

# PELO ENSINO EXPERIMENTAL DAS CIÊNCIAS

## DEBATE REALIZADO NA ESCOLA SECUNDÁRIA PEDRO NUNES

No quadro da homenagem nacional a Rómulo de Carvalho/António Gedeão promovida pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, realizou-se na manhã do dia 17 de Dezembro de 1996, na Escola Secundária Pedro Nunes, Lisboa, um debate intitulado "Pelo ensino experimental das ciências". Nesse debate, coordenado pelo Prof. Cândido Marciano da Silva, participaram antigos alunos de Rómulo de Carvalho, professores, cientistas e pedagogos. A "Gazeta de Física" publica neste número os textos das intervenções disponíveis.

Na tarde do mesmo dia, realizou-se uma sessão solene de homenagem ao Prof. Rómulo de Carvalho, presidida pelo Presidente da República, Dr. Jorge Sampaio, e que contou com a presença do Ministro da Ciência e Tecnologia, Prof. José Mariano Gago, e do Ministro da Educação, Prof. Marçal Grilo. O Presidente da República distinguiu o Prof. Rómulo de Carvalho com a Ordem Militar de Santiago de Espada. (N.E.)

### Nota introdutória

A homenagem a Rómulo de Carvalho ocorre numa altura em que é latente uma insatisfação e uma controvérsia relativas ao estado actual do ensino das ciências, simultaneamente com uma consciência generalizada da importância da compreensão pública da Ciência.

Se a ciência "pula e avança" isso deve-se ao confronto constante entre a experimentação e a teoria, que se verifica de forma sistemática a partir do século XVIII.

Rómulo de Carvalho descreve este confronto como a vitória da Física Experimental (provavelmente a primeira ciência a beneficiar desta atitude disciplinar de pensamento). Mas se ele chama, em 1970, a atenção para a necessidade da sua introdução no ensino oficial, é pelo menos insólito que neste final do século XX, reconhecida que é a importância da Ciência no desenvolvimento da sociedade moderna e futura, se considere que há um problema a discutir. Tanto mais insólito quando, como referiu o Prof. J. Providência na recente inauguração do Museu de Física da Universidade de Coimbra, se sabe a antiguidade do reconhecimento da importância do ensino experimental:

*Da seguinte transcrição de "A Relação Geral do Estado da Universidade" elaborada em 1777 pelo Reitor Reformador D. Francisco de Lemos para ser apresentada à Rainha D. Maria se depreende que o Gabinete (de Física) era: "Depósito de Machinas, Aparelhos e Instrumentos; os quaes são necessarios para que as liçoens de Física que se dão no Curso Filosofico se façam com aproveitamento dos Estudantes; os quaes não somente devem ver e executar as experiências com que se demonstram as verdades ate o prezentes conhecidas na Física; mas tambem adquirir o habito de as fazer com a sagacidade, e destreza que se requer nos Exploradores da Natureza."*

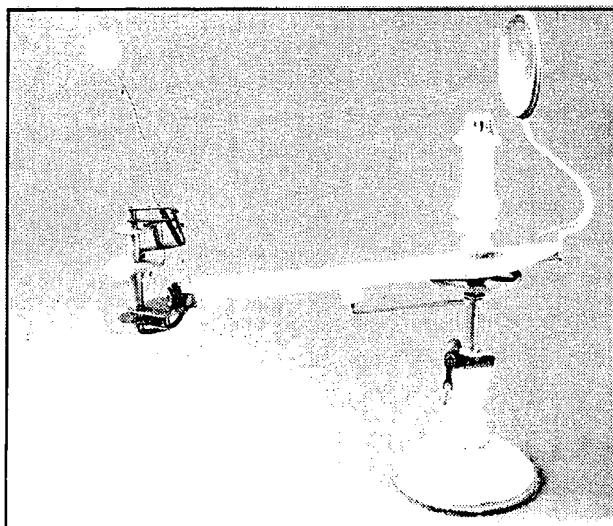
Se para decidir é preciso discutir, que se discuta depressa, e por isso pareceu apropriado que Rómulo de Carvalho fosse ainda o patrono desta discussão que se quis iniciar com este modesto seminário realizado no "Liceu" Pedro Nunes, integrado nas homenagens em curso.

Creemos que os textos seguintes que compilam as intervenções convidadas (ex-alunos, professores, cientistas, pedagogos) devem ser vistos como contributos iniciais para a agenda dessa discussão.

Cândido Marciano da Silva

### Painel de intervenientes

- João Caraça  
Instituto Superior de Economia e Gestão
- Alcina do Aido  
ex-professora da E. S. Pedro Nunes
- Cândida Rosa  
ex-professora da E.S. Camões
- Artur Marques da Costa  
ex-professor do Colégio Militar
- Augusto Fitas  
Departamento de Física da Universidade de Évora
- Jorge Valadares  
Colégio Militar/Universidade Aberta
- Odete Valente  
Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
- Carlos Fiolhais  
Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
- Casanova Ribeiro  
Departamento de Física do Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa
- Carlos Matos Ferreira  
Sociedade Portuguesa de Física



## EXPERIMENTAÇÃO E APRENDIZAGEM NAS CIÊNCIAS

João Caraça

Instituto Superior de Economia e Gestão

A teoria e a experimentação interagiram mutuamente e constituíram desde o início as bases do edifício científico da modernidade. A criação de diferentes disciplinas científicas, cada vez mais especializadas, tornou a aprendizagem da ciência numa questão central para o funcionamento da sociedade industrial. O ensino de uma disciplina científica passa pela partilha com o aluno da cultura da experimentação. Rómulo de Carvalho foi um verdadeiro mestre deste ofício.

### Teoria e experimentação

No século XVII, o discurso dos "filósofos naturais" combinava a contemplação com a prática, articulava a teoria e a experimentação. Não foi esta, obviamente, a primeira vez que se ligou a teoria com a experiência no tocante à relação com a Natureza. O que foi inovador, e esteve na base do sucesso da compreensão científica do mundo, foi a ênfase posta no apuramento da prova empírica como critério de validade deste novo saber; isto é, foi a submissão da descrição e dos esquemas teóricos ao escrutínio da experimentação.

A nova cultura da modernidade que surge na Europa após o renascimento e os descobrimentos trazia implícitos estes ingredientes e vinha imbuída desta estratégia. Além disso demonstrou capacidade de poder aplicá-los. Graças aos esforços e aos progressos técnicos conseguidos independentemente por uma legião de artesãos e artífices, relojoeiros e alquimistas, trabalhando isolados, corporativamente ou em grandes obras, um novo sistema técnico vai igualmente emergindo, no qual as máquinas se tornam o centro das atenções gerais, das gentes do povo aos grandes artistas.

Com a introdução da medição mais precisa do tempo surgem novos modos de racionalizar a actividade administrativa e a vida económica, mas torna-se igualmente possível controlar melhor experimentalmente a relação entre o espaço e o tempo. A medição do tempo por meio de relógios mecânicos, ao princípio movidos por pesos, depois por molas e utilizando o pêndulo a partir de meados do século XVII, trouxe à dimensão temporal a noção de apropriabilidade generalizada que veio acompanhar a mudança havida nas dimensões espaciais.

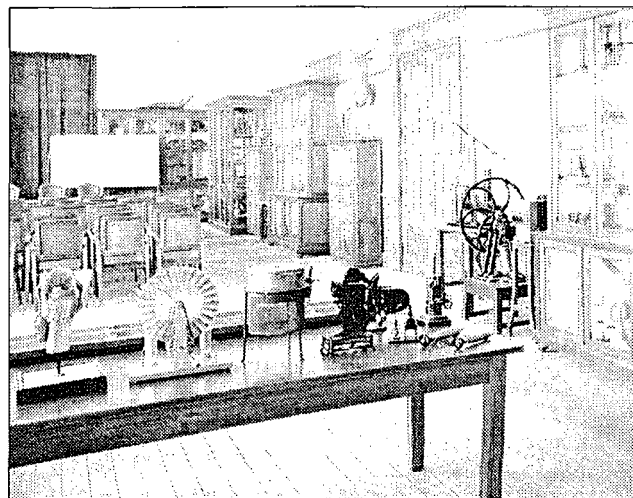
A possibilidade de medir de um modo mais preciso o movimento dos corpos despoletou a revolução científica moderna. Não é possível imaginar o desenvolvimento

da mecânica newtoniana sem o suporte dos progressos efectuados no domínio da medição de curtos intervalos de tempo, assim como não é possível encarar o desenvolvimento da óptica ou da fisiologia e da biologia sem o contributo da utilização de lentes acromáticas na feitura de telescópios e de microscópios.

Deste modo, a estratégia central da modernidade, de verificação pela experiência, foi apoiada no seu desenvolvimento pela instituição de uma nova base tecnológica, constituída pelos instrumentos científicos, cujo uso e implicações vieram reforçar os pressupostos de partida.

A vastidão do campo experimental alcançado através dos instrumentos largamente compensou as penas da luta travada contra a visão do mundo até então vigente. E o esforço científico passou largamente a ser entendido como uma luta contra o senso comum bafiento, atávico, não-moderno.

Paralelamente às novas linguagens de descrição da natureza que surgiam motivadas pela observação e pelos "novos mundos" que se descobriam usando os instrumentos, assistiu-se à introdução sistemática da linguagem matemática para exprimir de forma quantitativa as relações naturais ou "leis da Natureza".



O sucesso deste procedimento, e a adequação das leis físicas à previsão dos fenómenos na Terra e nos céus, legitimou a pretensão do conhecimento de base científica à universalidade no espaço e no tempo. A modernidade manipulava as variáveis tempo e espaço à sua vontade, obtendo pela ciência as regras exactas para essa operação. A visão que lhe estava associada permitia a conquista, a navegação e o comércio, em todo o mundo.

Vê-se deste modo como a teoria e a experimentação se reforçaram mutuamente desde o início, e como o uso de novas linguagens se adequou às novas questões sociais que eram postas pela expansão dos europeus pelo globo. E como a prática derivada do estudo da mecânica

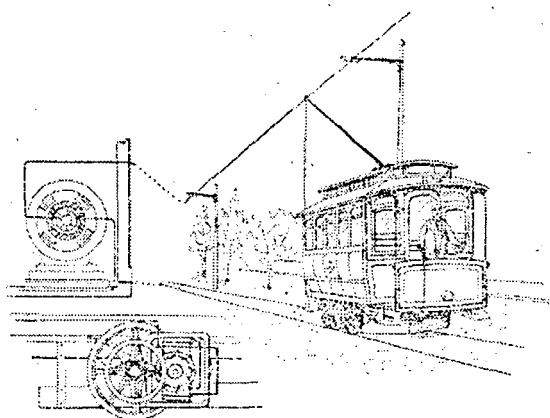
## Homenagem a Rómulo de Carvalho

— a observação e a experimentação suportadas no uso de instrumentos; a teoria formulada com base em linguagem matemática; o peso da prova empírica servindo de critério de validade; a comunicação dos resultados e das descobertas realizadas impulsionando novas actividades científicas — se erigiu em método canónico de todo este campo cognitivo.

