

sent les molécules en chaînes, de la même façon et rapportent des effets catalytiques sur quelques reações.

Dans cette note je n'ai cité que quelques applications des ultrasons qui sont bien assurées. Je crois que nous allons en en-

tendre parler de beaucoup d'autres à l'avenir.

E. G. RICHARDSON
 PROF. CATED. DE FÍSICA
 KING'S COLLEGE
 UNIVERSITY OF DURHAM
 NEW CASTLE UPON TYNE
 ENGLAND

10. SECÇÃO LIVRE

OS PROBLEMAS DA SISMOLOGIA

1. Finalidade dos estudos Sismológicos

A Sismologia pode ser definida como sendo a ciência que se ocupa dos movimentos naturais do solo e das causas que os originam.

Os movimentos do solo podem classificar-se em duas categorias, a primeira reservada aos chamados *sismos*, e a segunda aos *microsismos*.

Os sismos são movimentos que irradiam dum foco situado no interior da Terra. Este foco ocupa umas dimensões suficientemente pequenas para que os movimentos registados à superfície da Terra pareçam provir dum simples ponto; e situa-se a uma profundidade pequena comparada com o raio terrestre.

A projecção ortogonal do foco sobre a superfície da terra é um ponto chamado epicentro. A posição do foco no espaço fica determinada por meio de três coordenadas; é costume escolher como tais, a latitude e a longitude do epicentro e a profundidade do foco.

Os microsismos são movimentos não ligados a focos pontuais. A sua amplitude é ordinariamente pequena, embora durante o ciclone de Fevereiro de 1941 tivesse atingido em Lisboa cerca de 10 mm. Ao contrário dos sismos, os microsismos são destituídos de alterações bruscas do regime de movimento, isto é, não apresentam *fases*. As suas causas são muito diversas; o vento, por exemplo, exercendo sobre as edificações forças proporcionais ao quadrado da velocidade, faz mover o solo em Lisboa com amplitudes que crescem

rapidamente com a velocidade e que já se notam nos registos quando o vento atinge 18 m/seg. Actualmente estão merecendo muita atenção os microsismos produzidos pelos núcleos de baixa pressão.

2. O estudo dos sismos.

Quando se produz um sismo, os movimentos de que se anima um ponto qualquer da superfície da Terra são devidos aos fenómenos produzidos no foco e à estrutura do Globo.

Em tempos, os sismos foram classificados como 1) Tremores devidos ao abatimento de cavidades; 2) Tremores devidos à acção de vulcões; e 3) Sismos tectónicos. Actualmente ninguém se costuma referir á primeira categoria. Os sismos tectónicos constituem a imensa maioria e englobam os maiores de todos.

A concepção actualmente predominante, quanto aos fenómenos produzidos no foco, consiste em admitir que a deformação da matéria vai aumentando progressivamente na região focal até que, por fim, se atinge a rotura, restabelecendo-se o equilíbrio elástico por escorregamento de massas ao longo duma superfície de fractura.

Já hoje existe evidência de que, com a única excepção de abalos vulcânicos relativamente superficiais, as coisas se passam assim no caso de todos os abalos, incluindo os de foco profundo.

O movimento não fica, porém, circunscrito

ao foco; propaga-se de camada em camada, sendo sentido à superfície da Terra, ou pelo menos detectado por instrumentos suficientemente sensíveis. Há em cada ano de 80 a 100 sismos universais, isto é, abalos que são registados em todas as estações sismológicas do Mundo.

A estrutura do Globo também condiciona os movimentos que se registam nas estações. Para compreendermos este condicionamento necessitamos apresentar previamente algumas noções.

Notemos em primeiro lugar que a Sismologia se ocupa, afinal, das deformações do sistema físico constituído pela parte sólida do Globo terrestre, isto é, de fenómenos regidos pela teoria dos corpos deformáveis. Ora, quando as deformações e as tensões são suficientemente pequenas para que as relações entre elas tenham de ser lineares, e quando as tensões dependem exclusivamente das deformações, esta teoria conduz-nos a equações da forma

$$\frac{\partial^2 f}{\partial t^2} = V^2 \Delta f$$

em que V representa uma constante e Δ é a laplaciana.

