estabelecidos e piqueteados os perfis laterais.

Posteriormente, instalava-se o equipamento sísmico, carregava-se o furo, ligavam-se os geofones, testava-se o equipamento e o tiro era detonado. Os sismogramas eram revelados no campo, identificados e rapidamente analisados. Isso posto, passava-se à detonação seguinte.

A tarde, os sismogramas eram encaminhados ao escritório lavados, secados e sua interpretação era iniciada.

VII - APARELHAGEM UTILIZADA

Foi utilizado na pesquisa um equipamento sísmico EletroTech de 12 canais que constava de uma unidade de entrada, uma unidade de alimentação, uma unidade amplificadora de 12 canais, um oscilógrafo e um explosor.

O material acessório principal constava de 2 grupos de baterias de 13 volts, alcalinas, Nife, um carretel de fios de tiro, um carretel de fios de geofones, doze geofones, barra de ferro para a terra, uma câmara escura para revelação de filmes e o material acessório para abertura de picadas e piqueteamento do terreno.

Os furos para os tiros eram executados por um martelete Cobra, a ar comprimido.

O equipamento em foco é muito pouco portátil, tanto em função do número de aparelhos e acessórios como também do seu peso. Foto 1.

Modernamente, esse problema já está superado e atinge-se uma ótima produtividade com equipamento mais simplificado e de fácil deslocamento.

VIII - GEOLOGIA DA REGIÃO

A Folha de Loures, onde se situará quase que integralmente a auto-estrada, abrange a região do Baixo Tejo com sua entrada no Mar da Palha. A metade oriental da folha corresponde, na sua maior parte à planície aluvial deste rio, incluindo também, em ambas as suas margens, alguns restos de antigos terraços.



27437

Foto nº 1 - Equipamento utilizado na pesquisa geofísica em foco.

A metade ocidental apresenta, pelo contrário, terrenos mais antigos que vão do Jurássico Inferior ao Quaternário.

Segundo ZBYSZEWSKI (1964) é possível subdividi-la em várias unidades estruturais, secundárias, tais como:

a) a região jurássica ocupando o extremo norte do mapa entre Póvoa da Galega e Alhandra;

b) a zona dos afloramentos cretáceos entre Venda do Pinheiro, Lousa, Bucelas e Alverca;

c) a zona dos afloramentos paleogênicos («Complexo basáltico de Lisboa» e «Camadas de Benfica») separadas em dois conjuntos pela extremidade oriental da anticlinal cretácea de Caneças: a norte, um conjunto de afloramentos, formando sinclinal na sua extremidade oeste estendendo-se entre A-dos-Cães, Loures e Via Longa: a sudoeste, um segundo grupo constitui a bacia da Ribeira de Odivelas;

d) as áreas anticlinais cretáceas de Caneças e de A-de-Beja;

e) a zona dos afloramentos miocênicos formando, entre Lumiar, Olivais, Sacavem e Alverca, um pequeno planalto inclinado para sudoeste em direção ao Tejo.

Como o trabalho efetuado desenvolveu-se sobre as três unidades estruturais primeiramente citadas, desprezar-se-á o detalhe das duas últimas. Figura nº 2.

Formação Benfica (Oligoceno)

O trabalho foi iniciado na porção inferior dessa formação, sobre conglomerados constituídos por seixos rolados, quartzosos, calcáreos, com alguns fragmentos de basalto dispersos; o material cimentante é uma marga avermelhada ou branca e, por vezes, calcário. O solo de alteração, arenoso, é de pouca espessura.

Complexo Basáltico de Lisboa (Eoceno)

É constituído por uma sucessão de derrames lávicos separados um dos outros por níveis de piroclásticos (brechas, aglomerados, tufos, cineritos, cinzas etc.), e por algumas camadas sedimentares (conglomerados, argilas, etc.) contendo por vezes, moluscos terrestres e alguns vertebrados indetermináveis.

Esse complexo assenta indiferentemente sobre o Turoniano ou sobre o Cenomaniano. A sua espessura varia bastante, de ponto para ponto, atingindo mais de 400m na região em foco.