Na realidade, é a submissão da teoria à experiência conjuntamente com o uso de linguagens específicas, matemáticas e instrumentais, que assinala o nascimento de conhecimento disciplinar sobre os fenómenos naturais. A singularidade e a fecundidade dos tempos modernos residem no extraordinário avanço que lhes está associado no domínio da criação de linguagens matemáticas e instrumentais para descrever a natureza.

### A aprendizagem das ciências

Cada geração que surge reinterpreta os saberes que lhe são transmitidos, apropriando-se deles, e é sobre esta nova base de representação da realidade que se definirão novos conhecimentos que sustentem a actividade societal, até que uma nova geração recomece este processo.



O procedimento para a sobrevivência é, de facto, muito mais complexo do que esta simples descrição. Uma geração não aparece isolada, não funciona sozinha; ela é guiada nas suas conjecturas pelos registos materiais (físicos, patrimoniais, infraestruturais) e escritos a que tem acesso. Posteriormente, a sua actividade realiza-se no quadro de uma comunicação continuada com elementos quer da sua, quer de gerações anteriores, sentindo igualmente a necessidade de comunicar os saberes adquiridos às gerações que se lhe seguem.

É esta enorme actividade comunicativa social que assegura a perenidade dos vários grupos que formam a

espécie humana; às suas características globais, aos valores e percepções que promove e estimula, corresponde o “espírito da época”. Por aqui se vê quão difícil é fazer coisas novas, a não ser em casos de alteração substancial ou catastrófica do meio exterior, na medida em que novos significados, novas linguagens, têm não só que se adequar à realidade, têm que ser eficazes na acção a que respeitam, como também precisam ser apropriadas socialmente (aceites por uma comunidade). De outro modo, são considerados como uma excentricidade.

Para sobreviver é preciso conhecer; a capacidade de aprender está pois no centro da nossa possibilidade de existir. A aprendizagem é deste modo uma tarefa essencial na nossa sociedade.

A aprendizagem efectua-se a vários níveis, tem vários tempos e objectivos, envolvendo pares mestre/aprendiz muito diversos. A família, por exemplo, foi desde sua instituição, com a invenção da agricultura, uma estrutura fundamental também no campo da aprendizagem.

Algumas seitas, por outro lado, foram igualmente importantes sistemas de aprendizagem, com os seus ritos de iniciação, para distinguir os sabedores dos não-sabedores e criar coesão entre os “iniciados”. Sobretudo em sociedades onde a intensidade da actividade imaterial societal era reduzida, na medida em que toda a actividade era orientada para angariar o sustento imediato, alimentar e de abrigo.

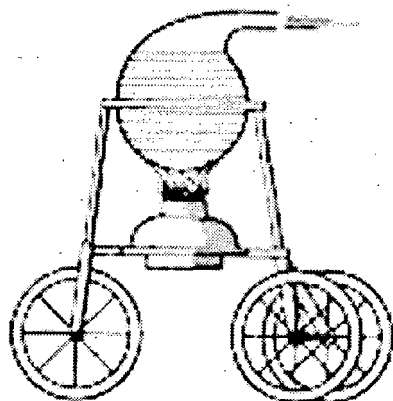
Mas a modernidade que irrompe há quinhentos anos atrás tem na imprensa um dos seus pilares fundadores e na circulação e comunicação alargada de conhecimentos o seu maior trunfo, embora por vezes se tenha pretendido esquecer este facto. A aprendizagem passou também a ser organizada em larga escala, sistematicamente, a partir de então.

Quanto mais elaborada, mais complexa, é a linguagem em que se exprime um determinado saber, tanto mais custosa se torna a sua aprendizagem, obrigando a uma maior afectação de recursos (tempo, por exemplo) a esta actividade. Por isso não admira que em sociedades altamente hierarquizadas, onde a acumulação material se dá apenas no topo, o manejo e o disfrute dos saberes essenciais ao seu funcionamento coeso circulem apenas num âmbito muito restrito.

A invenção de saberes disciplinares argumentativos requiere uma outra organização, que permita igualmente um longo período de aprendizagem mas onde se crie um “espaço de argumentação” colectivo que valide essa aprendizagem. Era essa a função das diversas escolas (do grego: repouso) filosóficas gregas no período clássico.

Surgida sobre a tradição medieval das corporações, a ciência moderna cria como escolas primeiro as acade-

mias de ciências e só muito mais tarde, no século XIX, se rende ao estabelecimento universitário. A aprendizagem da ciência é, no início, ocupação dos praticantes dessa mesma ciência. As características próprias da actividade científica, a sua linguagem, precisavam ser maduramente aprendidas pelos aspirantes a cientistas em contacto próximo com a sua origem e fontes documentais.



Mas a criação de diferentes disciplinas científicas, a crescente especialização dos seus domínios, a noção de aplicabilidade dos conhecimentos científicos tornou a aprendizagem da ciência um assunto de importância básica para o funcionamento da sociedade em industrialização, que era necessário *profissionalizar*. É aqui que vemos a dignidade da actividade de circulação de conhecimentos em ciência assumir a sua plenitude: é que para se poder criar, houve que se ser longamente introduzido nas linguagens que servirão eventualmente de base a essa criação. E quem terá coragem para afirmar que esse longo processo não foi essencial para gerar a conjectura criadora?

Não há ciência no meio do deserto: não há cientistas iluminados, auto-suficientes, ignorando os outros cientistas que os formaram ou desprezando aqueles que lhes permitiram criar o espaço de validação das suas conjecturas.

### **Rómulo de Carvalho, professor e mestre**

Ensinar é uma mágica. Porque não se trata de transmitir conhecimentos, ou de desfiar um rosário de informações. O que está em causa, no ensino das ciências, é suscitar a curiosidade, é fomentar a imaginação, usando como ferramenta uma conjectura que se propõe ao aluno, que a ela adere, recriando-a, porque a “des-

cobre”. E é gerar a confiança nessa capacidade de conjectura que constitui a essência do processo de aprendizagem.

É claro que para que se crie o gosto de aprender será preciso fornecer bases que permitam ao aluno confiar na sua habilidade para conjecturar. Será preciso estimulá-lo, ao princípio, encaminhá-lo nalgumas voltas do caminho mais tortuosas, adverti-lo dos riscos que poderão ser assumidos, reconhecer-lhe o esforço despendido. No caso do ensino de uma ciência, o despertar desse gosto passa pela partilha da cultura da experimentação. E isto porque a maneira de validar e dar sentido às conjecturas que relevam de um domínio científico assenta no apuramento da prova empírica.

O dom de experimentador e demonstrador dos desígnios da natureza distinguiu Rómulo de Carvalho. As suas aulas de laboratório eram sempre de uma riqueza não antecipada. Pelo modo como percebíamos o funcionamento das experiências e, ao mesmo tempo, as suas limitações. Ou o seu enquadramento. Ou as histórias humanas ligadas às grandes experiências “clássicas” que motivavam a respectiva aula.

Com Rómulo de Carvalho, a física transformou-se para mim num corpo de conhecimentos de enorme importância quer para o entendimento da vida quotidiana quer para a compreensão da nossa posição no cosmos; os seus conceitos, as grandezas físicas, e as suas relações, as leis da natureza, surgiam com a força da tempera humana que as tinha criado, discutido e aplicado; o edifício lógico e harmonioso que acolhia a formulação matemática das grandes simetrias do universo ia progressivamente exercendo o seu poderoso fascínio sobre a minha mente de adolescente à medida que, pela mão segura de Rómulo de Carvalho, nele ia penetrando. E assim sucedeu durante quatro anos, até terminar o liceu.

Devo dizer que a necessidade de procurar o significado físico das coisas nunca mais me abandonou. Certamente porque a confiança no prazer dessa “experiência de descoberta”, que foi tão grande no seu início, induziu a sua prática sistemática, criou uma marca, um procedimento de escolha face às incertezas do futuro. Somos também, inescapavelmente, o que aprendemos.

### **Referências**

Este texto foi preparado a partir de:

- “O que é Ciência”, João Caraça, Difusão Cultural, Lisboa, no prelo.
- “Rómulo de Carvalho, desde há trinta e oito anos meu professor”, João Caraça, Diário de Notícias, 24 de Dezembro de 1996.

## ACTIVIDADE EXPERIMENTAL E TRABALHO DE PROJECTO NO COLÉGIO MILITAR.

### Alguns resultados dos últimos anos lectivos

Artur Marques Costa

Professor Aposentado do Colégio Militar

A nossa intervenção evidencia como a componente experimental foi relevante em actividades curriculares, extra-curriculares e interdisciplinares que tiveram lugar nos últimos doze anos no Colégio Militar. Enumeram-se os principais projectos:

- Energias Alternativas (Solar e Biomassa) — projecto levado a efeito com os colegas A. Gama e L. Frazão, difundido em vários estabelecimentos de ensino em Portugal.

- Chuvas Ácidas na Grande Lisboa e na Grande Manchester. Estudo comparativo realizado com a *University of Manchester* e publicado na revista *The Environmentalist* (UK).

- A Macrofotografia na sala de aula (que juntou a fruição do aspecto estético...) apresentado na *Università di Firenze* e publicado em *Richmach*, Revista de Química de Milão.

Refere-se, também, como a criatividade e a resolução de exercícios simples, ligados à produção de materiais, podem ser postos à prova.

### As Energias Alternativas (Renováveis)

No Colégio Militar, nos últimos 12 anos, e numa acção conjunta dos departamentos de Mecanotecnia e de Físico-Química, construíram-se protótipos que despertaram o interesse em relação às Energias Alternativas e o desenvolvimento da criatividade. Foi nossa intenção "aproximar" as energias alternativas dos alunos e mostrar-lhes como é importante, no mundo de hoje, o renovável e o alternativo (...em relação a outras formas de energia).

Assinale-se aqui, muito justamente, o grande entusiasmo e empenhamento dos meus colegas Eng.º António Gama e Eng.º Lourenço Frazão, em mais de uma década de actividade nestes projectos.