Do exame destas equações deduz-se que os parâmetros V têm as dimensões de velocidades. Há, pois, segundo a teoria, qualquer coisa que se propaga com as velocidades V . E estas são duas,

$$V_l = (\lambda + 2\sigma)/\rho; \quad V_t = \sigma/\rho,$$

em que λ e σ são os chamados parâmetros de Lamé e ρ representa a densidade. Os parâmetros V_l e V_t receberam respectivamente os nomes de velocidade longitudinal e de velocidade transversal por virtude de, quando a deformação só depende duma coordenada, x por exemplo, corresponderem à velocidade de deslocamento de uma onda plana que, no primeiro caso é longitudinal, e no segundo transversal.

Uma simplificação de importância fundamental em Sismologia consiste na introdução da noção de raio sísmico. A noção de raio sísmico é paralela da de raio luminoso e a

sua introdução leva-nos a elaborar uma como que Sismologia geométrica, por analogia com a Óptica Geométrica. Admitir que um raio foi emitido por um ponto P , equivale a admitir a possibilidade da existência de um cone de centro P , de secção infinitamente pequena, tal que a matéria se move dentro dele e não se move do lado de fora. Claro que uma noção destas é simplesmente absurda. A pesar disso a sua utilidade é muito grande em Óptica e não se revelou menor em Sismologia. Porém a existência das duas velocidades V_l e V_t estabelece logo de princípio uma diferença fundamental entre a Óptica e a Sismologia; na primeira só há raios transversais, enquanto que aqui aparecem também os longitudinais.

Posto isto, voltemos à maneira como o Globo terrestre condiciona os movimentos observado na superfície. Este condicionamento é devido à natureza dos materiais que constituem a Terra. Cada material tem a sua densidade e os seus parâmetros de Lamé, isto é, apresenta as suas velocidades longitudinal e transversal. Isto significa que as superfícies de separação das diferentes assentadas constituem, em geral, superfícies de descontinuidade nas quais os raios sísmicos se refletem e refractam. As reflexões e as refrações são mais complicadas do que na Óptica, pois umas vezes são acompanhadas de mudanças do carácter longitudinal para o transversal ou vice-versa e outras não o são. Quer dizer, um raio incidente qualquer, dá sempre origem a quatro raios, dois reflectidos e dois refractados. Exceptua-se o caso da incidência na superfície terrestre, para o qual não pode haver raios refractos, como é evidente.

Um raio sísmico que atinge uma estação sismológica apresenta-se, por isso, constituído por um ou mais ramos. Dêstes, uns são longitudinais e designam-se pela letra P ; os outros são transversais e designam-se pela letra S . O símbolo que representa o raio sísmico é constituído pela associação dos símbolos dos ramos que se sucedem desde o foco até à estação. Assim, por exemplo,

(veja-se a fig. 1) PS representa um raio sísmico que se reflectiu na superfície terrestre e é constituído por um ramo longitudinal saído do foco, FR , e por um ramo reflectido, transversal, que atinge a estação.

PPS (fig. 2) representa um raio consti-

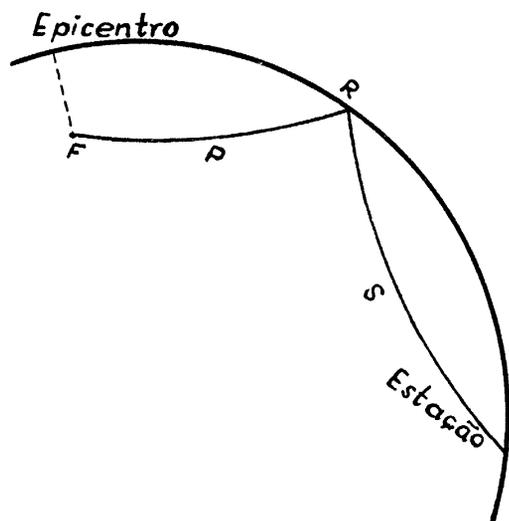


Fig. 1

tuído por um ramo longitudinal que incide no ponto R_1 da superfície da Terra, por um segundo ramo longitudinal que sai de R_1 para incidir em R_2 , e finalmente por um ramo transversal que atinge a estação.

O trabalho talvez mais importante duma estação sismológica consiste na determinação dos tempos de chegada dos diferentes raios, ou *fases*, P , S , PP , SS , PPP , SSS , PS , Estes tempos permitem, por um lado, obter as três coordenadas do foco (longitude, latitude e profundidade) e o tempo no foco, isto é, o momento em que se produziu a fractura que originou o abalo; e por outro lado, obter informação acerca da própria estrutura do Globo Terrestre.

