

Referências

1. A. B. Arons, *Teaching Introductory Physics*, John Wiley and Sons, Inc., New York (1997)
2. P. R. L. Heron, “‘Thinking like a Physicist’ about Physics Education”, *Second World Conference on Physics Education*, São Paulo, Brasil (2016)
3. P. R. L. Heron e D. E. Meltzer, “The future of Physics Education Research: Intellectual challenges and practical concerns”, *American Journal of Physics* 73(5), 390-394 (2005)
4. E. F. Redish, “Implications of cognitive studies for teaching physics”, *American Journal of Physics* 62(9), 796-803 (1994)
5. L. Bao, K. Hogg e D. Zollman, “Model analysis of fine structures of student models: An example with Newton’s third law”, *American Journal of Physics* 70(7), 766-778 (2002)
6. R. K. Thornton e D. R. Sokoloff, “Assessing student learning of Newton’s laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula”, *American Journal of Physics* 66(4), 338-352 (1997)
7. D. C. Phillips e J. F. Soltis, “*Perspectives on Learning*”, Teachers College Press, New York (2009)
8. P. A. Ertmer e T. J. Newby, “Behaviorism, Cognitivism, Constructivism: Comparing Critical Features from an Instructional Design Perspective”, *Performance Improvement Quarterly* 26(2), 43-71 (2013)
9. J. Dewey, *The Child and the Curriculum, and The School and Society*, joint ed., University of Chicago Press, Phoenix Books, Chicago (1969)
10. J. Piaget, *Seis Estudos de Psicologia*, Publicações Dom Quixote, Lisboa (2000).
11. L. S. Vygotsky, *A construção do Pensamento e da Linguagem*, Livraria Martins Fontes, São Paulo (2001)
12. E. von Glasersfeld, *Radical Constructivism: A Way of Knowing and Learning*, The Falmer Press, London (1995)
13. M. J. de Almeida, *Preparação de professores de Física: uma contribuição científico-pedagógica e didáctica*, Editora Almedina, Coimbra (2004)



Maria José B. M. de Almeida é Professora Cate-drática Jubilada do Departamen-to de Física da FCTUC. Doutora-da em Física pela Universidade de Cambridge, foi docente de Didática da Física e orientadora de Estágios Pedagógicos e de

Projetos de Investigação Educacional. Desenvolve investigação em Ensino da Física (PER), tendo orientado Teses de Doutoramento. Coordenou/co-laborou em vários Projetos de Investigação sobre o Ensino da Física, nacionais e europeus.



A Física da Terra

Carlos Fiolhais

No ano de 2017 comemoraram-se os 60 anos de um evento muito marcante da história da física: o Ano Geofísico Internacional, que se realizou entre 1 de Julho de 1957 e 31 de Dezembro de 1958. Contrariando o clima da guerra fria, 67 países, incluindo Portugal, uniram esforços para realizar uma série de projectos destinados a conhecer melhor o nosso globo em várias áreas: auroras polares, cartografia de precisão, física da ionosfera, geomagnetismo, gravidade, meteorologia, oceanografia, raios cósmicos, sismologia e actividade solar.

O evento científico mais marcante de 1957 ocorreu a 4 de Outubro, com o lançamento pela União Soviética do primeiro satélite artificial, o *Sputnik 1*. Os Estados Unidos haveriam de responder com o lançamento, a 1 de Fevereiro do ano seguinte, do *Explorer 1*, que descobriu o cinturão de Van Allen, mas já depois do *Sputnik 2*, em 3 de Novembro de 1957, com a cadela Laika a bordo, ter reforçado a precedência soviética. A NASA foi fundada a 29 de Julho de 1958 nessa fase de arranque da exploração espacial, pelo que vai ficar sexagenária em 2018.

Contudo, também foi marcante nessa ano o estudo da Antárctida. Uma expedição da Royal Society de Londres tinha aí criado a Halley Research Station em 1956, que ainda hoje prossegue sua actividade. Foi na Halley que, em 1985, foram efectuadas as medidas que conduziram à descoberta do buraco de ozono, um problema em vias de resolução graças ao protocolo de Montreal assinado em 16 de Setembro de 1987 e que foi entretanto ratificado por 196 países. Pela primeira vez na história, todos os países do mundo uniram-se para resolver numa base científica uma questão que afectava todo o

planeta e, portanto, a humanidade (infelizmente, a questão do aquecimento global não está a ter resposta semelhante). Por sua vez, os americanos criaram em 1957 no Pólo Sul a estação de Amundsen-Scott, onde foram sendo montados vários telescópios e instrumentos para observar o fundo cósmico de microondas e os neutrinos que vêm do espaço. A 1 de Dezembro de 1959, na sequência do Ano Geofísico, 12 países assinaram o Tratado da Antárctida (entretanto já são 53, incluindo Portugal), que reconhece essa região como uma reserva científica, banindo qualquer tipo de actividade militar. Um feito notável nos anos da guerra fria, mostrando que a ciência pode ultrapassar divisões nacionais!

Os programas de exploração do espaço e dos pólos continuam hoje em dia, com ampla participação dos físicos de muitos países. Um artigo saído em Dezembro passado na revista *Science* é bem exemplificativo dos avanços da geofísica moderna, ao juntar as áreas da gravidade e da sismologia, que nos anos 50 estavam separadas. Uma investigação da autoria de físicos franceses e americanos debruçou-se sobre os sinais recolhidos por sismógrafos muito afastados do epicentro do grande terramoto de Tóhoku de 11 de Março de 2011, que destruiu a central nuclear de Fukushima no Japão. A conclusão é muito interessante: sinais de alteração do campo gravítico, que se transmite à velocidade da luz, são perceptíveis antes da chegada da onda sísmica, que se espalhou pelo globo a uma velocidade entre 6 km/s a 10 km/s. Não só se consegue, através desse sinal, determinar com precisão a magnitude do sismo, uma medida difícil para sismos muito intensos (o referido sismo, de magnitude 9,1, foi o quarto maior de sempre, maior, por exemplo, do que o terramoto de Lisboa de 1 de Novembro de 1755, que não está sequer no *top ten*), como sobretudo permite fornecer um aviso com alguns minutos de avanço relativamente à chegada da onda elástica. A previsão de terramotos continua a desafiar os físicos. Não é disso que se trata mas sim de permitir avisos, ainda que de curto prazo, da eclosão de um terramoto violento. O tsunami associado ao terramoto causou 15894 mortos. Algumas dessas vidas poderiam ter sido poupadas se tivesse havido evacuação rápida das populações residentes nas regiões costeiras ameaçadas.