Conceberam-se e realizaram-se modelos para a exploração e utilização da Energia Solar e para o aproveitamento do biogás, tendo os alunos tido um papel muito activo em todo o processo. Construíram-se painéis, fornos, destiladores e regadores solares. Fizeram-se aplicações práticas imediatas das actividades desenvolvidas: assaram-se peças de fruta e salsichas, destilou-se água, fundiram-se até, pontualmente, chapas metálicas de pequena espessura.

Pela utilização de materiais de baixo custo (e até de um grande espelho parabólico côncavo, de revolução, usado na 2.ª Guerra Mundial) e da exploração pedagógica das situações, foram-se introduzindo aspectos, definições e conceitos importantes da Ciência, tais como, por exemplo, efeito de estufa, densidade da água, efeito de termosifão, mudanças de estado, condutividade térmica dos diferentes metais, conceitos básicos de óptica geométrica, estudo das leis da reflexão.

Construíram-se biodigestores e gasómetros, para a produção e recolha do biogás (mistura constituída essencialmente por  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ ) a partir de detritos orgânicos. Outra vez, a actividade experimental (e oficial) foi importante: determinação da composição volumétrica das misturas gasosas obtidas (relação  $\text{CH}_4/\text{CO}_2$ ), medidas de pH, construção de manómetros de vidro, de queimadores, etc.

Toda a nossa filosofia, que se apoiava fortemente na criatividade e na actividade experimental, foi apresentada em congressos e reuniões havidas em Chicago, Roterdão, Nápoles, Tampere (Finlândia) e Vigo, junto de alunos, professores e instituições que valorizavam e praticavam este mesmo tipo de actividade. Em muitas escolas portuguesas realizámos acções de formação que "provocavam" alunos e professores nesta vertente experimental.

A propósito do metano, um dos componentes do biogás que se obtinha, falou-se, frequentemente, do gás natural, combustível alternativo que, muito em breve, será um poderoso recurso energético do nosso país.

Assinale-se, ainda, a elaboração de um conjunto de problemas que "nasceu" de medidas que iam sendo praticadas durante as actividades dos diferentes projectos.

### As Chuvas Ácidas

O protocolo escolhido para este estudo, onde participaram alunos e professores de 10 escolas da Grande Lisboa e Açores (S. Miguel) e de 10 escolas da Grande Manchester (Reino Unido) envolvia um estudo internacional comparativo. Este estudo era, fundamentalmente, pedagógico e obedecia, entre outros, aos seguintes objectivos:

- desenvolver técnicas didácticas, contribuindo para conhecimentos fundamentais relacionados com o ambiente.

- motivar para um trabalho colectivo de conhecimento de problemas que nos afectam e a sua prevenção e familiarizar, gradual e sistematicamente, os alunos com técnicas experimentais relativamente simples.

Todas as escolas instalaram um colector semelhante para a recolha semanal da água das chuvas. Todas as segundas-feiras, à mesma hora, durante 10 semanas, mediam-se os volumes da água caída, e verificavam-se os valores do pH com tiras de papel indicador, iguais em

todas as escolas envolvidas no projecto. Não eram pois usados aparelhos medidores do pH. Deste modo, o estudo revestia-se mais de aspectos comparativos do que absolutos.

Os valores de pH obtidos eram depois convertidos em  $\text{meqdm}^{-3}$  de  $\text{H}^+$ , e constatou-se que, durante os 7 anos (1987-1993) do estudo, a acidez da chuva da Grande Manchester era nitidamente superior à correspondente da Grande Lisboa e de S. Miguel.

O estudo dos coeficientes de correlação existente entre as concentrações hidrogeniónicas e os volumes da água da chuva recolhida mostrou que era negativa para a Grande Manchester e positiva para a Grande Lisboa.

Esta actividade experimental tinha também a finalidade de alertar os alunos para o papel dos produtos químicos. É sabido que, desde longa data, fazem parte do nosso quotidiano, e que é de grande valor a sua utilização na medicina, na agricultura, na indústria, mas podem ser, por outro lado, agressores do homem e do meio ambiente, se indevidamente usados, como é o caso da presença do enxofre no carvão e noutros combustíveis tradicionais, e responsável, parcialmente, pelas chuvas ácidas. Os alunos sentem que é preciso, portanto, despertar muitas consciências, especialmente a dos políticos, e por acções, de âmbito internacional, ajudar os países mais pobres a adquirirem conhecimentos básicos sobre os efeitos nocivos que os produtos químicos podem provocar, quando mal utilizados.

Este trabalho põe, ainda, em evidência que, mesmo a nível do Ensino Secundário, foi possível fazer um estudo experimental comparativo entre escolas de dois países membros da Comunidade Europeia.

### Macrofotografia na sala de aula

Uma outra actividade experimental, levada a efeito na sala, foi a macrofotografia de arranjos cristalinos. Estava relacionada com a química (obtenção de cristais) e com a física (macrofotografia). Porquê esta actividade com os alunos? Para realçar a importância dos cristais no nosso dia a dia. De facto, comemos cristais, utilizamos como medicamentos e algumas substâncias do nosso corpo são... cristalinas.

A estrutura das redes cristalinas, isto é, os arranjos regulares das partículas (átomos, iões, moléculas), no espaço tridimensional, pode ser relativamente simples (caso do cloreto de sódio) ou complexa (vitamina C). Os cristais podem ser gerados na Natureza, a partir da matéria em fusão, ou no laboratório, a partir de soluções salinas (por exemplo), mas, em qualquer dos casos, existe sempre um fascínio pela grande diversidade dos agregados cristalinos...

Nos nossos ensaios de precipitação obtiveram-se, por vezes, belas massas cristalinas, que, posteriormente, foram fotografadas. Esta actividade permitiu a realização

de muitos ensaios do foro da Química, mas a parte seguinte, a fotografia dos cristais obtidos, envolveu a técnica da macrofotografia e, nalguns casos, a utilização de dispositivos polarizadores da luz.

Evidentemente que, para além disso, houve uma outra intenção, ao falar da estrutura íntima da matéria, que foi a de mostrar as relações entre a Química e a Arte. Esta actividade resultou numa escolha pessoal, tornada possível devido a condições específicas da escola onde trabalhei. O trabalho pedagógico e a actividade experimental podem, portanto, ter também (...e felizmente) uma face cultural.

### Uma lembrança para o Professor

Finalmente recordo que, como ex-aluno de Rómulo de Carvalho, durante vários anos, fui muito motivado pela vertente experimental das suas aulas. Todos os projectos descritos foram, indirectamente, consequência da sua acção.

Quero até acabar estas notas com palavras de Rómulo de Carvalho, que apareceram na Introdução que escreveu para o seu livro "Guia de Trabalhos Práticos de Química" (Coimbra, 1960), e que reflectem bem a sua preocupação pelo trabalho experimental:

*"Esta actividade pessoal que caracteriza o curso dos trabalhos práticos não deve ser encarada, pelo estudante, como um passatempo. Deve ser tomada com muita seriedade porque é por meio dela que o principiante adquire mais segura consciência dos factos que estudou ..... que pode nascer o despertar do gosto pela investigação de laboratório cuja importância, não só no mundo científico, como no mundo industrial, não é necessário encarecer".*

### Bibliografia

- COSTA, A. M. e GAMA, A. M. (1986), "O forno solar na Escola Secundária" (problemas), *Gazeta de Física, Vol 9, Fasc 1*, Lisboa.
- COSTA, A. M. e GAMA, A. M. (1993), "Scuola, Energie Alternative ed Ambiente, un Progetto Pedagogico in una Scuola Portoghese", (Mostra "Futuro Remoto", Napoli, Nv-Dic 1993), *Innovazione, Comunicazione, Sviluppo (ICS), Anno V, n.º 11/12*, Roma.
- COSTA, A. M. e GAMA, A. M. (1994), "As Energias Renováveis e a Prática Pedagógica", *Libro de Actas do 7.º Congresso Ibérico de Energia Solar, "Energias Limpas en Progreso", Asociacion Española de Energia Solar, Mayo-Junio 1994*, Vigo.
- HARE S. E.; LONGHURST, J. W. S.; COSTA, A. M. da (1991), "A Study of Rainwater Acidity in Great Manchester and Great Lisbon", *The Environmentalist, Vol. 11, n.º 4*, 267-280, London.
- COSTA, A. M. (1993), "Macrofotografia Scientifica per Nuovi Percorsi Formativi", *Richmach Magazine, Gennaio-Febrario*, Milano.

## A PRÁTICA LECTIVA E AS AULAS LABORATORIAIS NUMA UNIVERSIDADE<sup>1</sup>

Augusto J. S. Fitas

Departamento de Física da Universidade de Évora

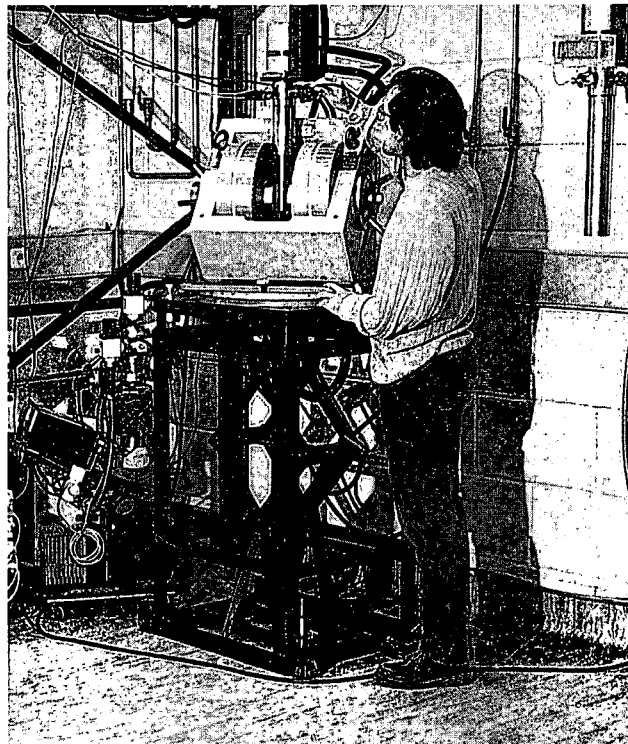
1. Quando os alunos chegam à Universidade possuem uma "cultura científica" onde não há lugar para a incerteza. Erros, repetição da experiência fazendo variar as condições experimentais, análise de resultados experimentais, criação de modelos experimentais não fazem parte da sua cultura científica. Também não lhes foi dada a possibilidade de desenvolverem alguns conhecimentos sobre aquilo que se pode chamar de técnicas laboratoriais ligadas às disciplinas científicas fundamentais, onde a Física está obviamente incluída. A experimentação em Física não fez parte da sua aprendizagem.