Quando se consideram os tempos de chegada das fases sísmicas dum dado abalo às diferentes estações sismológicas, a primeira coisa que salta aos olhos à medida que a distância epicentral cresce, é o facto de umas fases desaparecerem a partir duma certa distância e outras só aparecerem a partir de outras distâncias. Este facto explica-se admi-

tindo que a Terra é formada por camadas distintas, separadas umas das outras por verdadeiras superfícies de descontinuidade.

Assim, às pequenas distâncias epicentraes observam-se pelo menos três ondas P e três ondas S . Os sismologistas representam estas ondas pelos símbolos P_g , P^* , P_n ou P , S_g , S^* , S_n , ou S . P_g e P^* deixam de se observar a partir dos 6° de distância epicentral; S_g e S^* têm sido lidos até um pouco mais além.

Esta multiplicidade é explicada admitindo a existência na Terra, duma crosta superficial, constituída pelo menos por duas assentadas, a superior granítica e a inferior basáltica, cujas espessuras, variáveis de ponto para ponto, são respectivamente de cerca de 15 km e de 18 km na Europa.

Na figura 3 vê-se como as ondas P_g e S_g são as que se propagam só no estrato superior; P^* e S^* são as que penetram no estrato inferior da crosta mas não entram no manto; e P e S são as que penetram no manto. Como se vê, há uma distância crítica além da qual os raios sísmicos têm necessariamente de penetrar no segundo estrato da crosta, isto é, além da qual deixa de haver P_g e S_g ; e existe outra a partir da qual os raios têm de penetrar no manto, deixando totalmente de haver P_g , S_g , P^* , S^* .

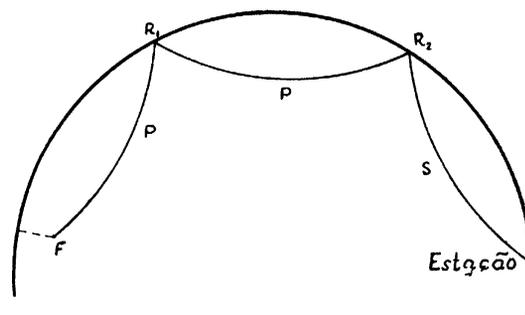


Fig. 2

Notemos agora que para distâncias epicentraes superiores a cerca duma centena de graus, deixam de se observar as fases P e S . Este desaparecimento explica-se admitindo a existência dum núcleo central limitado por uma superfície situada a 2900 km de profun-

didade. Não foram ainda observados raios sísmicos nos quais o troço situado no interior do núcleo tenha um carácter transversal. Parece, pois, evidente que através do núcleo só podem propagar-se ondas longitudinais, isto é, ondas de compressão, talqual como

que incide no núcleo (veja-se a fig. 4), por um troço situado no interior do núcleo, e por um terceiro troço que atinge a estação.

Até agora temos considerado ondas que se propagam no interior do Globo. Também existem, porém, as chamadas *ondas superfi-*

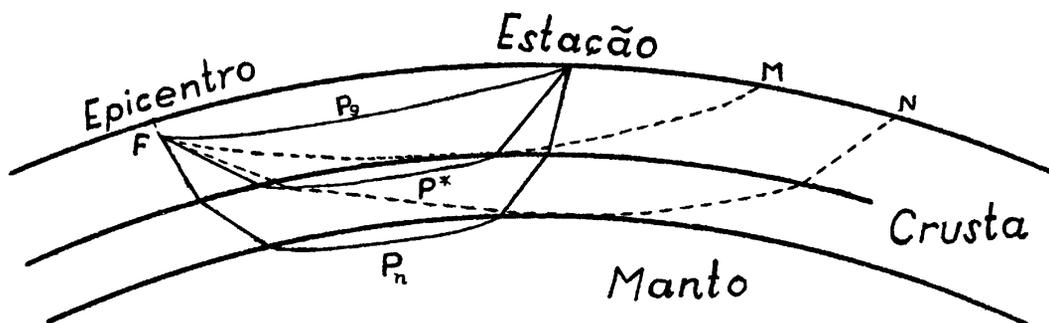


Fig. 3

se o núcleo se encontrasse no estado líquido. Devemos, no entanto, estar de sobreaviso e não concluir deste facto que o núcleo está no estado líquido, pois às enormes pressões e temperaturas existentes no interior da Terra a divisão clássica dos estados da matéria em

ciais, em que a amplitude do movimento só é notavelmente diferente de zero para pontos próximos da superfície terrestre. Destas, as mais bem estudadas são as de Rayleigh (longitudinais com uma componente vertical, designadas pelo símbolo R), e as de Love, (transversais e sem componente vertical, representadas por Q ou L).