Na zona prospectada, os basaltos apresentam-se, em geral, bastante alterados sendo que raramente se encontra rocha aflorando. Apresentam forte diaclasamento e são frequentes os fenómenos de disjunção esférica.

Dado ao carácter progressivo do grau de alteração, em profundidade, torna-se difícil a interpretação dos resultados da prospecção sísmica no que diz respeito a segunda «camada» pois como não existe uma zona de nítida diferença litológica no perfil de alteração, torna-se problemática a definição dos contrastes sísmicos.

Turoniano (Cretáceo)

O Turoniano é constituído por calcários compactos, semi-cristalinos, fossilíferos, acinzentados e esbranquiçados, muito duros.

Não foram corridos perfis sísmicos diretamente sobre essa formação pois os últimos cortes de estrada previstos para a área ainda situavam-se em zona onde se fazia presente uma pequena cobertura de rocha basáltica. Entretanto, ficou clara a influência desses calcários nas velocidades das ondas dos perfis aí corridos.

Por outro lado, dado a relativa uniformidade guardada pelas camadas e o número de bons afloramentos existentes, viu-se «a priori» a impossibilidade da sua ripabilidade.

Cenomaniano (Cretáceo)

Apresenta-se sob a forma de uma sucessão de calcários margosos e margas e, por vezes, dolomita. São camadas extremamente fossilíferas, com Anisocardia, Neithea, Terebratula, Avicula, Ostrea, Pholadomya etc. Os estratos são, geralmente, finos.

Os perfis sísmicos corridos sobre essa formação dão pouca informação uma vez que ocorrem estratos superficiais com velocidades superiores a dos estratos inferiores.

Cretáceo Inferior

Englobam-se aqui as camadas Albiano-Aptiano, Urgoniano, Hanteriviano e Valonginiano por apresentarem, de um modo geral, as mesmas características litológicas, ou seja: arenitos finos e grossos, friáveis a bem cimentados, argilo-cauliníferos, argilo-ferruginosos ou calcários com cores variadas e com intercalações de níveis argilo-arenoso, com impregnações calcárias e de cores cinzento-avermelhado e cinzento-esverdeado.

Os mergulhos variam de 10° a 25° para SSE.

O carácter lenticular das camadas leva a interpretação a resultados duvidosos e singulares.

Portlandiano (Jurássico)

As características litológicas desse complexo variam bastante, de ponto para ponto. Por vezes há predominância de arenito geralmente sem fósseis; outras vezes, predominam as margas ou os margo-calcários. As camadas francamente calcárias são raras.

A sucessão litológica poderá facilitar a ripagem.

IX - TRABALHOS DE GABINETE

A análise dos 450 perfis sísmicos, diretos e inversos corridos tinham a seguinte seqüência:

- 1º cálculo dos tempos de chegada da primeira onda;
- 2º traçado das dromocrônicas;
- 3º cálculo das velocidades das camadas em função das dromocrônicas;
- 4º cálculo das espessuras das camadas em função das velocidades;
- 5º traçado do perfil final.

Detalha-se cada um desses passos a seguir.

1º Cálculo dos tempos de chegada da primeira onda

Nas Figuras 4 e 5 vêem-se sismogramas típicos, direto e inverso, onde foram assinalados os momentos dos tiros e os momentos de chegada da primeira onda a cada um dos geofones, com os respectivos tempos.

Como se pode ver, cada sismograma é dividido por uma série de linhas verticais, traça-