É frequente em outras disciplinas, como é o caso do Português, da História e da Biologia, procurar-se uma actividade de extensão complementar estimulante para os estudantes, surgem o jornalismo, os trabalhos de apoio a bibliotecas, os clubes de protecção à natureza etc. Aqui o estudante é induzido a participar, a criar, ele sente que se encontra, de um forma mais viva, no palco da acção: faz-se da experiência o centro da aprendizagem...

No caso da Física esta actividade de extensão é muito menos frequente, embora em alguns casos exista — é o que se passa com as semanas da ciência organizadas por muitas escolas, onde, a par do seu carácter lúdico, se procura saltar fora da prática rotineira da sala de aula... — contudo a pouca procura dos nossos estudantes pela actividades ligadas à Física mostra quão insuficientes são estes processos de motivação. É uma situação que não é nova e a atestá-lo relembro um escrito de Rómulo de Carvalho de 1970 e publicado na *Gazeta de Física*. Escrevia o autor, "*tem-se desenvolvido nos liceus, nestes últimos anos, uma actividade escolar à margem das aulas, designada por «Clubes de Física»*" e prosseguia com a constatação que "*a maioria esmagadora dos alunos escolhe os desportos e joga à bola nos tempos livres*", para concluir "*no ano lectivo corrente, no Liceu Pedro Nunes, houve 17 alunos em 900 que escolheram o clube de física*"<sup>2</sup>. Somos forçados a concluir, perante este exemplo de há um quarto de século, que, apesar das grandes mudanças sofridas pela escola portuguesa, a Física, não obstante a sua relevância no desenvolvimento tecnológico, continua a ser uma das matérias que menos atrai o estudante.

Contudo ao chegarem à universidade a maioria dos estudantes gosta e integra-se bem no trabalho de laboratório das disciplinas de Física. É a primeira vez, pelo menos dentro desta área, que o trabalho de laboratório faz parte integrante do programa da disciplina.

Na grande maioria dos Departamentos de Física das universidades portuguesas «há uma "cultura" que faz com que seja natural que a cada disciplina de Física se associe uma vertente laboratorial», evidentemente com algumas excepções que dependem da natureza das disciplinas; esta vertente não é um simples pró-forma, vai fazer-se sentir em termos concretos na avaliação final. Por outras palavras o estudante tem que dar alguma importância ao trabalho experimental se quer ter aproveitamento final.



Como funcionam as aulas de laboratório das diferentes disciplinas de Física? Respondemos, tendo em conta o que se passa na nossa universidade, fugindo, portanto, a qualquer generalização. As aulas de laboratório funcionam com base em protocolos onde se estabelecem passo a passo os procedimentos que o estudante, em grupo, terá que executar. Executando-se um trabalho por aula de duas ou três horas que culminará, na maioria dos casos, com a execução de um relatório.

Embora contacte com a incerteza, os erros e a análise dos resultados experimentais, normalmente na aula prática não existe qualquer situação problemática que o estudante tenha que enfrentar e que resolver recorrendo à experiência. Há que sublinhar que a atitude docente se centra fundamentalmente em três exigências: o cumprimento do protocolo ou receituário; o domínio por parte do estudante dos conceitos científicos subjacentes à rea-

<sup>1</sup> No seguimento de outras reflexões já produzidas, nas Jornadas do Departamento de Física da Universidade de Évora, Julho de 1994.

<sup>2</sup> Rómulo de Carvalho, O Ensino Liceal de Física de 1964 a 1970, *Gazeta de Física*, vol. V, fasc. 1, p. 2 (1970).



lização do trabalho; a entrega do relatório na aula seguinte.

Conclusão possível: o entusiasmo inicial dos estudantes com o trabalho laboratorial, aquilo que poderíamos chamar de adesão romântica à atmosfera de laboratório, transforma-se rapidamente numa rotina que a curto prazo desemboca no desinteresse...

2. Para lá de reforçar a aprendizagem do conhecimento científico, com o trabalho laboratorial pretende introduzir-se a prática do método científico, ensinar técnicas experimentais, desenvolver aptidões específicas na condução da investigação científica. No fim das contas desenvolver uma "atitude científica" na leitura da natureza.

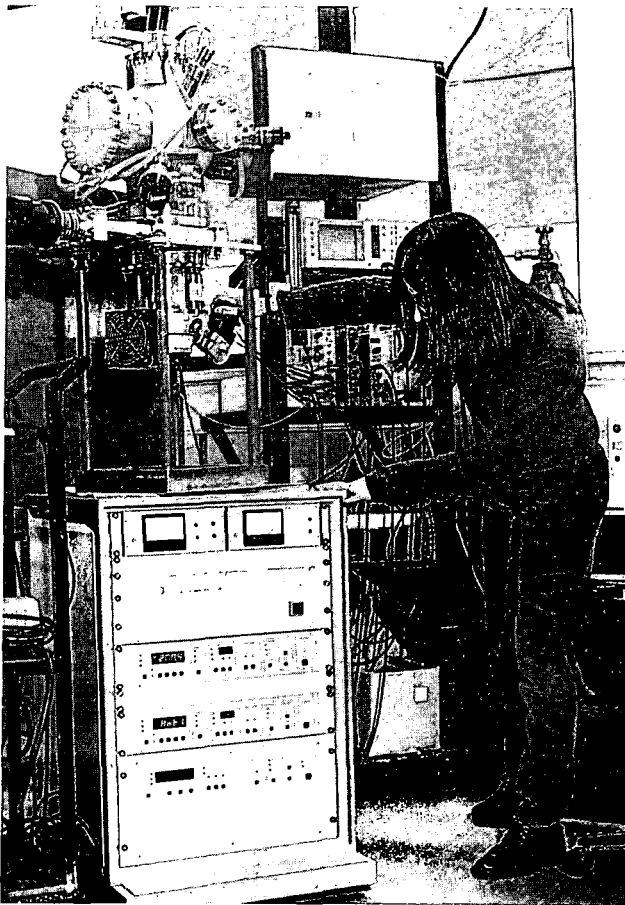
Em nossa opinião a prática lectiva laboratorial está muito longe de atingir os objectivos acima enunciados, pesam neste relativo insucesso dois factores: o primeiro, a forma como são concebidas as aulas laboratoriais; o segundo, o afastamento completo da sua prática em relação ao que se poderia designar por "prática real" da experimentação científica.

Acontece que a nosso cargo temos a formação científica de futuros professores de Física das Escolas Secundárias: quais os reflexos da nossa prática lectiva "laboratorial" no ensino que os novos professores virão a ministrar? Ao acompanharmos os seus estágios em escolas verificamos que dão, de uma forma bastante espontânea, uma atenção muito especial às demonstrações experimentais. Esta é uma constatação importante; apesar das aulas de laboratório não cumprirem os seus objectivos, somos levados a concluir que para parte dos nossos formandos elas parecem ser muito úteis, pois vão-lhes inculcando a ideia essencial que "experiência" faz parte do ensino da Física. Nesta atitude há uma influência decisiva do facto das disciplinas de Física da universidade terem uma componente laboratorial.

Na realidade os estagiários dão grande importância à realização de experiências, mas, aprofundando um pouco a nossa observação no que diz respeito às suas aulas, verificamos que se limitam a repetir um conjunto de técnicas aprendidas nos trabalhos laboratoriais no sentido de "ilustrarem" os conceitos em jogo. Talvez seja precipitada a conclusão, mas, no essencial, o que retiveram das nossas aulas práticas de laboratório foi o seguinte: primeiro, apreensão de algumas técnicas laboratoriais e, segundo, a ilustração empírica dos conceitos.

Contrariar esta tendência (ou alargar o seu alcance) corresponderia a encontrar um espaço onde a Física Experimental fosse discutida, incluindo-se aí uma abordagem histórica do papel que desempenharam as grandes experiências em todo o processo de desenvolvimento dos conhecimentos. É importante e urgente arranjar um espaço onde, ao nível do ensino, se lance a proposta da componente experimental na resolução de um problema...

3. É inegável que a actividade científica experimental fascina qualquer jovem. Um fascínio que passa pela própria concepção dos instrumentos, numa curiosa colaboração em que participam o artista, o artesão e o cientista, e onde a imaginação é guiada por uma espécie de impulso "romântico" em desvendar uma realidade muitas vezes oculta pelos caprichos superficiais da Natureza. É esta actividade que impregna de uma forma muito especial toda a atmosfera do laboratório, a grande responsável pela "revelação dos segredos da Natureza", que maravilha e seduz qualquer estudante. É difícil no ensino recriar esta atmosfera... mas seria bom que dela nos conseguíssemos aproximar.



E termino com uma citação do autor que estamos a homenagear e que se deve ler no contexto do século XVIII, para o qual foi escrita: «A prolongada disputa entre Antigos e modernos, tão rica em episódios de vários matizes, aproximava-se do seu termo com a inevitável vitória da Física Experimental. Restava agora, como natural epílogo, introduzi-la oficialmente no ensino, o que era tarefa própria do governo da nação»<sup>3</sup>. O que, adaptado aos dias de hoje, me permite concluir: *Resta agora, como natural epílogo deste fim de século que se introduza oficialmente no ensino uma Física Laboratorial, o que será tarefa própria do governo da nação.*

<sup>3</sup> Rómulo de Carvalho, *A Física Experimental em Portugal no séc. XVIII*, Instituto de Cultura e Língua Portuguesa, Lisboa, p. 75 (1982).



## O ENSINO EXPERIMENTAL E O CONSTRUTIVISMO

Jorge Valadares

Colégio Militar e Universidade Aberta

Numa época em que se privilegiam estratégias de ensino inspiradas no construtivismo, com amplo recurso a testes, questionários e entrevistas tendentes a detectar os modelos alternativos dos alunos, propõe-se uma reflexão sobre a importância da actividade experimental e sobre o modo como esta deve ser encarada de forma a contribuir para a aprendizagem significativa da ciência.

### O construtivismo

Nestes últimos anos temos ouvido falar muito em construtivismo, principalmente em pessoas ligadas à investigação educacional e ao ensino. Mas o que é o construtivismo? É uma filosofia da ciência? É uma psicologia da educação? É uma sociologia da educação? É uma maneira de encarar o processo educativo?

Se é difícil definir os contornos de um paradigma, não nos devemos admirar de que isso suceda com o construtivismo. De facto, ele é muito mais do que uma filosofia da ciência, do que uma psicologia ou sociologia da educação e transcende qualquer nova visão do processo educativo. É um modo de encarar a natureza do conhecimento e a sua evolução, que o mesmo é dizer a relação entre o ser humano e o mundo, entre o sujeito cognoscente e o objecto cognoscível.