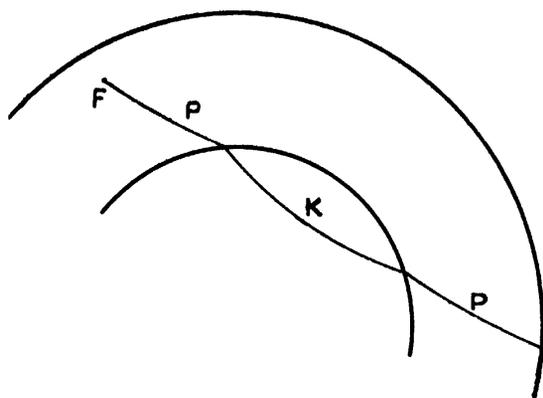


Fig. 4

sólido, líquido e gasoso não basta para explicar satisfatoriamente os fenómenos.⁽¹⁾ Por virtude da existência duma única espécie de troços de raios sísmicos, no interior do núcleo, estes troços são designados geralmente pela letra K , inicial da palavra Kern (núcleo); assim, por exemplo, PKP representa um raio sísmico constituído por um troço longitudinal

Um facto da maior importância no estudo dos sismos consiste em que, para uma dada fase, a lei de dependência entre a distância epicentral Δ e os tempos de percurso t do foco à estação, permite obter as velocidades de propagação no interior da Terra, isto é, permite determinar a lei $v=v(r)$ em que v representa a velocidade de propagação à distância r do centro da Terra. Com efeito, se admitirmos que a terra possui uma simetria esférica, e portanto que as velocidades de propagação só dependem da distância r ao centro da Terra, pode verificar-se que Δ , v e r estão ligados entre si por uma equação integral cuja solução é conhecida dos matemáticos, tornando-se assim possível, a partir da curva (Δ, t) , determinar a função $v=v(r)$. É neste facto que se baseia o célebre método de Herglotz-Wiechert para a determinação das velocidades de propagação no interior do Globo.

A rede mundial de estações sismológicas

(1) Além disso o núcleo parece apresentar-se como um corpo heterogêneo.

permite, desde há poucas dezenas de anos, a determinação das coordenadas epicentrais e das profundidades dos focos dos tremores de terra cuja intensidade não seja demasiado pequena. Os sismologistas de Pasadena (Califórnia) dedicam-se desde há alguns anos à determinação da intensidade de cada abalo, ou seja da energia total libertada em cada um deles.

Marcando nos mapas as posições dos diferentes epicentros que se têm determinado, verifica-se, no caso dos sismos não muito pequenos, um facto curioso: os epicentros mostram uma tendência marcada para se distribuírem ao longo de áreas muito estreitas e compridas, isto é, caem na sua imensa maioria sobre verdadeiras *linhas*, denominadas *arcos estruturais*, que dividem a superfície da Terra em porções, ou *blocos*, cujo interior é relativamente tranquilo. Estes arcos apresentam-se mais ou menos relacionados com os alinhamentos de vulcões, as fossas abissais (submarinas) e as anomalias gravíticas.

Um dos exemplos mais nítidos desta dependência é o dos arcos estruturais da bacia do Pacífico. Segundo Gutenberg e Richter ⁽¹⁾ observa-se o seguinte ao longo dum perfil normal ao arco estrutural e dirigido do lado convexo para o côncavo:

- a) Uma profundidade abissal;
- b) Uma zona com tremores de terra superficiais e anomalias gravíticas negativas;
- c) Uma zona com anomalias gravíticas positivas e focos sísmicos a cerca de 60 km de profundidade; nesta zona os sismos grandes são relativamente frequentes;
- d) Um alinhamento constituído pelas montanhas mais importantes, com vulcões activos ou extintos há pouco tempo; sob o alinhamento de vulcões, focos sísmicos com cerca de 100 km de profundidade;
- e) Um segundo alinhamento de montanhas apresentando frequentemente vulcões extintos

há muito tempo e focos sísmicos cuja profundidade está, em regra, compreendida entre 200 e 300 km;

f) Uma zona de focos sísmicos cujas profundidades vão de 300 a 700 km.