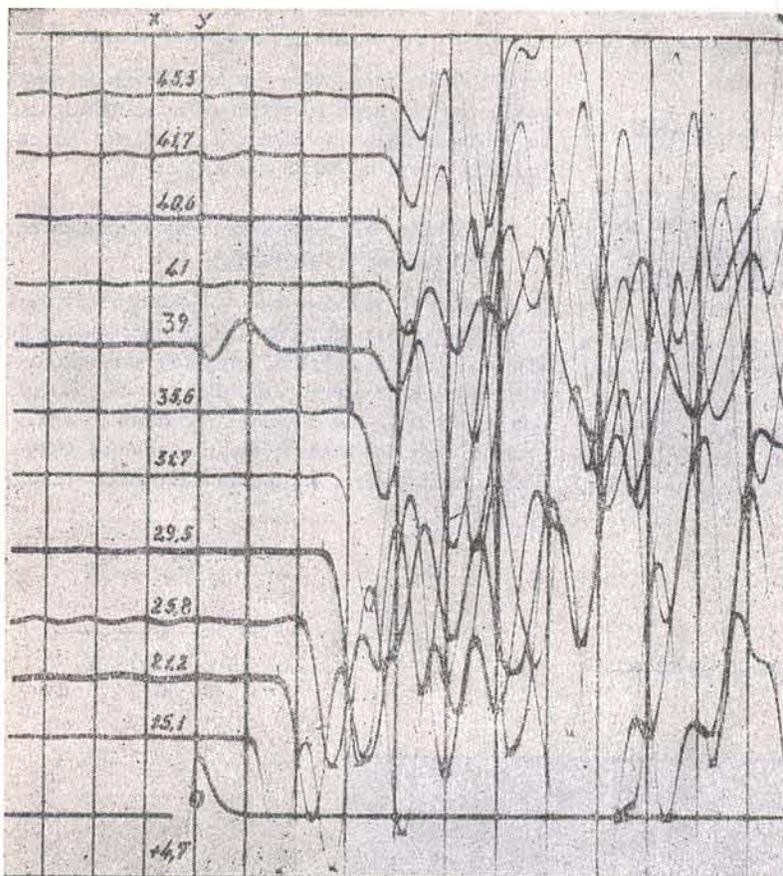


Figura 4 - Sismograma típico, direto.

das pelo próprio aparelho, cujas distâncias entre si representam um intervalo equivalente a 10 milisegundos.

Como a distância entre essas verticais não é sempre constante pois depende da velocidade de desenvolvimento da película fotográfica, que é variável, há que calcular, tanto para o tiro como para a chegada da onda, o quanto equivale o espaço linear percorrido entre as duas últimas verticais de interesse.

No sismograma da Fig. 4

intervalo entre x e y = 6,5mm

intervalo entre x e o momento de tiro = 3,5mm

intervalo de x ao momento do tiro, em tempo = 5,3ms

intervalo do momento do tiro a y, em tempo = 4,7ms

Assim, considerando-se a linha O como a origem da contagem dos tempos até a chegada da onda aos geofones, se deverá somar a esses tempos o valor constante + 4,7ms.

Exemplificando, ainda para o sismograma em foco:

geofone nº 2 - intervalo de tempo decorrido do momento do tiro até a chegada da onda

$$4,7 + 10 + \frac{4,2 \times 10}{6,5} = 21,2 \text{ ms}$$

2º Traçado das Dromocrônicas

Uma vez obtidos os tempos em milisegundos, passa-se ao traçado das dromocrônicas, ou seja, marcam-se esses tempos em um sistema de eixos onde se têm, em abcissas, as distâncias em metros entre os geofones e, em ordenadas, os tempos em milisegundos.

A origem do sistema deve coincidir com o local e o momento do tiro.

Uma vez distribuídos esses pontos, procura-se unir o maior número deles através de retas cujo conjunto final se denominará dromocrônica.

Na Figura 6 são representadas as dromocrônicas diretas e inversas correspondentes aos sismogramas das Figuras 4 e 5.

3º Cálculo das Velocidades em Função das Dromocrônicas

O cálculo da velocidade da primeira camada é feito diretamente em função do tempo gasto e do espaço percorrido; para as demais camadas, as velocidades devem ser corrigidas por fórmulas especiais.

No caso presente, constatou-se que para a maioria dos perfis, as dromocrônicas correspondentes aos sentidos direto e inverso apresentavam valores de velocidades sísmicas bastante próximos uns dos outros. Assim sendo, o cálculo das velocidades V_2 e V_3 fez-se a partir da expressão geral (fig. 1):

$$V = \frac{2 \cos \theta V_d V_i}{V_d + V_i}$$

onde:

θ = ângulo entre a camada refratora e horizontal

V_d = velocidade no sentido direto

V_i = velocidade no sentido inverso

considerando que, como as superfícies de separação das diversas formações praticamente não se apresentavam inclinadas em relação às superfícies livres do terreno, $\cos \theta = 1$.

