

Revista da Associação Portuguesa dos Professores de Biologia e Geologia,  
2005

## **A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO**

**- Três casos de erros científicos em que a física se cruza com a biologia e a geologia**

Carlos Fiolhais\* e Marta Entradas\*\*

\*Centro de Física Computacional e Departamento de Física da Universidade de Coimbra

3004-516 Coimbra

[tcarlos@teor.fis.uc.pt](mailto:tcarlos@teor.fis.uc.pt)

\*\*CREMINER, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa,

1749-016 Lisboa

[marta.entradas@fct.mcies.pt](mailto:marta.entradas@fct.mcies.pt)

Num tempo em que a interdisciplinaridade é a fonte da ciência mais moderna e em que muito se fala da necessidade de reforçar a ligação entre as disciplinas no ensino das ciências, talvez seja útil apresentar alguns exemplos concretos da história da ciência que ilustram a utilidade de conjugar saberes de várias proveniências.

A história da ciência pode e deve servir como fonte de inspiração no ensino tanto das Ciências Físico-Químicas (a Física e a Química) como das Ciências Naturais (a Biologia e a Geologia). Contar aos alunos do ensino secundário – e, por que não?, também do ensino básico – histórias curiosas da história da ciência, nas quais as várias ciências se entrelaçam com resultados férteis e por vezes mesmo surpreendentes, terá decerto um efeito pedagógico forte.

Ao descobrirem a história da ciência, os alunos entenderão melhor que a ciência é uma construção humana, feita com imaginação e esforço ao longo dos tempos e não algo caído do céu inopinadamente. Perceberão que as leis naturais não foram fornecidas aos humanos no cimo do Monte Sinai, nem estavam já escritas numa tábua, mas sim que foram sendo escritas por eles, subindo montes e vales, conjugando diferentes saberes para responder a sucessivas questões. Entenderão melhor a natureza da ciência como uma luta continuada contra o erro e perceberão que é muito maior o que une a metodologia e a prática das várias ciências do que aquilo que as divide. Entenderão ainda que as barreiras entre as várias disciplinas científicas podem ser transpostas com óbvios benefícios para todos.

Vamos contar três estórias que se passaram essencialmente no século XIX e que ilustram as vantagens de cruzar os olhares de diferentes disciplinas, nomeadamente a Física, a Biologia e a Geologia.

- 1- A polémica entre Galvani e Volta sobre a electricidade, que esteve na origem da pilha eléctrica.
- 2- A disputa entre Lyell e Lord Kelvin sobre a idade da Terra.
- 3- A discussão entre Boltzmann, por um lado, e Oswald e Mach, por outro, sobre a realidade dos átomos, que o movimento browniano permitiu esclarecer.

No primeiro caso a questão foi descobrir a origem da electricidade: embora lhe tenha sido atribuída, durante algum tempo, uma origem animal, a verdade é que Volta estava certo a respeito da origem físico-química desse fenómeno.

No segundo caso, cruzaram-se a Geologia e a Física na determinação da idade do nosso planeta: os geólogos estavam certos e os físicos profundamente errados.

No terceiro caso, os energeticistas puseram em causa a realidade dos átomos, mas os atomistas tinham razão quando não duvidavam dela: a certeza sobre os átomos adquiriu-se em grande medida graças à descoberta do movimento de um grão de pólen num meio líquido efectuada pelo botânico Robert Brown.

## 1. Galvani *versus* Volta

Um dos casos mais antigos em que a Biologia mais contribuiu para o desenvolvimento da Física é o da célebre polémica entre Luigi Galvani (1737-1798), professor de Anatomia na Universidade de Bolonha, e Alessandro Volta (1745-1827) (Fig. 1), físico da não muito distante cidade de Como. Para Galvani a electricidade tinha uma origem animal ao passo que para Volta tinha claramente uma origem físico-química.



**Fig. 2- Volta e a sua pilha eléctrica.**

Volta ganhou a discussão e, quase como um bônus inesperado, surgiu em 1800 um novo dispositivo gerador de electricidade, a pilha eléctrica. Este instrumento revolucionou a produção de electricidade em laboratório e proporcionou as condições que permitiram, mais tarde, produzir electricidade à escala industrial.