A distribuição das tensões varia com muita rapidez no decurso do tempo. Quaisquer dezenas de milhar de anos bastarão para a modificar sensivelmente. Com efeito, a distribuição actual difere, por vezes marcadamente, das que terão formado as estruturas pleistocénicas mais recentes. Sieberg, por exemplo, acentua que a sismicidade da Europa não está correlacionada mecânicamente com o enrugamento alpino.

3. Os aparelhos usados em Sismologia

Aos aparelhos usados em Sismologia tem sido dado o nome de *sismómetros*. Os sismómetros agrupam-se em dois tipos: os *sismoscópios* e os *sismógrafos*.

Os sismoscópios servem simplesmente para dar aviso da produção de tremores de terra.

Os sismógrafos são aparelhos registadores e dão a informação mais completa possível acerca dos movimentos do solo sobre que assentam.

Têm sido construídos muitos modelos de sismoscópios, baseados em princípios diversos. No de Agamennone, o órgão sensível é constituído por dois pêndulos de períodos muito diferentes; os movimentos do solo põem os pêndulos a oscilar e estes, devido à desigualdade dos períodos, entram necessariamente em contacto um com o outro fazendo fechar um circuito eléctrico.

Referindo nos agora aos sismógrafos devemos começar por acentuar que os instrumentos actualmente em uso registam sempre separadamente as diferentes componentes do movimento do solo. Estas componentes são seis, três translacções e três rotações. Um jogo completo de sismógrafos devia, pois, ser constituído por seis aparelhos, cada um deles sensível só a uma das componentes. Dá-se, porém, a circunstância feliz das inclinações serem sempre praticamente nulas, com a

⁽¹⁾ *Die Naturwissenschaften*, vol. 35, fasc. 7, pags 198 e 199, 1948.

única excepção dos sismos cujo epicentro está muito próximo da estação. É costume, por isso, dotar as estações só com aparelhagem destinada ao registo das três translacções.

Os sismógrafos sensíveis a uma das duas componentes horizontais do movimento do solo, chamam-se *sismógrafos horizontais*. Os que registam só a componente vertical são os *sismógrafos verticais*.

Um sismógrafo é sempre constituído por uma massa móvel na qual, além das forças gravíticas, actuam eventualmente outras forças, como as desenvolvidas por molas elásticas. Por vezes, a massa tem um ponto ligado ao solo, isto é, um ponto cujo movimento é exactamente o do solo. Se este está em repouso, a massa só pode mover-se em rotação. Aliás, as ligações da massa móvel e as forças, gravíticas ou elásticas, que nela actuam, são de tal ordem, que o movimento da massa no caso do solo em repouso é sempre periódico amortecido, isto é, é sempre equivalente a dum pêndulo simples de igual período munido dum amortecedor. As molas têm sempre uma das extremidades ligadas ao solo, de modo que as forças por elas exercidas sobre a massa só dependem da mudança relativa de posição entre a massa e o solo.

Há sismógrafos cuja massa móvel dispõe de dois graus de liberdade e que por isso registam duas componentes, como sucede com o pêndulo invertido de Wiechert, que nos dá as duas componentes horizontais; e também há os sismógrafos *universais*, como o de Quervain-Piccard, que registam as três componentes, isto é, cuja massa dispõe pelo menos de três graus de liberdade.

Se uma mesma massa móvel é utilizada para o registo de mais de uma componente do movimento do solo, procura-se sempre conseguir que cada registo só dependa duma componente. Nestas condições os diferentes modelos (com excepção dos de registo galvanométrico) satisfazem sempre à mesma equação, chamada *equação fundamental da sismologia experimental*,

$$\ddot{a} + 2\varepsilon\dot{a} + \omega^2 a = -V\ddot{\xi},$$

na qual o argumento a representa o desvio da pena sobre o papel, ξ é a projecção do deslocamento do solo sobre um eixo fixo e os restantes simbolos representam as chamadas *constantes do sismógrafo*, cuja determinação convem fazer de vez em quando.

A equação fundamental constitui, como é óbvio, o ponto de partida para a determinação do movimento do solo ξ a partir do deslocamento da pena sobre o papel, a .

4. Microssismos

Façamos agora uma breve referência aos movimentos microssísmicos.