4º Cálculo das Espessuras das Camadas em Função das Velocidades

Como os valores das velocidades sísmicas se apresentavam próximos nas dromocrônicas de sentido direto e inverso, entendeu ser razoável empregar expressões simplificadas no cálculo das espessuras dos níveis ou camadas. Assim, para o caso de dromocrônicas com duas velocidades, aplicou-se a expressão HEILAND (1951) da Figura 1:

$$h_1 = \frac{x_1}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

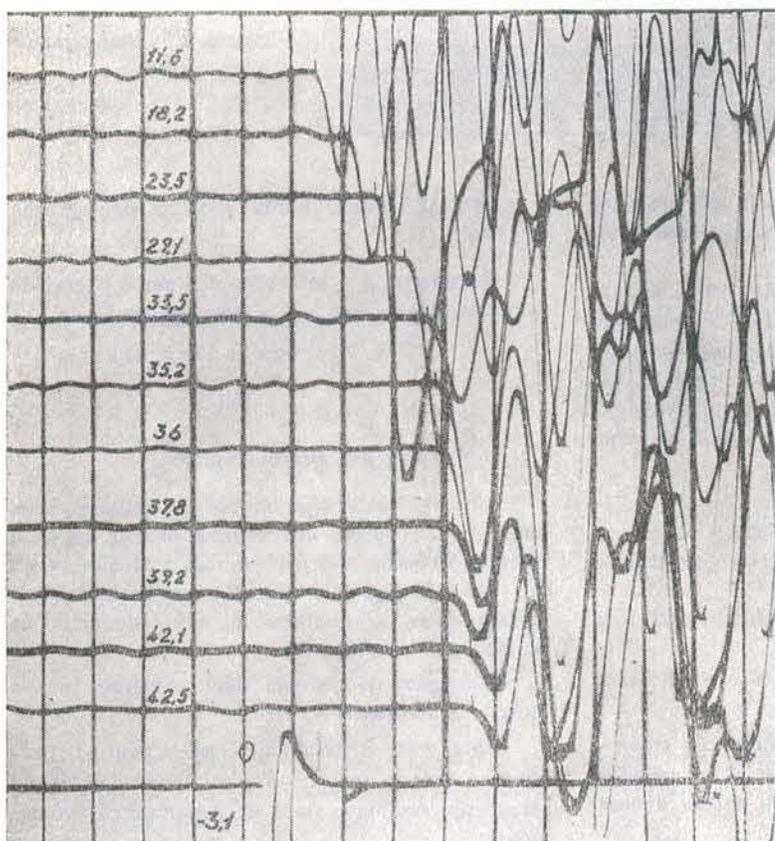
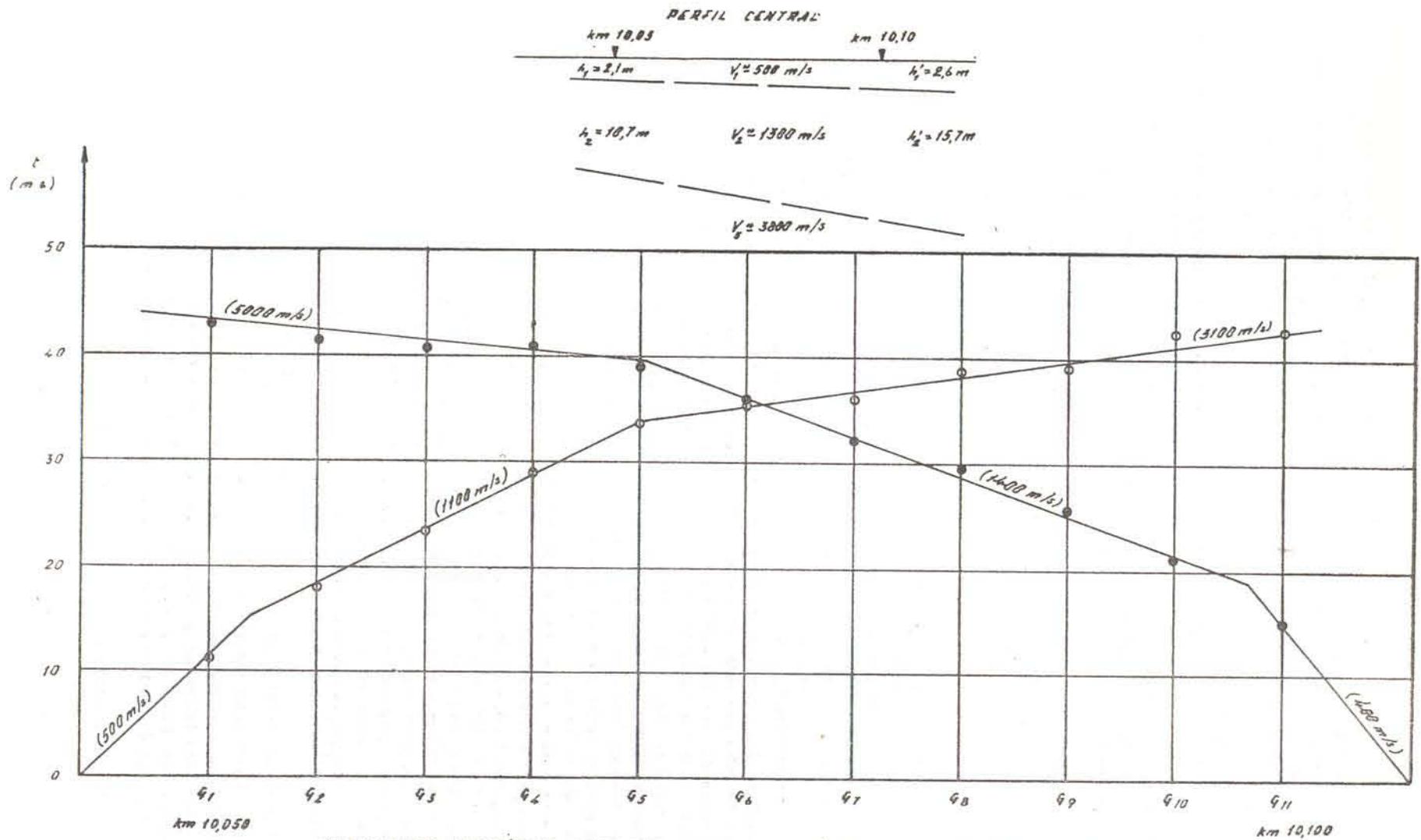