Em finais do século XVIII os fenómenos eléctricos eram não só bem conhecidos como utilizados em espectaculares experiências de salão, para especial proveito e diversão de monarcas e nobres. O problema era que a produção de electricidade exigia grandes máquinas electrostáticas ou não muito práticas garrafas de Leyden. Com a invenção da pilha, passou a ser muito mais fácil fazer demonstrações de electricidade.

Ninguém poderia adivinhar que a pilha, cujos descendentes modernos encontramos em qualquer vulgar supermercado, nasceria do estudo de descargas eléctricas em pernas de rã feitas com máquinas electrostáticas. Em 1780 Galvani notou que as patas da rã se contraíam bruscamente em resposta a uma descarga eléctrica. Meia dúzia de anos depois reparou que uma perna de um batráquio suspensa por um agarrador de cobre se contraía quando o cobre, ao que consta inadvertidamente, ficou em contacto com uma barra de ferro no bordo da bancada do seu laboratório. Como não havia nenhuma máquina a gerar electricidade, Galvani defendeu a hipótese de que a electricidade teria uma origem fisiológica. Para ele o cérebro geraria um fluido eléctrico que seria enviado pelos nervos para os músculos, que o conservariam, um pouco como as garrafas de Leyden. Em 1791 as conclusões de Galvani eram publicadas nas Memórias da Universidade de Bolonha, a mais antiga academia do mundo.

O galvanismo (estudo da electricidade animal) tornou-se então moda. É interessante notar que a palavra “galvanizar” (que significa originariamente “electrizar”, “submeter à acção de correntes eléctricas”) faz hoje parte da linguagem corrente (com o significado de “dar ou adquirir vida ou entusiasmo”). Apesar do locutor desportivo não fazer a mínima ideia da origem da palavra quando diz que “a assistência está galvanizada pelo golo”..

O trabalho de Galvani não ficou sem resposta. Volta retorquiu que Galvani estava a confundir causa e efeito. Segundo o sábio de Como, a origem da descarga eléctrica na perna da rã, quando não havia máquina, residia simplesmente no contacto entre dois metais diferentes – o ferro e o cobre – se houvesse um elemento húmido entre eles. Em 1800, em reforço das suas conjecturas, concebeu a primeira pilha, a pilha de Volta. Tratava-se de um amontoado de discos de zinco e prata alternados e separados por algodão embebido numa solução acidulada. Como este aparelho fornecia electricidade ao exterior, podia concluir-se que o contacto entre metais diferentes era a fonte

do “fluido” eléctrico. As rãs deixaram de ter qualquer importância no estudo da electricidade!

Por ironia do destino, Galvani, não pôde assistir ao desmoronar das suas ideias e ao triunfo das de Volta.

O imperador francês Napoleão Bonaparte percebeu imediatamente a importância da pilha e chamou Volta a Paris, para efectuar a demonstração do funcionamento da pilha. Um quadro famoso mostra o imperador francês sentado (posição que permitia esconder a sua modesta estatura) a admirar a pilha, mostrada por Volta (que está de pé). O poder político começava a reconhecer a importância da ciência, facto que desde então só tem vindo a intensificar-se.



Fig. 2 Napoleão e Volta.

## 2. Lyell *versus* Kelvin

Quando falamos em história da Terra, longos períodos de tempo têm necessariamente que ser invocados. A busca do relógio da Terra iniciou-se há muito tempo. Já o alemão Abraham Gottlob Werner (1749-1817) (Fig. 3) o procurou no século XVIII. Werner, considerado um dos avós da geologia,



Fig. 3 Abraham Werner

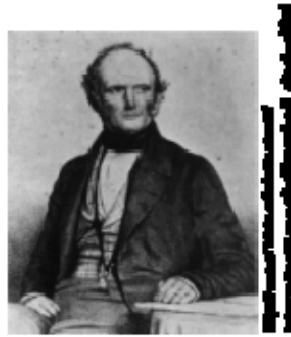


Fig. 2- O geólogo Inglês Charles Lyell.

defendia que a formação da Terra teria sido um processo rápido e que todas as rochas se teriam depositado num oceano primordial, num espaço de tempo muito curto – esta é a chamada cronologia curta da Terra. A teoria werniana estava de acordo com os ensinamentos bíblicos (Deus teria criado todo o Universo, incluindo a Terra, em apenas alguns dias) tendo por isso permanecido, durante algum tempo, inabalada.