O construtivismo assenta, fundamentalmente em dois princípios:

- *O ser humano não possui ideias inatas acerca do mundo.*
- *Cada ser humano constrói as suas ideias por interacção directa ou indirecta com os objectos do mundo, constituindo essas ideias a sua representação, o seu cenário, à sua imagem desse mesmo mundo.*

Em termos filosóficos, o construtivismo procura superar velhos problemas como são os da existência, origem, essência, formas, metodologia, validade e demarcação do conhecimento do ser humano. Assim, inspira visões do conhecimento que procuram reconciliar integradamente o dogmatismo e o ceticismo, o realismo e o idealismo, o empirismo e o racionalismo, os conceitos transcendente e imanente de verdade, etc. Criticando a visão positivista e neopositivista da ciência, o construtivismo encara a ciência como uma construção que ocorre paralelamente de modo pessoal e idiossincrásico e de modo social e normativo.

Por outro lado, o construtivismo inspira psicologias cognitivistas que se opõem às velhas teorias associacionistas ou comportamentalistas, rejeitando também quaisquer visões demasiado objectivistas ou subjectivistas da percepção humana. Encara esta como um acto complexo em que as ideias prévias de que o ser humano dispõe são determinantes no produto da percepção e que, por esse facto, a percepção de um objecto depende não só deste mas também do sujeito.

Finalmente, numa perspectiva educativa, que é a que aqui nos interessa, o construtivismo está subjacente a teorias em que a **aprendizagem** é encarada como:

- *um processo de exploração pessoal tendente à reorganização activa de uma rede de significados já existentes;*
- *uma actividade de desenvolvimento de um espírito científico em cada aluno que o levará a explorar por ele próprio o domínio da ciência;*
- *uma actividade cujo responsável principal é o próprio aluno, mas que é muito influenciada pelo professor bem como por factores de ordem social e curricular.*

### A actividade experimental e o construtivismo

Se, como diz Ausubel (1980), o factor mais importante de que depende a aprendizagem de um aluno é o que ele já sabe, se as «*misconceptions*» são tão decisivas na aprendizagem de um aluno a tal ponto que Rosalind Driver (1988) advoga que terão de ser tidas em conta pelos professores e pelos *curricula*, deverá defender-se um ensino profundamente voltado para a componente conceptual da ciência em detrimento da componente experimental?

Se assim é, um bom ensino será aquele em que os professores adoptam estratégias alicerçadas correctamente nas teorias científicas, com uma enorme preocupação no rigor dos princípios e das leis, com um profundo cuidado no tratamento dos conceitos e na correcção da linguagem, com muitos momentos de avaliação formativa sobre os textos estudados pelos alunos e com muitos diálogos «*maieúticos*» com estes.

Mas tais estratégias, por maior que seja o rigor envolvido nelas, nunca conduzirão a uma boa aprendizagem da ciência, porque são absolutamente inconsistentes com a natureza e a evolução da mesma, segundo o construtivismo que perfilhamos.

De facto, admitindo o princípio construtivista de Jean Piaget e Rolando Garcia (1987) segundo o qual há um certo paralelismo entre as construções pessoal e social do conhecimento científico, entre os mecanismos envolvidos na filogénese e na ontogénese das ideias (e que muitos construtivistas actuais também advogam, até por

ser coerente com muitas ideias explanadas por pensadores de reconhecido mérito como são Vigotsky, Bachelard, Toulmin, Ausubel, Novak, Gowin, entre outros), então há que reconhecer que uma compo-

nente importante foi incorrectamente desprezada: a vertente experimental. Se esta foi decisiva na evolução histórica do conhecimento do mundo, também o será na evolução desse conhecimento em cada ser humano. A

## PARTE CONCEPTUAL

### PRESSUPOSTO BÁSICO:

O Vê de Gowin facilita e valoriza o trabalho experimental.

### TEORIAS:

- Teoria da gravitação.
- Teoria newtoniana do movimento.

### LEIS:

- Lei da inércia.
- Lei fundamental de Newton.
- Lei da acção-reacção.
- Lei da gravitação.
- Leis horárias dos movimentos.

### CONCEITOS:

- Corpo.
- Massa.
- Gravidade.
- Força.
- Força de tensão.
- Peso.
- Espaço percorrido.
- Tempo.
- Velocidade.
- Aceleração.
- Movimento uniforme.
- Movimento uniformemente acelerado.
- Incerteza absoluta.
- Incerteza relativa.
- Desvio padrão.

## QUESTÃO-FOCO:

Será que a aceleração prevista pela Física newtoniana para os corpos da *máquina de Atwood* é verificada experimentalmente?

## PARTE METODOLÓGICA

### JÚZO COGNITIVO:

A aceleração prevista teoricamente é confirmada experimentalmente.

### RESULTADOS:

$$\frac{2s_1}{t_1^2} = (0,30 \pm 0,01) \text{ m/s}^2$$

$$\frac{2s_2}{t_2^2} = (0,30 \pm 0,01) \text{ m/s}^2$$

$$a_{\text{exp}} = (0,30 \pm 0,01) \text{ m/s}^2$$

$$a_{\text{teor}} = \frac{m}{2M + m}g$$

$$= (0,297 \pm 0,001) \text{ m/s}^2$$

### TRANSFORMAÇÕES DOS DADOS:

- Duas tabelas em anexo com valores de tempos, valores mais prováveis, desvios, incertezas.
- Duas tabelas em anexo, uma com valores de velocidades e tempos, outra com distâncias e quadrados de tempos.
- Dedução (em anexo) da fórmula da aceleração teoricamente prevista com o uso da ferramenta conceptual.

### DADOS/REGISTOS/FACTOS:

$$s_1 = (0,200 \pm 0,001) \text{ m}$$

$$s_2 = (0,300 \pm 0,001) \text{ m}$$

$$t_1 = 1,17 \text{ s}; 1,18 \text{ s}; 1,17 \text{ s}; 1,17 \text{ s}$$

$$t_2 = 1,43 \text{ s}; 1,44 \text{ s}; 1,44 \text{ s}; 1,44 \text{ s}$$

$$M = (147,910 \pm 0,005) \text{ g}$$

$$m = (9,050 \pm 0,005) \text{ g}$$

### ACONTECIMENTOS/OBJECTOS:

- Máquina de Atwood com três cursores:  
1 - disparador; 2 - retentor; 3 - de chegada.
- Haste vertical graduada ao milímetro.
- Dois corpos iguais e uma sobrecarga
- Cronómetro eléctrico e fios de ligação.

análise histórico-filosófica da ciência e as ciências e tecnologias da cognição apontam no sentido de que a **experiência e a razão são igualmente relevantes na construção do conhecimento científico.**

A ciência constrói-se com base numa dialéctica entre pensamento e acção, entre sujeito e objecto, entre razão e experiência. Pontos de vista básicos (filosofias subjacentes implícitas ou explícitas), teorias, princípios e leis, conceitos, objectos e acontecimentos, problematização, registos, factos, resultados e juízos construídos sobre estes são componentes que, entrelaçando-se, estão na base da construção de todo o conhecimento.

São os juízos de valor sobre a evolução anterior do conhecimento que originam os pontos de vista básicos que inspiram a axiomática de que partimos (princípios) e tal axiomática é relevante na formação de juízos de valor sobre o conhecimento que se segue. O que conhecemos (teorias, conceitos e leis) interfere no modo como metodologicamente abordamos os acontecimentos/objectos para obter factos e conclusões acerca das questões básicas. São os conceitos e as leis que dão significado aos registos e factos experimentais, e que estão na base da sua transformação em resultados. Estes, por sua vez, enriquecem os conceitos e as leis. Conceitos e leis contribuem de modo decisivo para atribuir significado aos resultados, pelo que as conclusões experimentais que obtemos estão impregnadas de teoria. As teorias procuram explicar as conclusões experimentais que, por sua vez, umas vezes confirmam e outras vezes infirmam as nossas concepções, contribuindo para o enriquecimento das mesmas. As conclusões implicam juízos cognitivos que nos conduzem a novos juízos de valor ou a reforçar os que já possuímos.

A experimentação é tão inerente e fundamental na construção do conhecimento físico que, sem recurso a ela, o processo de ensino-aprendizagem das ciências ditas experimentais está epistemologicamente errado. É claro que a experimentação terá de ser encarada numa perspectiva construtivista e cognitivista, e de modo algum cingindo-se à tradução de um protocolo em comportamentos acrílicos.

Ferramentas poderosas (do meu ponto de vista) como são o *Vê de Gowin* e o *mapa conceptual*, permitem que cada actividade experimental, por pequena que seja, se transforme numa pesquisa científica por parte do aluno, em que este é levado a reconstruir o seu conhecimento na procura de respostas para a questão ou questões básicas, com base em objectos e acontecimentos que lhe são proporcionados. O aluno parte para uma actividade de exploração pessoal em que estuda e explicita convenientemente teorias, princípios, leis e conceitos relevantes, em que observa e regista factos, em que transforma estes em resultados, em que atribui significado a estes resultados com base nas concepções de

que dispõe, as quais acaba por deixar transparecer, até mesmo porque termina por formular juízos acerca desses resultados. Haverá assim oportunidade para que surjam e se discutam diferentes representações das experiências vividas, vai-se proporcionando o conflito cognitivo entre as concepções idiossincrásicas de cada aluno e os resultados experimentais, até ao ponto de serem construídos modelos interpretativos com capacidade preditiva para serem sujeitos a novas experiências. O "Vê" que se segue foi construído por um aluno durante uma actividade experimental numa aula de TLF (Técnicas Laboratoriais de Física) após a primeira versão ter sido corrigida pelo professor (ver esquema na página anterior).

Lillian Mc Dermott e o seu grupo de educação em Física na Universidade de Washington verificaram que muitos estudantes, com sucesso na aplicação de determinados conceitos na resolução de questões de testes, falham ao aplicar esses mesmos conceitos na interpretação de situações experimentais. Foi por isso que ela e os seus colaboradores resolveram passar a investigar as concepções dos alunos com base em entrevistas do tipo piagetiano, em que os alunos são confrontados com situações experimentais. E foi também certamente por isso que resolveram escrever um curso de introdução à Física por módulos baseados em actividades experimentais. Temos, urgentemente, que enveredar por caminhos semelhantes, valorizando a actividade experimental como parte decisiva de um ensino científico de inspiração construtivista, que nos conduzirá ao sucesso educativo.