Figura 5 - Sismograma tipo, inverso.



"PESQUISA GEOFÍSICA COM FINALIDADE GEOTÉCNICA AO LONGO DO EIXO DA VIA RÁPIDA ODIVELAS MALVEIES (PORTUGAL)".

Fig. 6 - Dromocrônicas direta e inversa correspondentes aos sismogramas da Fig. 4 e 5

em que:

- h_1 = espessura da primeira camada
 V_1 = velocidade sísmica da primeira camada
 V_2 = velocidade sísmica da segunda camada
 x_1 = distância à origem do ponto de encontro das retas que determinaram V_1 e V_2

Para o caso de dromocrônicas com três tramos, correspondente pois a três velocidades, aplicaram-se as expressões (1) e (2) da Figura 1:

$$h_2 = \frac{5}{6} h_1 + \frac{x_2}{2} \sqrt{\frac{V_3 - V_2}{V_3 + V_2}}$$

em que:

- h_2 = soma das espessuras da primeira e segunda camadas
 h_1 = espessura da primeira camada
 V_3 = velocidade sísmica da terceira camada
 x_2 = distância à origem do ponto de encontro das retas que determinam as velocidades V_2 e V_3

Os valores das espessuras das diversas formações calculados por essas expressões simplificadas pouco diferem dos valores calculados a partir das expressões exatas. Por exemplo, para o perfil central aos Km 10,05 e 10,10, em que as dromocrônicas diretas e inversas apresentam velocidades bastante diferentes, calcularam-se as profundidades do primeiro e do segundo nível de velocidades aplicando as expressões simplificadas e as exatas. Verificou-se a coincidência de valores para o primeiro daqueles níveis mas, para o segundo nível, os valores calculados divergem, embora ligeiramente. Empregando as expressões simplificadas obtiveram-se as profundidades de 10,7 m e 15,6 m enquanto a aplicação das expressões exatas fornecem, para os mesmos pontos, profundidade de 11,7 e 14,3. As divergências são inferiores a 10%, mesmo para um caso destes que são bastante diferentes as velocidades reveladas nas dromocrônicas.

5º Traçado do Perfil Final

Uma vez calculados todos os valores de velocidade sísmica e profundidades que caracterizam as diferentes formações, procedeu-se a sua implantação nos perfis topográficos e traçaram-se, em seguida, os níveis ou limites envol-

ventes de determinados valores de velocidades sísmicas (Fig. 3). Na definição desses limites levou-se em consideração a carta de ripabilidade traçada em 1966 pela Caterpillar da qual se retirou os valores constantes do Quadro I.

Analisando-se os valores obtidos, considerou-se que a velocidade sísmica de 1700 m/s seria um bom valor para fixar como base nas condições de ripabilidade. Para velocidades em torno desse valor, o quadro citado mostra que o «ripper» D-9 é o mais indicado pois ainda conserva uma certa margem de segurança.

Evidentemente, o limite 1700 m/s não pode ser rigidamente aplicado a todas as formações geológicas prospectadas já que a ripabilidade depende não só da velocidade sísmica, que integra diversos parâmetros que caracterizam as formações geológicas, como por exemplo o seu diaclasamento, mas também da espessura, natureza e sucessão dos materiais. Constatou-se que esse limite interessa o arenito até a profundidade média de 6 metros, os calcários até cerca de 5 metros e os basaltos até 7 metros. Haverá evidentemente, zonas em que estes valores de profundidade média não correspondem a profundidades realmente escarificáveis.

Com base nos perfis topográficos e sísmicos verificou-se que apenas 6% dos basaltos, 15% dos arenitos e 35% dos calcários podem ser considerados não ripáveis.

Dada a natureza das formações pesquisadas, em especial as formações de basalto e arenitos, não se devem tomar os limites de velocidade indicados como correspondendo a níveis geológicos.

Naqueles casos em que a interpretação de gabinete se mostrou pouco clara ou até mesmo incoerente, procurou-se o seu esclarecimento com uma posterior visita ao local. Estão nesses casos aqueles sismogramas em que se fizeram sentir efeitos da topografia de superfície ou lateral. (ESTEVEZ & RODRIGUES - 1962).