Acabou por ser questionada nos finais do século XVIII pelo geólogo inglês James Hutton (1726-1797). Hutton, ao observar rochas sedimentares depositadas horizontalmente sobre rochas dobradas, concluiu que estas teriam sido depositadas em diferentes épocas e que, portanto, era longa a história da Terra – esta é a chamada cronologia longa da Terra. Em 1795, Hutton publicou o livro “Theory of the Earth”, no qual fala de uma história geológica uniforme, permanente, sem início nem fim: poder-se-ia mesmo falar de uma idade infinita! Claro que para os cristãos que levavam à letra a palavra da Bíblia, a ideia de um tempo infinito era uma verdadeira heresia, uma vez que proibia o acto criador reportado nas Escrituras. Hoje sabe-se que a teoria de Hutton estava essencialmente correcta, tendo servido de base para as teorias de geologia e biologia que se lhe seguiram.

O geólogo inglês Charles Lyell (1797-1875) (Fig. 4) seguiu na pegada das ideias de Hutton. Considerado por muitos o pai da Geologia, publicou entre 1830 e 1833 o livro fundador dessa ciência - "Principles of Geology" (em três volumes), onde defendeu as concepções de Hutton contra as de Werner. Lyell datou rochas através dos fósseis que continham, tendo concluído não só que a Terra teria vários milhões de anos como também que teria mudado lentamente ao longo de todo esse tempo, devido a factores como a erosão. O princípio do uniformismo defendido por Hutton ganhou nesta altura tal preponderância que, a partir de meados do século XIX, a Bíblia quase desapareceu do estudo da história da Terra.

Charles Darwin (1809-1882) foi um adepto das ideias do seu amigo Lyell, tendo feito uso delas na sua teoria da evolução. Por sua vez, Lyell, que antes acreditava que as espécies se tinham mantido imutáveis ao longo dos tempos, quando toma conhecimento da teoria de Darwin, tornou-se um dos seus maiores defensores. O desenvolvimento da estratigrafia e da paleontologia, já preliminarmente estudadas por sábios como da Vinci e Lavoisier, ajudou à aceitação das teses uniformistas de Hutton e Lyell. O estudo dos fósseis permitiu datar sequências de estratos e conhecer melhor a cronologia da história da Terra.

Em 1859, Charles Darwin estimou em 300 milhões de anos, um tempo claramente longo, o período de escavação de um grande vale inglês. Esse

cálculo concordava “grosso modo” com outro relativo à salinidade dos oceanos, que fixava em 100 milhões de anos o tempo necessário para salinizar toda a água do mar.

Mas, em 1863, o famoso físico William Thomson (1824-1907), mais conhecido pelo seu título de Lorde Kelvin, que na altura era considerado o “papa” da Física (Kelvin foi um dos autores da Segunda Lei da Termodinâmica, ou Lei da Entropia), voltou, embora obviamente sem invocar a Bíblia, às ideias da cronologia curta presentes em Werner. Baseado na Primeira Lei da Termodinâmica – a Lei da Energia, que estipulava a conservação dessa grandeza física – estudou o fluxo de calor emitido pela Terra, concluindo que o nosso planeta teria, no máximo, 100 milhões de anos. Em 1887 Kelvin, com novos cálculos, atribuiu à Terra cerca de 20 milhões de anos, um valor que provocou um grande alvoroço entre geólogos. Lyell respondeu-lhe afirmando que haveria reacções químicas no interior da Terra que não tinham sido consideradas nesses cálculos mas não conseguiu demover o teimosíssimo Kelvin, que, quanto muito, estava apenas disposto a admitir o valor de 400 milhões de anos.

