

10. SECÇÃO LIVRE

RADIOACTIVIDADE E CALOR TERRESTRE

Les travaux de ces dernières années nous permettent de parler avec une assurance complète d'une branche nouvelle des sciences géologiques: la *radio géologie*... Elle traite des phénomènes de radioactivité, c'est-à-dire de la désintégration des atomes — processus que la Science considère comme autonome et comme indépendant du milieu — dans la cadre des diverses régions de notre planète et à l'échelle des phénomènes géologiques, aussi bien dans l'espace que dans le temps.

W. Vernadsky — 1935

Foi em 1785 que John Hutton demonstrou a existência, como fenómeno geológico perfeitamente geral, do calor interno, na Terra. Não tentou, o sábio de Edimburgo, formular qualquer hipótese para a explicação daquela fonte de energia.

Durante mais de um século, invocaram-se, a este propósito, os processos cósmicos e era, portanto, fora do quadro geológico que se buscava interpretar o calor terrestre.

Em 1903, P. Curie e Laborde observaram, pela primeira vez, que um sal de rádio possui sempre uma temperatura, alguns graus mais elevada do que o meio ambiente. Demonstraram, então, que o calor libertado, por hora, por um grama de rádio, em equilíbrio com os seus produtos de desintegração de curto período, é cerca de 100 calorías.

Foi possível, posteriormente, determinar que 1 g de rádio, que se transformasse inteiramente em hélio e chumbo, libertaria quase a mesma quantidade de calor que a combustão de 500 quilogramas de carvão.

Rutherford e Barnes verificaram, em 1904, que o calor libertado pelo rádio, provinha, quase inteiramente da transformação da energia cinética das partículas α em energia calorífica.

Ainda em 1903, o professor de Geologia da Universidade de Dublin, John Joly, mostrava já ter compreendido todo o alcance geológico do efeito térmico descoberto por Curie e Laborde. Para Joly os átomos radioactivos representariam uma fonte prodigiosa de energia geológica e esta energia imprevista deveria depender do número e da

natureza dos átomos rádioactivos contidos no material terrestre.

Mas foi só mais tarde, em 1909, apoiando-se nas suas próprias medições e nas de Lord Raleigh, que Joly pôde constatar que o efeito térmico de origem rádioactiva seria suficiente para explicar os fenómenos geológicos, para os quais seja necessário admitir a existência do calor interno da Terra, uma vez que os elementos rádioactivos se encontram disseminados por todas as rochas.

Lord Raleigh tinha verificado, por medidas directas, desde 1906, que é indispensável aceitar a ideia de que o número de átomos rádioactivos deva ser menor nas grandes profundidades da crosta terrestre do que na zona superficial ou *biosfera*.

As medidas dos teores de elementos rádioactivos nas rochas, efectuadas por aquele cientista e por outros investigadores, provavam, na verdade, que existe uma marcada concentração de elementos rádioactivos na parte superior da crosta terrestre, ou seja, nas grandes intrusões graníticas, que constituem a ossatura ígnea e cristalina dos continentes. As rochas com composição basáltica (e portanto menos silicatadas) que, como toda a evidência geológica indica, predominarão nos fundos oceânicos e formarão o substrato da zona granítica, são mais pobres em elementos rádioactivos. E se atendermos aos referidos teores nas rochas ultra-básicas (muito pobres em sílica), não se poderá evitar a conclusão de que a riqueza em elementos rádioactivos diminui marcadamente com a percentagem de sílica nas rochas.

Os dados numéricos, seguidamente apresentados, permitirão, fazer uma ideia mais exacta destes factos. Deve observar-se que, para as rochas ultra-básicas (Dunitos, Serpentinicos, etc.) algumas determinações recentes (G. L. Davis — 1947) conduzem a valores ainda mais baixos do que os apresentados há alguns anos. Estas rochas, pouco importantes na crosta terrestre, constituirão ou predominarão possivelmente, na zona peridotítica, região imensa que separará a crosta granito-basáltica dum núcleo terrestre ferromagnético.

Lawson, nos seus primeiros trabalhos (1926), tenham sido, mais tarde, substancialmente reduzidas.

Os números contidos no Quadro II mostram-nos, apesar da sua pequenez, como o calor libertado pelos átomos radioactivos contidos nas rochas pode representar uma energia considerável, desde que se atente na grandeza das massas rochosas e dos tempos geológicos. Mas, para que, no fim dum tempo suficientemente longo, a quantidade de calor acumulada, em determinada região do interior da crosta terrestre, possa contribuir

QUADRO I

Tipos de rochas	Rádio em g. por g. de rocha (Valores médios)	Autores
Granitos	2,7 $\times 10^{-12}$	Goranson (média de 17 exemplares)
Basaltos	1,18 $\times 10^{-12}$	Goranson (média de 53 exemplares)
Rochas ultra-básicas, consideradas em conjunto	0,8 $\times 10^{-12}$	Poole e Joly
Idem: Dunitos	0,0046 $\times 10^{-12}$	G. L. Davis (média de 6 exemplares)
Idem: Serpentinicos	0,016 $\times 10^{-12}$	G. L. Davis (média de 9 exemplares)

Com base nestes dados e nos que aqui não reproduzimos, referentes a outros elementos radioactivos das famílias do urânio, do tório e atendendo às quantidades de calor libertadas por esses elementos, é possível, dum modo aproximado, fazer uma ideia da importância do efeito térmico das rochas crustais. É o que se indica, reduzido aos seus tópicos essenciais, no Quadro II.

dominantemente para os grandes fenómenos geológicos, como o da geração do magma e o vulcanismo, será indispensável que tal calor não seja, à medida que se produza, dissipado em grande parte por condutibilidade.