### Bibliografia

- ANDERSON, O., *Some Interrelationships between Constructivist Models of Learning and Current Neurobiological Theory, with Implications for Science Education*, Journal of Research in Science Teaching, pp 1037-1058, Dec. 1992
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H., *Psicologia Educacional*, Rio de Janeiro, Ed. Interamericana, 1980
- BACHELARD, G., *O Novo Espírito Científico*, Edições 70, Lisboa, 1986
- DRIVER, R., *Theory into Practice II: A Constructivist Approach to Curriculum Development*, in *Development and Dilemmas in Science Education*, ed. Peter Fensham, The Falmer Press, pp. 133-149, London, 1988
- GOWIN, D., *Educating*, Cornell University Press, Ithaca, 1990
- NOVAK, J.; GOWIN, D., *Aprender a Aprender*, Plátano Edições Técnicas, Lisboa, 1993
- PIAGET, J.; GARCIA, R., *Psicogénese e História das Ciências*, Pub. Dom Quixote, Lisboa, 1987
- TOULMIN, S., *Human Understanding, vol 1: The Collective Use and Evolution of Concepts*, Princeton University Press, 1972
- TROWBRIDGE, D., McDERMOTT, L., *Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension*, Am. J. Phys. 48 (12) Dec. 1980

## **O TRABALHO DO LABORATÓRIO. LIMITES E POSSIBILIDADES. UMA PERSPECTIVA HISTÓRICA**

**Maria Odete Valente**

Departamento de Educação da Faculdade de Ciências  
da Universidade de Lisboa

Desde longa data as actividades de laboratório têm sido consideradas como tendo um papel específico e central no currículo de ciências e os professores de ciências têm sustentado que muitos benefícios resultam de se envolverem os alunos em tais actividades.

No princípio do século passado havia já a perspectiva de que as actividades de laboratório ajudavam os alunos a fazer observações dando-lhes uma base para melhor compreenderem e amarem a natureza. A educação progressiva do princípio do século vinte advogava mesmo uma abordagem investigativa, mas no meio deste século constatava-se ainda que a maioria das actividades eram de tipo ilustrativo ou confirmativo da informação dada pelo professor ou pelo livro.

Na década de sessenta acentuou-se claramente a necessidade de desenvolver o aspecto investigativo e de pesquisa, e os currículos de ciências desenvolvidos então nos EUA e no Reino Unido representam claramente a aceitação desse desafio na forma como propõem as suas actividades laboratoriais. O paradigma predominante deixa de ser o de contar a história da Ciência, onde o laboratório serve para verificar a história dita com a liberdade para explorar e descobrir restrita e o espírito passa a ser outro preconizando-se que o laboratório tenha novo carácter, o de praticar os modos do cientista, desenvolvendo e testando proposições.

Na década de oitenta com a perspectiva construtivista mais assumida tenta-se de maneira mais substancial dar forma à ideia de que os conceitos se vão construindo e organizando à medida que vão explicando as experiências, resolvendo problemas concretos e a inter-relação entre os conceitos e os processos torna-se então mais vital. Para que assim seja as investigações devem ser proporcionadoras de pensamento reflexivo isto é devem promover a construção de conceitos significativos.

O objectivo importante das actividades laboratoriais é então o de confrontar as pré-concepções dos alunos num ciclo conceptual dinâmico, num percurso de aquisição progressiva de concepções mais científicas, ciclo que poderíamos assim descrever:

- 1.º identificar as ideias existentes sobre um assunto em consideração;
- 2.º desenhar e envolver-se em investigações, identificando contrastes entre os eventos que ocorrem e as ideias pré-existentis;
- 3.º tentar outras explicações para as ocorrências;
- 4.º testar as novas ideias;

5.º dar conta das alterações nas ideias à medida que são confrontadas com as experiências.

A pedagogia salta assim de uma pedagogia do contar a história da ciência para a de envolver os alunos intelectualmente em experiências e dados significativos que lhes permitam construir um entendimento partilhado de conceitos com os do seu grupo. A interacção entre os alunos tanto pode favorecer como inibir a construção dos conceitos e a aprendizagem e é preciso ajudar a que os grupos se tornem cooperativos. Discussões com a comunidade de investigadores ajudam também a construir esses entendimentos de modo mais próximo dos da comunidade científica.

Com carácter diversificado, desde as mais estruturadas às mais abertas, as actividades de laboratório povoam os currículos, exigindo maior ou menor instrumentação e colocando os alunos a trabalharem individualmente, em grupo ou em turma quando aquelas apresentam o carácter de demonstração. Umas surpreendem, outras confirmam, outras exigem pensamento, outras iniciativa, outras paciência.

Genericamente diz-se que proporcionam experiências importantes para a aprendizagem das ciências, que desenvolvem nos alunos a compreensão dos conceitos, a prática de processos científicos, o desenvolvimento de habilidades manuais e técnicas, a prática de definir um problema e de encontrar modos de o resolver, a habilidade de comunicar e cooperar, a disciplina no trabalho, a auto-afirmação e a independência, a actividade criativa, a atitude crítica bem como sustentam o seu interesse e motivação. A estas vantagens começou também a adicionar-se já, nesta metade do século, a de ajudarem a compreender a natureza da ciência.

Contudo, a partir do fim da década de setenta o papel e valor do laboratório começou a ser questionado. Para isso contribuíram novos conhecimentos sobre o desenvolvimento dos alunos, nova informação sobre como se aprendem os conceitos científicos, novas perspectivas sobre a natureza da ciência e a estas juntaram-se outras potencialidades oferecidas pelas novas tecnologias as quais podem complementar as experiências de laboratório ou ser-lhes mesmo alternativa, bem como uma maior preocupação em aprofundar, investigar e avaliar os resultados da sua prática.

A investigação tem revelado que, enquanto as investigações laboratoriais podem criar importantes oportunidades para relacionamento dos conceitos e teorias, as actividades por si só não são suficientes para se construir a complexidade conceptual, e a negociação e intervenção do professor é essencial. Vários estudos mostraram que actividades do tipo das que em inglês se chama de "hands on" por si só não são suficientes para que o aluno construa modelos. Por exemplo vários estudos com circuitos eléctricos mostraram que é necessário fazer juntar organizadores conceptuais, analogias, mapas concep-

tuais, etc, para delas se tirar substancial proveito. Só quando as experiências de laboratório se integram com outras experiências de aprendizagem de natureza cognitiva tais como predizer-explicar-observar então se promove o conhecimento. Em resumo o laboratório torna-se importante quando conduz a um melhor entendimento do conhecimento científico. A comparação de diferentes dados e de diferentes explicações depois de se terem realizado actividades semelhantes ajuda a esta perspectiva. Estas discussões dão então forma ao valor e significado do processo de desenvolvimento da ciência na comunidade científica.

Identificaram-se também vários desencontros entre os objectivos e os resultados visíveis nos alunos. Vários investigadores deram-se conta de que muitos alunos regularmente realizam as experiências científicas com propósitos diferentes dos dos seus professores, nomeadamente preocupam-se exclusivamente em seguir instruções e em chegar à resposta certa. Perceberam que no laboratório constituem objectivos o manipular o equipamento e fazer medidas, mas falham em perceber os objectivos conceptuais e mesmo processuais. Muitas vezes desconhecem a relação entre o propósito da investigação e o "design" do experimento em curso, não o relacionam com outro trabalho realizado anteriormente e raras vezes se apercebem das discrepâncias entre os seus próprios conceitos, os dos pares e os da comunidade científica. Para uma grande maioria as aulas de laboratório significam manusear equipamento mas não ideias. Isto quer dizer que os alunos se comportam como técnicos, seguindo instruções tipo "receita de cozinha", na qual apenas põem em jogo capacidades de nível menos elevado. Raras vezes são dadas oportunidades para discutirem hipóteses, testá-las ou programarem os próprios procedimentos experimentais ou discutirem a natureza e resultados da investigação. Por isso se tem vindo a reclamar mais consistência e coerência entre os objectivos e as práticas.

Por isso as actividades de laboratório têm de ser enquadradas claramente no objectivo em vista. As fases de planeamento de execução, de análise e da interpretação e da aplicação têm potencialidades próprias. No contexto curricular de quarenta minutos, a duração de uma aula é praticamente impossível conseguir realizar várias fases. Por isso é preciso explorar novos modos de funcionamento na perspectiva de que o "menos" permite o melhor, isto é, permite conduzir algumas investigações mais cuidadosamente, no sentido da realização de verdadeiros projectos que se prolongam por várias sessões. De outro modo poucas investigações feitas muito cuidadosamente e bem integradas no contexto conceptual são preferíveis a muitas actividades conduzidas superficialmente. Por isso, ao lado de certas tarefas no laboratório ou sala devem existir alguns projectos de investigação a realizar durante vários dias.

As actividades práticas devem então ser combinadas com discussões de modelos explicativos em competição, analogias, diagramas, gráficos e simulações para que os alunos vão elaborando níveis mais elevados de compreensão. O potencial das folhas de cálculo associadas a gráficos interactivos pode ajudar substancialmente os alunos na organização e discussão dos dados e, quando os de cada grupo são juntos para discussão na turma, as discussões do efeito da amostra e dos erros pode ser de grande valia. De igual modo lhes servem para modificar as variáveis e fazer previsões, mecanismos que ajudam a elaborar os conceitos. Por outro lado, os sensores ajudam o processo de recolha de dados e a sua visualização instantânea, e podem ajudar a relacionar variáveis e a realizar investigação interessante colectando informação de diferentes fontes. As simulações ganham novo potencial e podem ajudar os alunos a entender sistemas reais. Afinal as actividades práticas no laboratório são em si mesmo simulações da prática científica. Simulações, sobretudo para experiências demasiado complexas, perigosas, dispendiosas, demasiado rápidas ou lentas ou que consomem muito tempo ou material. A investigação mostra que as simulações não desenvolvem do mesmo modo as competências manipulativas mas na promoção conceptual têm-se revelado tão eficazes quanto as actividades práticas. Os alunos viajam assim entre testar os seus conceitos e modelos no laboratório e o exame das implicações dos conceitos e modelos.

Quanto à avaliação, esta deve integrar a actividade laboratorial. Os testes práticos têm muitas potencialidades. Permitem confrontar os alunos com problemas novos que terão de resolver. Contudo as competências técnicas devem ser avaliadas no contexto geral do do objectivo das tarefas integrando-as na globalidade do processo de aprendizagem.

Há ainda muita investigação por realizar testando modelos de ensino dirigidos à integração harmoniosa das práticas laboratoriais nos processos da construção de conceitos por parte dos alunos. O trabalho experimental custa dinheiro e tempo e os benefícios são por vezes difíceis de demonstrar. É pois preciso verificar o que realmente acontece e não o que se espera que aconteça, para que se possam retirar as recompensas esperadas, sejam elas de natureza emocional, intelectual ou ambas.