Entre as causas produtoras de microssismos contam-se as tempestades, a chuva, o gelamento do solo e as acções mecânicas exercidas pelo mar ao longo das costas.

Os microssismos apresentam-se com aspectos muito diversos. Em geral são constituídos por trens de onda que se sucedem uns aos outros. Nêstes há, por vezes, predominância bem marcada dum único período de oscilação; outras vezes, pelo contrário, observa-se uma nítida sobreposição de períodos. A ordem de grandeza dos períodos também é bastante variável e vai pelo menos desde uma fracção do segundo até 10 segundos.

Os microssismos perturbam o registo dos sismos e devem, por isso, ser evitados nas estações. É absolutamente essencial evitar os movimentos provocados pela acção do vento sobre os obstáculos na proximidade da estação, principalmente quando se utilizam aparelhos de grande amplificação. Para isso há quem preconise a instalação da aparelhagem em salas subterrâneas, construídas em sítios onde não haja obstáculos naturais.

Entre os microssismos merecem referência especial os que são provocados pelos centros de baixa pressão situados sobre o mar. Não parece estar ainda bem esclarecida a maneira como êstes microssismos se produzem. Porém, poucas dúvidas podem restar de que se trata de ondas que se propagam à superfície da parte sólida do Globo. Os poucos autores que se têm ocupado da natureza destas ondas proclamam que nelas predominam as ondas

de Rayleigh, isto é, ondas cuja amplitude decresce exponencialmente com a profundidade e em que cada partícula atingida pelo movimento ondulatorio descreve uma elipse com o eixo maior vertical e com o eixo menor na direcção de propagação. Estas ondas são, pois, longitudinais. Ora as ondas longitudinais permitem determinar o azimute da direcção de propagação, isto é, permitem obter um dos arcos do círculo máximo do Globo sobre que se situa o centro de baixas pressões.

A determinação deste azimute tem sido feito ultimamente usando a chamada *estação tripartida*. Cada uma destas estações é constituída por um conjunto de três sismógrafos montados nos três vértices dum triângulo

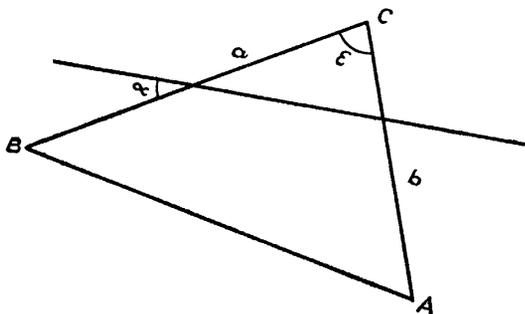


Fig. 5

cujos lados são da ordem de grandeza de poucos quilómetros. Nestas condições, as ondas de Rayleigh gastarão pouco mais de 1 segundo a deslocar-se desde o vértice que encontram primeiro, até ao ultimo. Se designarmos por α (veja-se a fig. 5) o ângulo entre a frente de onda e o lado a do triângulo, se definirmos este por meio dos lados a e b e do ângulo compreendido ϵ e se designarmos por v a velocidade das ondas sísmicas e por t_1 e t_2 das diferenças de tempo observadas ao longo dos lados a e b , obtém-se,

$$(1) \quad \text{sen } \alpha = t_1 v / a;$$

$$(2) \quad \text{tg } \alpha = \text{sen } \epsilon / (k - \text{cos } \epsilon)$$

$$(3) \quad k = t_2 a / (t_1 b).$$

Como a , b , ϵ são constantes, os valores de t_1 e t_2 deduzidos dos registos dão-nos k (a

partir de (3)) e este, por seu turno, substituído em (2), dá-nos α . Querendo, pode então usar-se (1) para se obter o valor de v .

Como se vê, uma estação tripartida dá-nos um azimute. Com duas estações já temos dois azimutes, e a intersecção destes dá-nos a posição do centro de baixa pressão.

Os três sismógrafos de cada estação registam todos a mesma componente dos movimentos do solo, a EW, por exemplo. Faz-se isso porque, sendo as componentes as mesmas, também os registos são o mais parecidos possível entre si; em especial as ondas transversais, como as de Love, afectam então igualmente os três instrumentos da estação.

5. A Sismologia e o Sismologista.

Vejam, para terminar, como é que o encarregado duma estação sismológica deve encarar a sua missão.

