

FLUTUAÇÕES CLIMÁTICAS DO GLOBO

MARTIN SCHWARZBACH, professor de Geologia e director do Instituto de Geologia da Universidade de Colónia, estudioso de assuntos de Paleoclimatologia, publicou, em 1950, a primeira edição do seu livro *Das Klima der Vorzeit, Eine Einführung in die Paläoklimatologie*, de que saiu uma segunda edição, actualizada, em 1960 ⁽¹⁾. O autor, desde há longa data, tem-se dedicado ao estudo de vários aspectos ligados à Paleoclimatologia (orogénia e glaciações; recifes de corais; teoria de Wegener; o clima do princípio do Terciário; a idade do deserto do Sáara; etc.) e os seus numerosos títulos bibliográficos comprovam a sua autoridade nesta ciência. O livro está dividido em três partes fundamentais — A. Paleoclimatologia Geral (pp. 1-92); B. Paleoclimatologia Histórica (pp. 93-193); C. Paleoclimatologia Genética (pp. 194-232) —, procurando o autor, através de uma exposição clara e atraente, dar uma visão sistemática das flutuações extraordinariamente complexas do clima da Terra no último bilião de anos.

Abre a obra com a definição e significado da Paleoclimatologia, e com um esquema breve da evolução cronológica da ciência, desde as ideias de ROBERT HOOKE (1685) — que pela primeira vez definiu as modificações climáticas (presença de tartarugas fósseis e de grandes amonites em Portland Hill), como resultantes de variações da inclinação do eixo da Terra — até às primeiras determinações de temperaturas pelo método $0^{18}/0^{16}$, efectuadas por HAROLD C. UREY (1950). Depois de uma curta apresentação das características climáticas actuais, e do seu interesse em Paleoclimatologia, o autor inicia o estudo da reconstituição dos climas do passado, pondo em evidência que os fundamentos de uma disciplina como esta devem residir na apreciação factual, ponto de partida para

⁽¹⁾ Edições de Ferdinand Enke, Stuttgart. 1.^a ed., 1950, 211 pp., 70 fig., quadros. 2.^a ed., 1961, 275 pp., 134 fig., 48 quadros. Esta edição foi traduzida em inglês: *Climates of the Past. (An Introduction to Paleoclimatology)*, trad. de RICHARD O. MUIR. D. van Nostrand Company Ltd., London, 1963. 328 pp., (*The University Series in Geology*).

as interpretações, das quais se chega às conclusões e, finalmente, ao estabelecimento de hipóteses. A investigação é levada por três caminhos: *indicadores climáticos*, isto é, fenómenos biológicos (fósseis), litológicos (alteritos, *ripple marks*), morfológicos (terraços fluviais, moreias, *Inselberge*), parcialmente dependentes do clima e que podem ser comparados com fenómenos do presente, para permitirem, das condições climáticas actuais, deduzir as do passado; *considerações matemáticas*; *métodos físicos*, de aplicações mais limitadas (uso de isótopos de oxigénio na determinação de temperaturas; aplicação de métodos de paleomagnetismo; datação pelo C^{14} ; etc.). No fundo, apesar das suas incertezas, ainda são os primeiros aqueles que têm maior significado, e neles se baseia fundamentalmente o autor. Embora alguns capítulos desta «Introdução à Paleoclimatologia» sejam breves, não deixam de conter matéria densa de reflexão. Os climas frios e os climas quentes são apresentados com certo desenvolvimento (pp. 18-57), enquanto aos climas áridos e aos climas húmidos correspondem espaços muito menores (pp. 57-66). Um capítulo interessante é o que trata das variações climáticas de tipo «estacional» e de tipo «longo termo» (pp. 74-86), através do estudo de «varvas» e «varvites», das variações rítmicas de horizontes polínicos, dos anéis de crescimento das árvores, etc.