Em síntese pretende-se aqui afirmar que o entendimento dos processos e dos produtos da ciência são processos mentais que não se desenvolvem isoladamente e que só quando as actividades de laboratório são incorporadas no contexto de uma perspectiva global da educação científica elas se tornam relevantes. Este é porém um objectivo que estamos longe de ter conseguido realizar nas práticas lectivas como no currículo de ciências tanto nas escolas básicas e secundárias como nas do ensino superior.

## RÓMULO DE CARVALHO: As ideias, as experiências, e três pequenas sugestões

Carlos Fiolhais

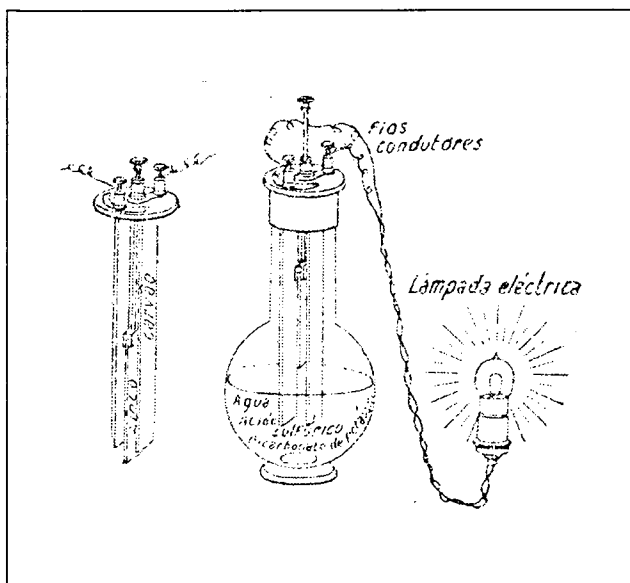
Departamento de Física da Faculdade de Ciências  
e Tecnologia da Universidade de Coimbra

*"O átomo começou por ser uma hipótese, uma suposição simplesmente cómoda para tornar mais fácil a interpretação do Universo, e acabou por ser um "objecto", uma "coisa" que se pode dirigir, dominar, criar e destruir. Foi como se alguém tivesse sonhado com um mundo fantástico e um dia o descobrisse, vivo e real, ao dobrar o cotovelo de uma estrada. Certamente ninguém acredita na existência das coloridas paisagens que o génio de Walt Disney tem imaginado e seria bem tolo aquele que percorresse o mundo na esperança de as encontrar. E se as encontrássemos, um dia, noutra planeta?"*

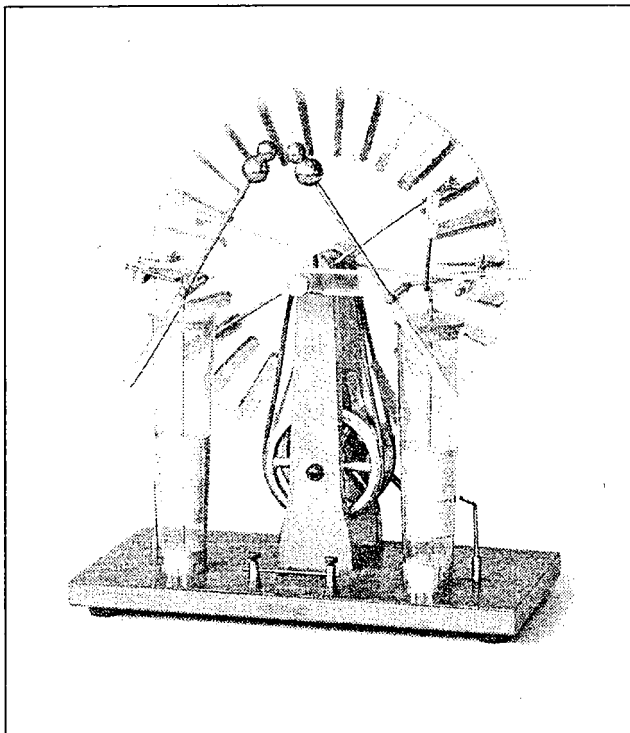
*Assim sucedeu com o átomo: nasceu na imaginação e, afinal, existia."*

Rómulo de Carvalho, "História do Átomo",  
Atlântida Editora, Coimbra, 1975

Rómulo de Carvalho é, para nós, tanto aprendiz como ensinadores de Física, uma figura exemplar num tempo em que as figuras exemplares não abundam. É para nós um modelo a seguir e um estímulo para prosseguir. Ensinou-nos não só o valor inquestionável da



experiência mas também o valor primordial da imaginação e da inteligência. Ensinou-nos ainda a virtude pedagógica da clareza e o poder sedutivo da linguagem (se for preciso demonstração releia-se o excerto citado no início).



Falar de Física Experimental é quase um pleonasmo porque a Física só existe enquanto reconhece o juízo irrevogável da experiência. Mas a Física imaginativa é uma permissa da Física Experimental, porque se tem sempre de começar por ter ideias, por inquirir o que acontece em situações reais ou fantasiosas. Em "História do Átomo", Rómulo de Carvalho insiste em que o átomo existiu na imaginação dos atomistas antes de triunfar na prova testemunhal do laboratório. Existiu como ideia antes de ser facto. Hoje, quase no fim do "Século do Átomo", cem anos depois da descoberta do electrão, sabemos que o átomo não é um personagem de histórias aos quadradinhos mas um personagem real. O átomo que hoje defronta os nossos instrumentos nanotecnológicos, primeiro "estranhou-se" e depois "entrou-se".

O átomo estava até há pouco distante do nosso dia-a-dia. Em "Física no Dia-a-Dia" (ex "Física para o Povo", no tempo em que, na linguagem pitoresca do autor, "havia povo"), não se fala do átomo mas dão-se lições notáveis sobre o modo de prender a imaginação a respeito do funcionamento do mundo na camisa de

## Homenagem a Rómulo de Carvalho

forças que são os protocolos experimentais (a imaginação dentro da camisa de forças é uma imagem de Feynman). Por exemplo, o discurso desse livro sobre a experiência de Arquimedes sempre me seduziu por remeter para manipulações simples, económicas, mas ao mesmo tempo capazes de fazer mexer as nossas ideias, arredando algumas e assentando outras. Em "Física Divertida" não consegui furtar-me a começar por aí. Não há experiências sem ideias para as fazer. Qual pesa mais uma banheira cheia de água ou uma banheira cheia de água com um barco? Uma vez feita a experiência, ficamos sem muitas ideias pré-feitas e ficamos com algumas ideias perfeitas.

Eis algumas sugestões para tornar a Física mais imaginativa e mais experimental, nas escolas portuguesas:

1) Em primeiro lugar, há que reconhecer a importância dos livros. O raio de acção de Rómulo de Carvalho chegou fora da sua escola e dos seus discípulos directos através dos seus livros. Sem os livros não teria chegado nem exemplo nem estímulo. Sem a "Física no Dia a Dia" não teria talvez havido a "Física Divertida". De resto, é sabida a correlação íntima que existe entre a geografia da leitura e a geografia do desenvolvimento, entre o mapa da imprensa e o mapa da civilização. Portanto, se queremos ser desenvolvidos e civilizados, está à nossa disposição um método singelo mas seguro: ler, ler e ler! Uma sugestão que deixo é a de cobrir a rede de bibliotecas escolares e públicas com um "pacote" dos melhores livros de ciência, incluindo evidentemente a "História do Átomo" e a "Física no Dia a Dia".

2) Um número considerável de professores portugueses protagonizam um trabalho heróico mas ignorado. É preciso reconhecer a qualidade onde ela estiver, divulgá-la e servi-la para proveito e emulação gerais. Sugiro a criação de um prémio anual "Rómulo de Carvalho" para os melhores professores de Física das escolas básicas e secundárias, que, por exemplo, recompensasse o uso inovador e persistente da experiência nas escolas. Nem todos os mestres sabedores, esforçados e frutuosos terão a dita de sobreviver ao quotidiano por vezes difícil das escolas, chegar às nove décadas e ser alvo de merecida homenagem pública, que projecte a memória do seu passado num projecto colec-

tivo de futuro. Mas todos eles merecem o nosso respeito e apoio.

3) Por último, há que ser moderno, quanto mais não seja porque não há alternativas ("*Não se preocupem por ser modernos! É a única coisa que não podereis evitar*", alguém nos adverte no final de "Física Divertida"). A utilização no ensino da Física, em particular, e das ciências, em geral, das novas tecnologias da visão (televisão), da imaginação (computador) e da comunicação (redes) é algo que não só não podemos evitar como



devemos, com denodo, incrementar. Por exemplo, pequenos programas de televisão onde, em poucos minutos, se mostre como se faz uma experiência simples, fornecendo os ingredientes, a receita e a conclusão saborosa para a mente, estão ainda por fazer entre nós. Simulações computacionais onde mundos de faz-de-conta são cotejados com o mundo real constituem instrumentos pedagógicos extraordinários. O telefone como linha verde de ajuda aos laboratórios ("SOS-Experimenta") e a "Internet" ("Física em Interação") para a criação de comunidades de interesse pelo estudo experimental são meios de enorme potencialidade, cujo alcance verdadeiro está ainda por esclarecer.

Devíamos experimentar tudo isso e muito mais para ajudar professores e alunos. Paífa nos ajudar a nós próprios, cidadãos que pretendem construir o futuro pelas nossas cabeças e pelas nossas mãos, com as nossas ideias e com as nossas experiências. A memória de Rómulo de Carvalho não nos deixará ficar imóveis.



## UMA REFLEXÃO SOBRE A EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

### O Ensino da Física Experimental nas escolas secundárias e no primeiro ano das licenciaturas do IST

António C. Ribeiro

Professor Associado do Departamento de Física do IST e Investigador do CFMCUL

O lento avanço do conhecimento ao longo dos séculos é talvez bem ilustrado pelo exemplo, apresentado em [1], associado à descoberta há mais de 5000 anos pelos índios da Amazônia de que era possível construir botas para protecção dos pés usando o latex que corria das árvores da borracha. As botas obtidas eram simultaneamente maleáveis e protectoras mas a sua resistência era precária pois ao fim de um dia estavam destruídas. Os índios estavam longe de imaginar as razões que levavam aos processos envolvidos que só foram perfeitamente esclarecidos na primeira metade do Século XX. De facto o latex é um polímero com longas cadeias flexíveis. Estas em contacto com o oxigénio do ar são por este atacadas e desta acção resulta uma ligação entre pontos de diferentes cadeias, obtendo-se assim uma matéria flexível com propriedades mecânicas notáveis. Contudo nos pontos de contacto entre cadeias o oxigénio continua a sua acção de ataque (inicialmente benéfica) e cerca de um dia depois os pontos de ligação estão quebrados. A matéria assim obtida torna-se quebradiça. Em 1849 Charles Goodyear decide por mera curiosidade fazer reagir o latex em ebulição com o enxofre. A mistura assim obtida apresenta-se agora como extremamente robusta, flexível e não degradável. É que o enxofre embora atacando e ligando as cadeias poliméricas é menos activo que o oxigénio e a sua acção não é suficiente para "cortar" as ligações entre as referidas cadeias. Goodyear não tinha a menor ideia das raízes porque tinha obtido o produto milagroso nem mesmo sobre a existência de materiais poliméricos nem sequer ligou muito à descoberta que só começou a ser explorada cerca de 50 anos depois. Em 1920, Staudinger começou a sintetizar polímeros mas só em 1940 Kuhn evidencia claramente a natureza das macromoléculas poliméricas e explica claramente a notável elasticidade da borracha.