Kelvin estava rotundamente errado e a chave para mostrar o seu erro só apareceria mais tarde, em 1896, com a descoberta da radioactividade pelo físico francês Henri Becquerel (1852-1908). De facto, a radioactividade, que está associada à emissão de calor, não entrava nos cálculos de Kelvin! E, curiosamente, foi a radioactividade de algumas rochas naturais que permitiu finalmente datar com precisão o planeta Terra. Um dos geólogos mais famosos do século XX que investigou o problema da datação da Terra foi o britânico Arthur Holmes (1890-1965). Holmes concluiu que a Terra teria uma idade entre 1400 e 3000 milhões de anos. Contudo, determinações mais recentes dão à Terra, como de resto a todo o sistema solar, a provecta idade de 4,5 mil milhões de anos. Não é um tempo infinito como defendia Hutton, mas é muito maior do que o tempo bíblico ou do que o tempo de Kelvin.



Tal como Galvani, Kelvin não viveu o suficiente para reconhecer o seu erro!

### 3) Boltzmann *versus* Ostwald e Mach

A existência dos átomos foi “pressentida” por filósofos e poetas da Antiguidade Clássica como Demócrito, Epicuro e Leucipo. Foi preciso porém esperar até ao século XIX para que o conceito de átomo passasse pelo crivo da verificação experimental. O autor das primeiras verificações foi o químico inglês John Dalton (1766-1844) (Fig. 5). O nome de Dalton invoca imediatamente o daltonismo, um defeito de visão que consiste na confusão de algumas cores e que afecta quase dez por cento da população masculina (a população feminina transmite o defeito geneticamente, mas só o possui em grau muito inferior). De facto, Dalton e um seu irmão eram daltónicos!



Fig. 3- John Dalton.



Fig. 3- O físico austriaco Ludwig Boltzmann.

Dalton estudou o ar. Sabia que o ar não era um elemento químico único, como supunham os antigos gregos, mas antes uma mistura de vários elementos, como o oxigénio e o azoto. E supôs que o ar era formado por pequenas partículas, os tais átomos (palavra que significa entidades indivisíveis, em grego). Para Dalton os átomos do mesmo elemento eram todos iguais no peso, no tamanho e na forma, isto é, os elementos distinguiam-se pelos seus átomos. A partir da observação de várias amostras de ar, concluiu que cada transformação química era o resultado da combinação de átomos, chegando a

alguns resultados quantitativos. Claro que a junção de átomos dá origem a moléculas, mas a ideia de moléculas era estranha ao pensamento de Dalton.

Em 1828, quando Dalton tinha 62 anos, um botânico escocês sem qualquer relação nem com ele nem com o estudo dos átomos, efectuou uma observação que haveria, muito mais tarde, de vir a confirmar as ideias atomistas. Robert Brown (1773-1858) reparou que minúsculos grãos de pólen, colocados em água, se moviam de um modo muito desordenado. Na altura pensava-se que o pólen teria vida própria, mas o problema da explicação do movimento browniano persistiu durante quase um século.

Através de numerosas e variadas observações físico-químicas a hipótese atómica de Dalton foi-se consolidando. Um dos seus maiores defensores foi o físico austríaco Ludwig Boltzmann (1844-1906) (Fig. 6), que estudou o movimento caótico dos átomos ou moléculas de gases (a palavra “gás” surgiu a partir da palavra “caos”). Mas houve fortes opositores: os mais famosos foram o alemão Wilhelm Ostwald (1853-1932) e o austríaco Ernst Mach (1838-1916), que defendiam o primado da energia sobre a matéria - por isso foram chamados energeticistas – e do contínuo sobre o discreto.

A correcta interpretação do movimento browniano efectuada por Einstein (1879-1955) no “annus mirabilis” de 1905 (cujo centenário se celebra em 2005, declarado pela UNESCO e pela ONU Ano Mundial da Física) veio confirmar a hipótese atómica. A partir de então os átomos deixaram de ser uma mera hipótese. O jovem Einstein efectuou descreveu e interpretou o movimento browniano, concluindo que os grandes grãos de pólen tinham um movimento errático devido ao embate de moléculas de água muito menores. Era o movimento irregular e incessante das moléculas de água que originava o movimento, visível apenas ao microscópio, dos grãos de pólen. Os cálculos de Einstein seriam confirmados por experiências do físico francês Jean Perrin (1870-1942), alguns anos mais tarde, o que lhe valeu o Prémio Nobel da Física.