X - CONCLUSÕES

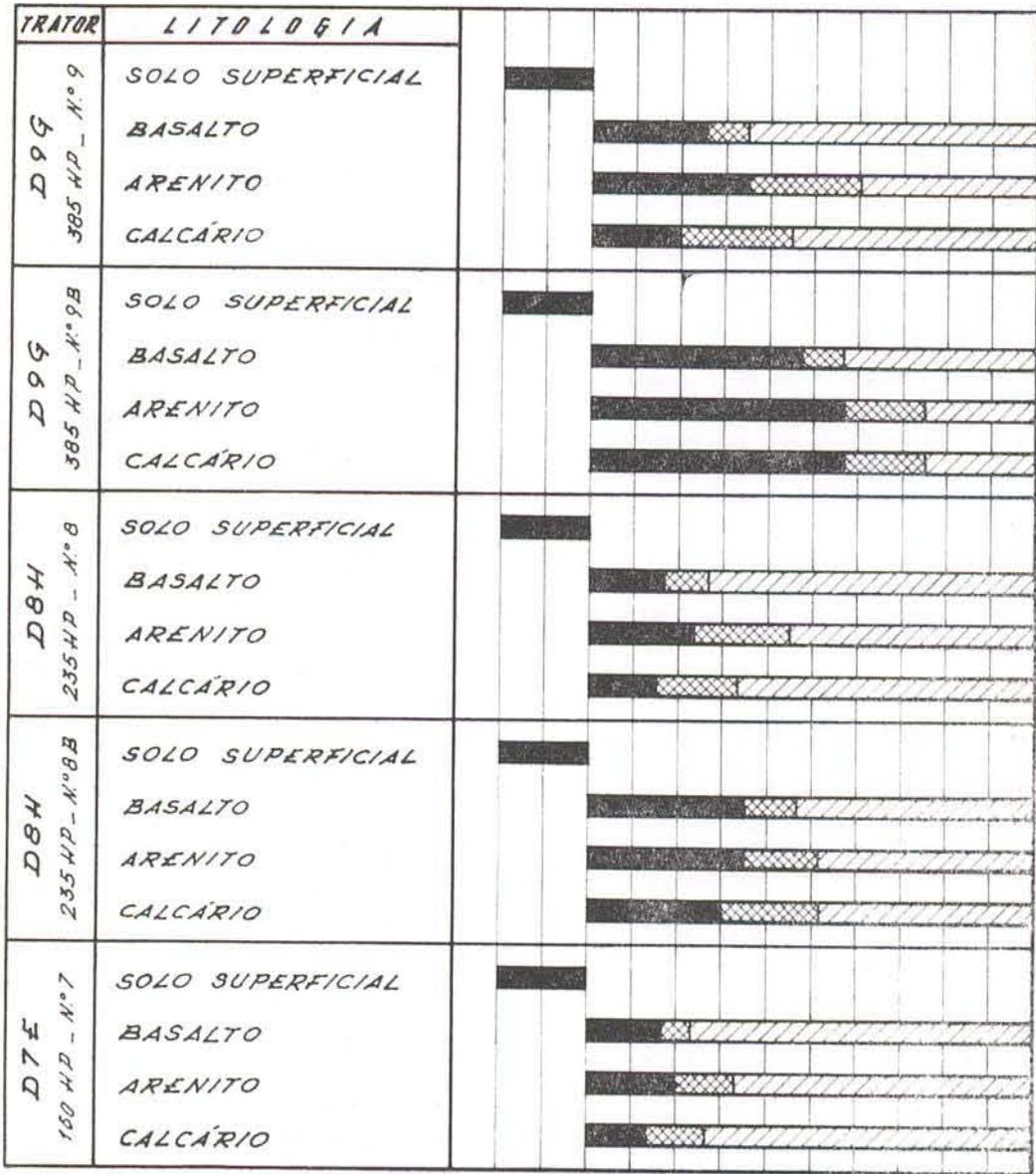
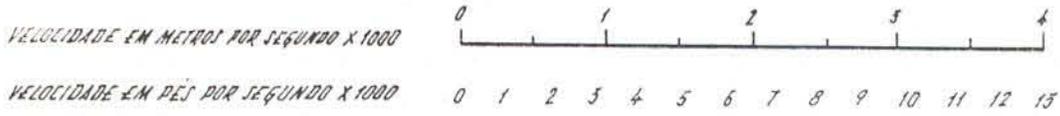
Analizando-se os resultados alcançados, conclui-se:

- No Complexo Basáltico raramente aflora rocha sã.

Até cerca de 7 metros de profundidade os basaltos apresentam velocidades sísmicas de 1700 m/s, prevendo-se, por isso, a possibilidade

QUADRO I

VALORES DE RIPABILIDADE DAS ROCHAS DA REGIÃO PROSPECTADA



LEGENDA

- RIPAVEL
- ZONA INTERMÉDIA
- NÃO RIPÁVEL

deles serem ripáveis com «ripper» D9 até essa profundidade, salvo nas zonas de velocidades sísmicas superiores aquele valor.

- Os calcáreos do Turoniano, com velocidades sísmicas superiores a 2500 m/s, não são ripáveis.

- Os calcáreos do Cenomaniano poderão ser ripáveis talvez superficialmente. Entretanto, em suas camadas inclinadas alternam-se níveis margosos, ripáveis, que podem ainda facilitar o arranque de camadas superiores mais compactas e duras.