Do que deixamos dito conclui-se que os frutos mais importantes dados até hoje pela Sismologia dizem respeito à estrutura interna do Globo. Se abstrairmos das modernas estações tripartidas para a localização dos centros de baixa pressão, poderemos dizer que toda a estação sismológica tem, em primeiro lugar, de ser um elemento para o estudo da parte sólida do Globo; está, por isso, integrada num trabalho de *équipe* e só realiza obra útil se os seus encarregados estiverem animados de espírito de colaboração.

O encarregado duma estação sismológica deve, pois, ser mantido ao corrente das particularidades do trabalho que dele se espera; pode ter uma formação melhor ou pior, tanto geral como especializada; mas deve ter sempre presente que a sua missão é colaborar num trabalho de *équipe*.

As pessoas que têm estagiado conosco na estação sismológica de Lisboa têm, em geral, achado espinhosa a missão do encarregado duma estação sismológica, a tal ponto que lhes parece não deverem atrever-se a abalancar-se a semelhante empreendimento. Parecem-nos injustificados estes receios. Decerto o desempenho correcto das funções do encarregado exige bastante prática. Mas isso não

constitui razão para que um inexperiente não possa vir rapidamente a realizar obra útil.

A análise dum sismo assemelha-se muito à resolução dum enigma, e é evidente que o principiante deve, de vez em quando, sentir-se desnordeado. A maneira de ladear a dificuldade consiste em ter paciência e aguardar algum tempo até que cheguem as primeiras informações sobre a localização do foco sísmico e a hora do início. Logo que esteja de posse destes elementos, o encarregado novato calcula a distância desde o epicentro até à sua estação; em seguida entra com esta distância e com a profundidade do foco numa tabela de tempos de propagação e constrói uma lista na qual figuram as fases que devem ter sido registadas na sua estação e os tempos de chegada aproximados. Obtida esta lista torna-se fácil procurar as fases nos registos. As medições feitas por este processo são tão úteis (quando bem feitas) como as de qualquer sismologista experimentado.

Um outro facto para o qual nos parece importante chamar a atenção dos interessados, consiste na necessidade que há de mencionar nos boletins, não só o valor verdadeiro dos tempos, mas também a totalidade deles, independentemente de termos podido, ou não, atribui-los a fases sísmicas.

O sismologista deve analisar os sismos da sua estação o mais rapidamente possível e expedir os seus boletins imediatamente para todas as entidades interessadas, tanto nacionais como estrangeiras. As suas análises devem, por outro lado, ser completas; os tempos inscritos no Boletim devem ser medidos em todas as componentes e a medição deve ser acompanhada, para cada fase, dum trabalho de comparação, isto é, dum exame para se averiguar se estamos ou não em presença duma alteração autêntica do regime de movimento do sólo e de quais as características apresentadas pela alteração nas tres componentes. Este exame é de importância fundamental.

O sismologista deve ter a preocupação de permutar o seu Boletim com outros. Os resultados obtidos noutras estações sempre por vezes lhe facilitarão o trabalho. Além disso permitem-lhe comparar o rendimento da sua estação com o das outras. Também deve procurar obter os artigos que forem aparecendo sobre Sismologia para os ler e colher sugestões, esclarecimentos acerca da utilidade do seu trabalho, e indicações sobre as directrizes a seguir.

M. T. ANTUNES
METEOROLOGISTA E GEOFÍSICO

11. QUÍMICA

UMA NOVA FAMÍLIA RADIOACTIVA: A SÉRIE DO NEPTÚNIO

Conheciam-se, até hoje, três famílias de elementos radioactivos, isto é, três séries de corpos que se transformam espontaneamente uns nos outros segundo certa cadeia de reacções de desintegração:

— A família do urânio, que começa no isótopo 238 deste metal e termina no isótopo 206 do chumbo, passando por uma dúzia de corpos dos quais o mais importante é o rádio. Esta é a série $4n+2$ porque os valores das massas atómicas dos seus componentes são

todos múltiplos de 4 aumentado de 2 unidades

— A família do actínio, cujo nome é o do elemento que, durante muito tempo, se julgou ser o primeiro da série. Esta família parte do urânio 235 ou urânio-actínio e termina no chumbo 207. Os valores das massas atómicas dos componentes desta família são todos superiores, em 3 unidades, a múltiplos de 4. Daqui provem a designação das série $4n+3$.