Na segunda parte — Paleoclimatologia Histórica — o autor descreve as modificações climáticas em cada uma das eras da história da Terra, desde a precâmbria à actual, chamando a atenção para a alternância constante de períodos quentes e períodos frios. As ocorrências quase universais das glaciações eocâmbrias, estudadas através de afloramentos de tilitos, estão resumidas num mapa e num quadro extenso com indicações sobre as suas características fundamentais e informações bibliográficas actualizadas (pp. 102-107). O capítulo sobre o Paleozóico mais recente tem maior desenvolvimento (pp. 115-135), talvez pela grande soma de elementos que existem acerca desse período; são referidos os contrastes do Carbónico quente e húmido (florestas e pântanos), do período frio (glaciações de Gondwana), do Pérmico fresco (*Glossopteris*). O clima do Mesozóico é interpretado como tendo sido predominantemente quente. Esta condição manteve-se ao longo dos 70 milhões de anos do Terciário, embora com uma diminuição gradual da temperatura. E, de repente, surge a modificação abrupta e radical das condições climáticas, na transição do Terciário para o Quaternário...

Porém, a parte mais interessante e estimulante do livro de SCHWARZBACH talvez seja a final, constituída pelo exame breve (apenas 38 pp.) de diversas tentativas de explicação causal das flutuações do clima do globo terrestre (*Genetische Paläoklimatologie*), reunidas em três grupos, com alusões às teorias mais importantes:

1 — *Causas terrestres*: Modificações nos continentes (LYELL, RAMSAY, BROOKS, KERNER-MARILAUN, SIMPSON); nos oceanos (BROOKS, EWING, DONN); no interior do Globo — vulcanismo (HUMBOLDT, KRIGE, WAGNER, BROCKAMPS, FUCHS, PATTERSON, BROOKS, CHAMBERLIN); na atmosfera (ARRHENIUS, CALLENDAR, PLASS, KULP, STECHOW); migrações polares e continentais (WEGENER, KÖPPEN, ASSMANN, BLACKETT, NAGATA).

2 — *Causas planetárias*: Variações periódicas e não periódicas da órbita da Terra (ROLL, MILANKOVITCH, WOERKOM, ZEUNER, WEGENER, KÖPPEN).

3 — *Causas extra-terrestres*: Absorção da radiação solar fora da atmosfera terrestre (MILANKOVITCH, KROOK, IVES, SIMPSON, BELL, FLOHN); variações primárias da radiação solar.

A análise dos factos leva o autor a inclinar-se para a ideia de dois factores principais influenciarem, simultaneamente, as flutuações climáticas (FLINT): variações da radiação solar e modificações da crosta terrestre. Assim, por exemplo, chama a atenção para o facto das glaciações só terem sido possíveis devido à conjuntura favorável desses dois factores, isto é, à coincidência de um período de radiação solar decrescente com uma configuração (e distribuição) especial das terras e dos mares; factores de ordens menores introduziram, quando muito, individualizações. Esta seria a explicação das características diferentes de cada uma das glaciações. Mas, sem dúvida, as grandes divisões climáticas deverão ser atribuídas sobretudo às variações primárias da radiação solar (pp. 229-232). A interpretação das flutuações climáticas não é possível sem se considerarem as modificações importantes que resultam da migração dos polos e das migrações dos continentes: deformação das massas continentais; glaciações da Gondwana; migrações das faixas de evaporitos (indicadores de aridez, conhecidos desde as regiões polares às suas posições actuais nas faixas de desertos, desde o Ordovícico-Silúrico até ao Quaternário) e dos recifes de corais (indicadores de climas quentes; grandes concentrações no hemisfério norte, entre o círculo polar e o trópico, atribuídas ao Câmbrio; grandes concentrações entre os trópicos, atribuídas ao Holocénico).

Uma bibliografia vasta e actualizada ocupa as últimas 22 páginas, de manchas mais densas que o resto do texto; além da indicação de livros, reúne numerosíssimos trabalhos que se encontram dispersos em revistas de Geologia, Meteorologia, Pedologia, Geografia, etc.; índices de autores, de lugares e de assuntos completam este compêndio de translucimento crítico, de apresentação sintética e comparativa dos factos fundamentais e de teorias que têm contribuído para a definição e desenvolvimento da Paleoclimatologia. Constitui uma contribuição valiosa, de leitura agradável e sedutora, para quem se interessa por estes problemas das flutuações climáticas.