- Na zona dos calcáreos do Jurássico Superior ocorrentes entre os Km 17,2 e 18,5 e que apresentam-se margosos e arenosos, onde se realizam grandes desmontes, prevê-se a possibilidade deles serem ripáveis apenas até poucos metros de profundidade, visto atingirem logo velocidades superiores a 1700 m/s.

- Os arenitos que ocorrem em grande parte do trecho entre os Km 16,2 e 22,5 apresentam-se, por vezes, bem cimentados e de difícil desagregação com o martelo de geólogo e, em outras vezes, mal cimentado e de fácil desagregação. Apesar da heterogeneidade, dessa formação, parece vantajoso indicar-se que em termos de valores médios ela apresenta, até cerca de 6 m de profundidade, velocidades sísmicas que podem atingir 1700 m/s. Contudo, cerca de 15% da escavação a realizar interessa formações com velocidades sísmicas superiores àquele limite considerando-se, por isso, não ripáveis (ESTEVEES & RODRIGUES - 1962).

XI - OBSERVAÇÕES GERAIS

O andamento do trabalho permitiu as observações de caráter prático expressas a seguir.

1. A aparelhagem utilizada, em função de sua idade, peso, volume de acessórios, dificuldade de transporte etc. já está totalmente superada. Para trabalhos como o em foco, em região de topografia acidentada, há necessidade de uma aparelhagem bem mais portátil e versátil, a qual já existe no mercado.

2. Respeitando as razões justas dos projetistas, quer parecer que, dado o excelente detalhe alcançado no mapeamento geológico, a perfuração sísmica do eixo central já forneceria dados suficientes para previsão da ripabilidade e dimensionamento do equipamento.

3. Neste tipo de trabalho os locais onde devem ser corridos os perfis serão, tão somente, aqueles que o geólogo tenha dúvidas quanto ao desenvolvimento da litologia em profundidade.

4. É indispensável a presença constante do geólogo na análise dos resultados fornecidos pelos perfis.

5. Seria interessante que se tentasse uma rápida interpretação dos sismogramas ainda no campo a fim de que as dúvidas surgidas pudessem ter uma diretiva de solução imediatamente tomada. É fundamental uma ligação rápida entre os trabalhos de campo e escritório a fim de se poupar perdas de tempo, dinheiro e esforço.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- CATALOGO Caterpillar - Ripper Section. 1966.
- CHAN, S.H. - 1968 - Nomograms solving equations in multilayer and dipping layer cases. *Geophysical Prospecting*, Hague, 16(1): 127-43.
- ESTEVEES, J. M. - 1962 - *Prospecção geofísica pelo sísmico de refração na subida da Serra do Fundo, estrada Lobito-Monte Belo (Angola)*. Lisboa, Relatório Interno do LNEC.
- _____ & RODRIGUES, J. D. - 1962 - *Prospecção sísmica da via-rápida Loures-Malveira*. Lisboa, Relatório LNEC.
- FERREIRA, C. C. - 1960 - *Missão de estudos em França e Itália do assistente de 3ª classe Cardoso-Ferreira nos meses de junho e julho de 1959*. Lisboa, Relatório Interno LNEC.
- HEILAND, C. A. - 1951 - *Geophysical exploration*. New York, Prentice Hall.
- JAKOSKY, J. J. et alii - 1950 - *Exploration geophysics*. Los Angeles, Trija.
- MEIDAV, T. - 1960 - Nomograms to speed up seismic refraction computations. *Geophysics*, Tulsa, 25(5):1035-53.
- STAM, J. C. - 1962 - Modern development in shallow seismic refraction techniques. *Geophysics*, Tulsa, 28(2): 198-212.
- WESTPHAL, W. H. - 1946 - *Tratado de física*. Barcelona, Labor.
- ZBYSZEWSKI, C. - 1964 - *Carta geológica dos arredores de Lisboa, na escala 1:50.000 - Notícia explicativa da folha 2 - Loures*. Lisboa, Serviços Geológicos de Portugal.