Possuímos actualmente alguns dados seguros sobre a condutibilidade calorífica das rochas. Bastará dizer que, se representarmos por 1,000 a condutibilidade calorífica da

QUADRO II

Tipos de rochas	Quantidade, de calor em cal por g. De rocha e por seg.	Autores
Granitos (valores médios mundiais) . .	24 a 35 $\times 10^{-14}$	Goranson, Holmes, Joly e Poole e Kirsch
Basaltos (valores médios mundiais) . .	8 a 14 $\times 10^{-14}$	Goranson, Kirsch, Joly e Poole e Holmes

Parece-nos digno de menção o facto de que o próprio potássio é considerado como um produtor de calor de desintegração atómica, embora as cifras propostas por Holmes e

prata, para o granito e basalto os valores aproximados correspondentes serão 0,006 e 0,004, respectivamente. Estas pequeníssimas cifras permitem concluir que será diminuta a

fracção de calor perdida por condutibilidade.

Os estudos rádiogeológicos conduziram, já há alguns anos, Vernadsky, à importante concepção duma temperatura específica, para cada região do globo suficientemente individualizada do ponto de vista geológico, temperatura essa que seria função do número e da natureza dos átomos radioactivos contidos por unidade de volume.

Ora admitia-se, na geologia clássica, que a temperatura das grandes regiões terrestres resultava de duas causas primárias: a radiação solar e o contínuo arrefecimento da Terra, no curso dos tempos geológicos. Mas à medida que a reconstituição dos meios geográficos do passado se fazia, mercê dos estudos estratigráficos, ia-se verificando a não existência de qualquer prova segura desse contínuo arrefecimento. Nada indica que as condições de vida médias, à superfície do planeta, sejam actualmente muito diversas do que eram nos alvares do Paleozóico, há talvez mais de 500 milhões de anos.

Os novos horizontes rasgados pela descoberta da importância da rádioactividade, em escala mundial, obrigaram a uma profunda revisão das concepções sobre o regime térmico da Terra. A Geologia moderna tem de admitir a possibilidade de grandes diferenças térmicas entre as entidades terrestres pobres em elementos radioactivos, como as águas oceânicas e as grandes coberturas sedimentares, e as ricas naqueles elementos, como

as ossaturas de rochas cristalinas fortemente silicatadas. E, além disso, terá que prever que tais diferenças se acentuarão no decorrer dos tempos geológicos.

Excederia os limites deste pequeno artigo, referir, mesmo sumariamente, aspectos, um pouco mais particulares, do problema do calor interno terrestre, nas suas relações com a rádioactividade.

Todos os problemas rádiogeológicos constituem, de resto, ainda questões largamente debatidas, como seria de esperar, dada a índole juvenil dessa ciência que, como a Geoquímica, poderá ser incluída na categoria das «Ciências-pontes», para empregar a sugestiva denominação de P. Urbain.

BIBLIOGRAFIA SUMÁRIA

- J. BECQUEREL — *La radioactivité et les transformations des éléments*, 1924.
 F. GROUT — *Petrography and Petrology*, 1932.
 R. DALY — *Igneous rocks and depths of the Earth*, 1933.
 W. BELOUSSOFF — *Les problèmes de la Géologie et de la Géochimie de l'hélium*, 1935.
 W. VERNADSKY — *Les problèmes de la Radio-géologie*, 1935.
 A. HOLMES — *Principles of Physical Geology*, 1945.
 G. L. DAVIS — *Radium content of Ultramafic Igneous rocks*, 1947.

C. TORRE DA ASSUNÇÃO
 PROF. CATEDRÁTICO DA F. C. L.

11. QUÍMICA

FOTOGRAFIA A CORES

Os princípios em que se baseia a fotografia a cores são conhecidos há já muito tempo, mas foram os progressos realizados, nestes últimos anos, na Química dos corantes, que permitiram o recente desenvolvimento daquele ramo da fotografia.

Recorrendo ao emprego de três lanternas de projecção, podemos projectar sobre um

alvo as três cores fundamentais: vermelho, verde e azul, e ajustar as intensidades dos três feixes luminosos, de forma a obter sobre o alvo a cor branca. Fazendo variar convenientemente as intensidades de cada um daqueles feixes, é possível obter, sobre o alvo, qualquer outra cor.

Foi Clerk Maxwell quem, em 1861, pro-