A este livro de MARTIN SCHWARZBACH devem juntar-se outros dois: uma obra já tornada clássica, de CHARLES BROOKS, *Climate through the Ages*, 2.ª ed., London, 1949, e outra mais recente, *Changes of Climate*, UNESCO, Paris, 1963, 488 pp.

Esta última reúne numerosas contribuições de representantes de diversas disciplinas (Meteorologia, Oceanografia, Geografia, Hidrologia, Geologia e glaciologia, ecologia vegetal e história de vegetação, Arqueologia, etc.) e, muito embora obedeça a um plano da UNESCO para o conhecimento das regiões áridas, pelo seu conteúdo representa um programa metodológico do mais alto nível. Trata-se do volume das comunicações

apresentadas no Colóquio de Roma, organizado pela UNESCO e pela *World Meteorological Organization*, em Outubro de 1961, distribuídas por quatro secções: I — Modificações sobrevindas no decorrer do período coberto pelas observações meteorológicas (15 comunicações); II — Modificações sobrevindas no fim do tempo geológico e no princípio do tempo histórico (10 comunicações); III — Teorias das modificações do clima (9 comunicações); IV — Significado das modificações do clima (9 comunicações). Uma última parte, a V, é preenchida com as conclusões do Colóquio: Objectivos e métodos de estudo das modificações climáticas. Cada comunicação é seguida de um resumo, de discussão e bibliografia.

Os temas estudados vão desde «A temperatura de superfície do oceano Atlântico no decénio 1951-1960...» (M. RODEWALD, pp. 97-107) à «Apresentação sumária dos resultados das investigações pré-históricas feitas no Kurdistão, em relação com modificações climáticas» (R. J. BRAIDWOOD, pp. 251-254) e, por isso mesmo, R. G. VERYARD, na apresentação do «Panorama dos estudos relativos às variações climáticas que interessam o período para o qual se dispõe de observações meteorológicas» (pp. 3-15 de texto inglês; 17-35 de texto francês) recomenda vivamente que sejam tomadas precauções para «assegurar a representação e homogeneidade dos dados básicos». O empreendimento de uma metodologia paleoclimática não é tarefa fácil, «porque as flutuações climáticas, como se viu durante os debates, põem um problema de grande complexidade e que interessa numerosas disciplinas...» (C. C. WALLÉN, pp. 467-473; ou 475-485); justamente, os representantes de cada uma das disciplinas que interessam à Paleoclimatologia procuram flutuações de ordens de grandeza diversas, pertencentes a épocas diferentes da história da Terra, o que faz com que não seja ainda possível aplicar definições e métodos comuns. Daí o interesse e a necessidade urgente de trabalhos interdisciplinares neste domínio da ciência, e um dos grandes valores que tem a publicação destas comunicações do Colóquio de Roma e das suas conclusões.

Muitos pontos importantes foram debatidos e programas de trabalho foram fixados. Em relação ao aspecto teórico dos problemas, foram formuladas recomendações quanto à escolha e normalização dos períodos-tipos e dos métodos estatísticos, bem como de certos critérios de definição daquilo que se pode considerar, do ponto de vista teórico, como flutuação climática. Chamou-se a atenção para um aspecto prático muito importante das flutuações climáticas curtas, no decorrer de períodos recentes: as suas influências sobre a vegetação espontânea, sobre a vida agrícola e mesmo sobre a humanidade (em particular nas zonas do globo climaticamente «marginais»), sobre a fauna, sobre os glaciares, etc., que reagem a elas com um atraso considerável, e cuja interpretação deve ser feita com a maior prudência.