Até hoje e já passou muito tempo, a descoberta do movimento browniano foi, sem dúvida nenhuma, a maior contribuição que a botânica deu à física!

Quanto aos detractores do atomismo, Ostwald acabou por se convencer da justeza do atomismo devido à influência de Boltzmann e obviamente à clareza dos resultados experimentais. Contudo, Mach conservou até ao fim da sua vida a sua ilusão na continuidade da matéria. Apesar do triunfo do atomismo, Boltzmann teve um fim trágico: suicidou-se em 1906, havendo algum mistério sobre as causas da sua morte. Há quem diga que teria sido desespero pela incompreensão de que foi vítima nos meios científicos); nesse caso, podia ter esperado mais um bocadinho...

As três estórias que contámos são, julgamos, bem elucidativas sobre as relações de intercâmbio que têm existido ao longo da história entre as várias disciplinas científicas. São óbvias para cada um e para todos as vantagens de estar atento ao olhar do outro: se cada uma das ciências se fechar sobre si mesma, poderá vir a persistir em erros, perdendo excelentes oportunidades de desenvolvimento.

## **PARA SABER MAIS**

### **Livros**

(existindo numerosos livros sobre as estórias aqui referidas, seleccionaram-se apenas um livro em português e outro recente em inglês sobre cada uma delas):

- Rómulo de Carvalho, “História da Electricidade Estática”, Atlântida, 2ª edição, 1973.

(um clássico da divulgação científica em português da autoria de um dos mestres desse género).

- Giuliano Pancaldi, "Volta: Science and Culture in the Age of Enlightenment", Princeton University Press, 2003.

(uma das mais recentes e melhores biografias de Volta; refere o cientista português João Jacinto Magalhães).

- Claude Allègre, "Da Pedra à Estrela", Publicações Dom Quixote, 1987.

(O famoso geofísico francês discute no início deste livro a história da história da Terra).

- Cherry Lewis, "The Dating Game. One Man's Search for the Age of the Earth", Cambridge University Press, 2000

(Uma biografia de Arthur Holmes, um dos geólogos que mais se distinguiu na fixação da idade certa do nosso planeta; no início, são relatados os antecedentes históricos do problema).

- Rómulo de Carvalho, "História do Átomo", Atlântida, 3ª edição, 1975.

(Outro clássico do "patrono" da cultura científica em Portugal).

- David Lindley, "Boltzmann's Atom: The Great Debate That Launched A Revolution In Physics", Free Press, 2001.

(Discussão recente das ideias dos atomistas, com ênfase particular em Ludwig Boltzmann)

### **Sítios da Internet**

(indicam-se vários sítios que constituem bons recursos pedagógicos, no sentido de complementarem as informações aqui fornecidas):

<http://scienceworld.wolfram.com>

(Excelente conjunto de enciclopédias de astronomia, química, física, matemática e biografias científicas).

<http://www.strangescience.net/>

(Exemplos da construção do conhecimento científico nas áreas da paleontologia e da biologia e discussão de alguns erros científicos; contém ainda uma escala cronológica de descobertas importantes nesses campos e biografias dos cientistas em causa).

<http://www.pbs.org/wgbh/aso/databank/bioindex.html>

(Biografias e descobertas de cientistas de várias áreas que fizeram história no campo das ciências).

<http://www.nobel.se/physics/index.html>

(Apresentação dos Prémios Nobel da Física atribuídos pela fundação Alfred Nobel).

[http://www.ideafinder.com/history/of\\_inventors.htm](http://www.ideafinder.com/history/of_inventors.htm)

(Interessante sítio sobre inventores e respectivos inventos ao longo da história).

<http://turnbull.mcs.st-and.ac.uk/~history/BiogIndex.html>

(Biografias de conhecidos cientistas de várias áreas, com índices cronológico e alfabético).

[http://www.slcc.edu/schools/hum\\_sci/physics/whatis/](http://www.slcc.edu/schools/hum_sci/physics/whatis/)

(Alguns tópicos de Física e sua relação com outras ciências, incluindo biografias de físicos famosos).