

## CIÊNCIAS DA TERRA (1962-1984)

## DO PARADIGMA AO MODELO

A evolução recente das Ciências da Terra exemplifica claramente algumas das características que epistemólogos e metodólogos extraíram do panorama da história do conhecimento científico. Assim, a revolução da Tectónica de Placas pode ser hoje apontada como uma demonstração da aplicabilidade de grande parte das ideias de KUHN (<sup>1</sup>). Como, por outro lado, é mais fácil popularizar um paradigma que questões em aberto, alguma reflexão sobre o significado desta revolução pode ser útil mesmo para o leigo ou não-especialista. De facto a Tectónica de Placas é um tema mais acessível à divulgação do que, por exemplo, o era a Relatividade nos anos 50, fazendo mesmo parte dos currículos de Geologia dos anos terminais do ensino secundário.

Como em muitas revoluções, a da Tectónica de Placas desenvolveu-se em fases sucessivas, separadas por períodos «contra-revolucionários», onde a rejeição do paradigma parecia impor-se à sua aceitação. Na sua primeira fase (WEGENER, 1912, HOLMES, 1944) a revolução é sobretudo conceptual. Mas, após a segunda guerra mundial, significativos avanços do ponto de vista tecnológico permitiram uma rápida acumulação de conhecimentos sobre os fundos oceânicos e uma melhor comparação entre a evolução destes e dos continentes. A expansão dos fundos oceânicos é proposta (HESS, 1962) e confirmada (MORLEY; VINE e MATTHEWS, 1964). A Cinemática das Placas é formalizada (TUZO WILSON, 1965; MORGAN, MCKENZIE e PARKER, LE PICHON, 1967-68), através da introdução do «postulado» da rigidez do interior das placas e deformabilidade apenas admitida nos seus bordos. Ao mesmo tempo, nos anos 60, a pesquisa espacial fornecia, através da Planetologia comparada, uma verificação independente das novas teorias sobre a evolução do planeta melhor conhecido, integrando-as harmoniosamente na evolução das ideias sobre o sistema solar no seu conjunto.

Sendo a natureza do método científico essencialmente hipotético-dedutiva, as dificuldades de aceitação do novo paradigma explicam-se naturalmente. Os mesmos factos não são explicáveis por outras conjecturas que podem também aspirar a um estatuto de não-refutabilidade? As próprias reacções do «establishment» editorial, tristemente exemplificadas pela rejeição do artigo de MORLEY que confirmava a expansão dos fundos oceânicos, são testemunho da confusão dos espíritos, mesmo os que deveriam considerar-se mais esclarecidos, dadas as funções que desempenhavam.

E aqui surge um aspecto particularmente esclarecedor, sobre a natureza desse método científico, na história do caso da Tectónica de Placas; se for possível quantificar as consequências da hipótese que se

---

(<sup>1</sup>) KUHN, THOMAS S., *The Structure of Scientific Revolutions*, The University of Chicago Press, Chicago, 2.<sup>a</sup> ed., 1970, 210 p.

pretende testar e se se obtiver concordância entre os valores observados e os previstos pela construção quantificada no maior número possível de variáveis em jogo, não será lógico aplicar um raciocínio probabilista? Isto é, afirmar que a hipótese de outro arranjo dessas variáveis pode explicar os valores observados diminui (exponencialmente) à medida que o número de parâmetros em que há acordo com os previstos pela teoria se acumula (linearmente)? A esta construção quantificada devemos chamar *modelo* e põe-se pois o problema de como passar do «paradigma», refutável num futuro mais ou menos próximo, a um modelo que, em princípio, se possa considerar como aquisição mais durável do conhecimento racionalizado.

Por outro lado, verifica-se que a constante tendência para a quantificação da Ciência é um aspecto contínuo na sua evolução, para além das descontinuidades introduzidas pelas revoluções científicas. Mas uma revolução conceptual traduzir-se-á sempre por um salto qualitativo no domínio da concepção dos modelos (quantitativos, se quisermos ser pleonásticos). As Ciências da Terra conheceram assim um período de crescimento intenso na aplicação dos métodos quantitativos dos anos 60 à actualidade. Hoje o modelo da Tectónica de Placas pode considerar-se universalmente aceite, quando é possível simular numericamente a cinemática das Placas e, através do modelo, obter determinados parâmetros dinâmicos; a medição destes através de vias independentes confirma amplamente a validade do modelo. A própria evolução das Matemáticas Aplicadas, quer do ponto de vista conceptual quer tecnológico, facilitou a sua extensão à lógica de um sistema dinâmico e complexo, a Terra, que como tal deve ser encarado à luz da Tectónica à escala do Globo. Por exemplo, é hoje possível simular numericamente, num supercomputador CRAY, o modo como se dá a rotura das asperezas num plano de falha activa, e, portanto, estudar a geração dos sismos em condições tais que qualquer semelhança com a realidade não seja pura coincidência! O período actual das Ciências da Terra pode ser pois caracterizado como de refinamento do modelo de modo a extrair dele todas as implicações, ou seja, a explorar todas as virtualidades do paradigma.

Que outras lições tirar do apanhado da história recente das Ciências da Terra que atrás procurámos apenas esboçar? Uma das mais salientes é a de que a resistência à hipótese wegeneriana da deriva dos continentes, ainda que revestida de uma robusta armadura teórica (JEFFREYS, por exemplo), não considerava que o método hipotético-dedutivo também se aplica à própria refutação da conjectura. Outro arranjo das mesmas hipóteses de base pode tornear aquilo que, à primeira vista, se depara como obstáculo intransponível à aceitação da teoria em questão. Assim, os continentes não rolam sobre os fundos oceânicos, como pretendia WEGENER, mas são arrastados conjuntamente com estes durante o processo de expansão, como a Tectónica de Placas provou. O mérito de WEGENER, geofísico por formação, foi o de não ter hesitado em utilizar todas as armas de outras origens (geologia, paleontologia, paleoclimatologia, geodesia) na defesa da sua teoria, e o desejo de medir a taxa de separação anual entre a América do Norte e a Goenlândia levou-o

mesmo à morte nos gelos desta última — exemplo extremo de coerência entre a teoria e *praxis* científicas. Tal como a Física Teórica exerceu importante retroacção sobre as Matemáticas, as ideias geológicas de WEGENER exerciam retroacção sobre as suas concepções científicas (em Ciência não há, felizmente, sentidos únicos nem qualquer outro tipo de restrições ao trânsito!).

Mas, ao mesmo tempo que a Tectónica de Placas se impôs à comunidade científica internacional de modo irreversível, a pesquisa de novos paradigmas não cessou, antes foi estimulada pelo êxito do modelo: qual o mecanismo motor do movimento das placas? que papel para as manchas quentes? a convexão abrange todo o manto ou só a sua parte superior? Os movimentos horizontais são bem explicados, mas quais as razões de ser dos movimentos verticais? Qual a relação entre os fenómenos interplacas e intraplacas? Desde quando o actual regime de Tectónica de Placas se estabeleceu na Terra? Para alguns destes problemas a passagem do paradigma ao modelo já se vislumbra, mas para outros ainda tacteamos a melhor abordagem. E estamos em crer que, tal como sucedeu no caso da Física depois de EINSTEIN, os próximos anos serão deste ponto de vista tão apaixonantes como os últimos vinte!

**ANTÓNIO RIBEIRO**