Maior desenvolvimento foi dado à apresentação das dificuldades ligadas ao estudo de modificações «pré-meteorológicas»: datagem das modificações; determinação da sua grandeza absoluta; determinação do seu significado. Muitos dos métodos utilizados em tentativas para encontrar soluções para estas dificuldades estão expostos e exemplificados em

diversas comunicações: estudo crítico de documentação histórica onde haja referências acerca de variações do tempo, de transformações da paisagem rural, etc., ligadas à actividade humana (S. K. SETH, pp. 443-454); utilização de métodos da arqueologia, como os testes do C¹⁴ para a fixação dos limites de certas épocas (M. RUBIN, pp. 223-228); métodos dendrocronológicos, isto é, estudo dos anéis de crescimento das árvores (H. C. FRITTS, pp. 255-263) e de análise polínica (P. QUÉZEL, pp. 243-249); métodos glacio-meteorológicos (K. W. BUTZER, pp. 211-221); etc. W. KUBIENA (pp. 207-209), K. W. BUTZER (pp. 203-206 e 211-221), C. VOÛTE e E. J. WEDMAN (pp. 395-402), H. BOBEK (pp. 403-413), J. TRICART (pp. 415-419) têm aplicado, com bons resultados, a períodos antigos do Plistocénico, métodos da Pedologia, da Geomorfologia, da Geologia, em especial nas regiões áridas e semiáridas; nas suas comunicações demonstram como é possível determinar, pelo menos qualitativamente, flutuações de ventos e de precipitações, pelo estudo de níveis de antigos lagos, de sedimentos em camadas de idades diferentes, de índices paleontológicos, etc.

Todavia, a dificuldade principal está em que todos estes métodos, em regra geral, não dão qualquer ideia da ordem de grandeza de uma flutuação de clima, no que se refere às modificações dos elementos climáticos ou da zona afectada. Para remediar as suas fraquezas têm-se tentado outros métodos (além dos da Arqueologia, da dendrocronologia e da análise polínica), mais quantitativos, a partir dos da oceanografia (R. W. FAIRBRIDGE, pp. 229-242) e da hidrologia; de métodos radioactivos (M. RUBIN, pp. 223-228); da análise quantitativa de índices geomorfológicos (K. W. BUTZER, pp. 203-206; J. P. MILLER e L. B. LEOPOLD, pp. 421-427); etc. A propósito destes últimos, na Parte V do livro, C. C. WALLÉN, autor das conclusões do Colóquio, faz a seguinte afirmação: «Parece que, de acordo com as comunicações apresentadas neste Colóquio, os progressos recentes dos métodos geomorfológicos, completados por índices tirados da ecologia vegetal e da análise polínica, da dendrocronologia, da arqueologia, da datagem de rádio-isótopos, etc., permitiram, no decorrer dos últimos quinze anos, fazer uma ideia mais clara mas, bem entendido, apenas qualitativa, das flutuações climáticas de longo termo durante o Plistocénico e o Holocénico». Dando valores de aproximação qualitativa, mantém-se a dificuldade de encontrar métodos de obtenção de resultados quantitativos.

Mas a questão mais misteriosa — e em parte compreende-se porquê —, quer em relação às flutuações climáticas de longo termo (dos tempos geológicos), quer em relação às de curto tempo, é a das suas causas, tão amplamente discutidas por numerosos cientistas e com representação importante na terceira parte deste livro. Aí degladiam-se as opiniões de vários investigadores, como A. OBULJEN, com um trabalho baseado no método matemático e astronómico de MILANKOVITCH, relativo à influência da radiação solar; J. S. SAMYER (pela interpretação das flutuações climáticas, de acordo com as modificações da circulação geral da atmosfera, se descobrirá mais facilmente a influência da radiação solar); H. FLOHN (deve-se estudar directamente a influência das

flutuações da radiação solar sobre as propriedades térmica e hídrica da Terra...; o aumento do teor de anidrido carbónico da atmosfera terrestre no decorrer dos últimos cem anos é provavelmente uma das causas da «flutuação climática recente»; R. C. SUTCLIFFE e B. DZERDZEEVSKII (as flutuações da circulação geral da atmosfera, que se produzem apenas entre os limites da variabilidade desta circulação, e resultantes de factores que não sejam extraterrestres, bastam para explicar as flutuações de clima que conhecemos) seguem um pouco as ideias expressas por J. BJERKNES e J. NAMIAS.

«Les cieux même ont varié, et toutes les choses de l'univers physique sont comme celles du monde moral, dans un mouvement continuel de variations successives». (BUFFON, *Époques de la Nature*, 1778).

ILÍDIO DO AMARAL