O exemplo aqui transcrito [1] mostra como foi necessário esperar mais de 5000 anos para melhorar e finalmente compreender a descoberta dos índios. Ele é também notável, pois evidencia o lento avanço do conhecimento ao longo de muitos milénios. O referido exemplo ilustra bem o que de importante se passou na evolução do conhecimento científico na passagem do Século XIX ao XX.

Não esquecendo homens de génio como Galileu e Newton entre outros, temos que reconhecer que o grande salto em frente deu-se de facto no virar do século. A este propósito transcreve-se aqui uma parte de um texto original de J. J. Thomson escrito em 1937 [2,3]:

*"When I was a boy there were no bicycles, no motor cars, no aeroplanes, no electric light, no telephones, no wireless, no gramophones, no electrical engineering, no X-ray photographs, no cinemas, and no germs, at least none recognized by the doctors".*

Não é necessário dar nenhuma força suplementar ao admirável significado deste texto mas como será possível não recordar o próprio Thomson, Hertz, Röntgen, Becquerel, o casal Curie, Millikan, Einstein, Planck, Rutherford, Bohr, Compton, De Broglie que entre outros revolucionaram completamente a física [3] e que em grande parte nos permitiram chegar ao "mundo que hoje conhecemos".

É importante realçar que a Física avançou sempre com descobertas mais tarde teoricamente explicadas ou com hipóteses ou teorias que os factos experimentais se encarregaram de confirmar. Apresentam-se dois exemplos:

1 – A descoberta do efeito fotoeléctrico por Hertz em 1887 e a explicação do mesmo apresentada 18 anos depois por Einstein.

2 – A hipótese de Louis de Broglie sobre o dualismo onda-corpúsculo apresentada em 1924 e que foi experimentalmente confirmada em 1927.

Assim torna-se claro que se o génio humano foi e é em muitos casos capaz de prever a realidade física, noutras essa realidade aparece aos nossos olhos e só depois as explicações físicas aprofundadas são encontradas.

É pois desejável que a dupla perspectiva aqui evidenciada seja adequadamente transmitida aos estudantes de Física, tornando-se necessário que aos mesmos seja dada a oportunidade de lidarem com a actividade experimental. O ensino exclusivamente livresco não é de forma alguma suficiente.

Teremos honestamente que reconhecer que, no campo da Física, os alunos que entram actualmente na Universidade adquiriram uma preparação teórica e experimental francamente de mais baixo nível do que aquela que era adquirida pelos estudantes da geração que concluiu os estudos liceais no decorrer da década de 60. Nessa altura os programas eram substancialmente mais vastos e abrangentes e os Laboratórios de Física e Química obrigatórios nos 6.º e 7.º anos do Liceu. Esses laboratórios estavam razoavelmente bem equipados e eram executadas algumas experiências com enorme interesse.

## Homenagem a Rómulo de Carvalho

A reforma do ensino secundário e as transformações sociais associadas ao processo de democratização ocorrido no nosso País na década de 70 levaram, como desejável, a um incremento significativo da escolaridade obrigatória que conduziu a uma explosão do número de pessoas envolvidas em actividades de docência e discrição. A falta de verbas significativas para a montagem de laboratórios nos liceus, associada a outros problemas, nomeadamente de formação, veio conduzir a uma diminuição para não dizer quase extinção das actividades experimentais que se realizavam nos laboratórios de Física.

Porque verificámos que os jovens chegavam ao Instituto Superior Técnico (IST, na maior parte dos casos, sem qualquer experiência de laboratórios de Física e porque constatámos a enorme apetência de muitos deles pela experiência, foi decidido em 1983/84 implementar uma cadeira semestral de Física Experimental inicialmente leccionada a um número reduzido de cursos mas que rapidamente começou a ser leccionada à maior parte dos cursos de licenciatura do IST. Esta cadeira é em geral a 1.ª cadeira de Física que os alunos frequentam e funciona no 1.º ou 2.º semestre do 1.º ano da licenciatura.

Os alunos montam no laboratório algumas réplicas de experiências fundamentais, realizadas no início do século, determinando constantes fundamentais da Física como sejam a carga do electrão, a relação entre a carga e a massa do mesmo, a constante de Planck e a velocidade da luz. Executam igualmente uma réplica da experiência de Rutherford e um trabalho de Acústica básica. Este último permite-lhes assimilar o mecanismo de génese e propagação dos sons e determinar a velocidade de propagação do som no ar. Executam também trabalhos de óptica geométrica e de Óptica ondulatória e constatarem que se certos fenómenos físicos, como as interferências, são interpretados atribuindo à radiação electromagnética o carácter ondulatório, outros, como o efeito fotoeléctrico, só o carácter corpuscular da mesma os torna explicáveis. Por outro lado é-lhes facultada a hipótese de realizarem um trabalho de difracção de electrões que permite evidenciar que para compreender certos fenómenos é necessário, por vezes, atribuir às partículas materiais um carácter ondulatório. Os alunos podem também estudar as oscilações livres e forçadas num sistema massa-mola e detectam o fenómeno da ressonância no referido sistema. Constatam ainda através da análise de choques de partículas elementares (com velocidades próximas da luz) que os resultados obtidos não podem ser interpretados à luz das "leis" da Mecânica Clássica e que é no quadro da Mecânica Relativista que esta análise tem que ser efectuada. É-lhes igualmente introduzido experimentalmente o modo de funcionamento

do osciloscópio, instrumento de medida sistematicamente utilizado em muitos dos trabalhos por eles executados. Outras experiências de inegável interesse estão disponíveis, dependendo a sua utilização da licenciatura a que se destinam. No caso dos alunos da licenciatura em Engenharia Física tem mesmo sido possível logo no 1.º ano realizarem um estágio num laboratório, normalmente exterior ao IST; alternativamente são-lhes fornecidos os meios para efectuarem uma experiência por eles idealizada ou descrita em revistas de divulgação científica.

O interesse que as experiências realizadas têm despertado nos alunos revela-se pelo assinalável espírito crítico que muitos demonstram no tratamento dos resultados, pelas novas ideias que muitas vezes apresentam e também pela elevadíssima taxa de aprovações, seguramente uma das mais altas do IST.

Se voltarmos ao ensino actualmente ministrado no secundário teremos que reconhecer que presentemente alguns aspectos estão sendo corrigidos. Seria, no entanto necessário dispor de verbas avultadas para reactivação de laboratórios e desenvolver novos programas de formação de docentes recorrendo aos professores de grande qualidade que existem no ensino secundário num projecto articulado com professores do ensino superior. Honestamente, temos que reconhecer mais uma vez que os jovens chegam à Universidade com uma preparação média muito baixa, em Física e Laboratório.

Obviamente que noutros aspectos um número significativo de jovens chegam hoje à Universidade com uma outra dinâmica. Trabalham em geral com computadores pessoais. Se estimulados são capazes, em muitos casos, de simular e desenvolver experiências. São, no fundo, fruto de uma outra geração.

Se a Física é uma ciência exacta, muitas das opiniões aqui expressas não serão seguramente concordantes com outras defendidas por outros colegas, isto porque a subjectividade está inerente às apreciações que cada um faz sobre este tipo de realidade. Assim, e porque este texto é escrito em homenagem a Rómulo de Carvalho, um grande professor, um grande pedagogo e que foi também um grande poeta, termino-o com as palavras do grande poeta espanhol António Machado:

*"Nada es verdad nada es mentira todo depende del color del cristal com que se mira".*

### Referências

- [1] P. G. de Gennes e Jacques Badoz, "Les Objets Fragiles" — Pion, 1994
- [2] J. J. Thomson (1856-1940), "Recollections and Reflections", London, Macmillan 1937.
- [3] "Great Experiments in Physics", edited by M. Shamos, Dover Pub. Inc., New York, 1987.

## **MODERNIZAR O ENSINO DA FÍSICA NAS NOSSAS ESCOLAS: UM DESAFIO PARA A SPF NESTE FINAL DE SÉCULO**

Carlos Matos Ferreira  
Secretário-Geral da Sociedade Portuguesa de Física

### **Ensino da Física em Portugal: um panorama cinzento**

Como vai a Física em Portugal? Até há bem pouco tempo, era difícil ter-se uma opinião fundamentada sobre o assunto, por falta de dados sistematizados e de estudos de avaliação adequados. Decorreram em 1996, no entanto, dois processos de avaliação externa (a avaliação das licenciaturas, exceptuando as de ensino, e a das Unidades de Investigação, na área da Física) que permitiram reunir informação considerável e extrair conclusões relevantes: assim, se por um lado a investigação em Física no nosso país tem vindo a crescer em quantidade e qualidade de forma notória, tendo mesmo já atingido em várias sub-áreas um estatuto de excelência em termos internacionais, pelo contrário, todo o contexto do ensino universitário desta disciplina encontra-se numa verdadeira situação de crise. Na sua grande maioria, os alunos que ingressam nestes cursos não estão motivados (acabam por ingressar neles em 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup> e até 6<sup>a</sup> ordem de opção, só para entrar na universidade, com o único desejo de mudar de curso se, e logo que possível), não têm preparação adequada, sofrem insucesso escolar elevado e acabam por abandonar os cursos. A generalidade dos cursos consegue formar bons físicos (por isso, o potencial de formação disponível nas universidades pode ser considerado elevado e é boa a investigação que se faz), mas os formados são uma pequena fracção dos que ingressam.

Se dúvidas pudessem ainda existir quanto à qualidade geral da formação em Física dos alunos do ensino secundário, os resultados dos exames nacionais do 12<sup>o</sup> ano de 1996 vieram fornecer uma demonstração inequívoca, com foros de escândalo nacional, do estado crítico a que se chegou.

Não é estranho que exista, num mesmo país, um fosso tão grande entre a Física que se "faz" e a que se aprende nas escolas? Por que razão é tão baixa a motivação da generalidade dos alunos do ensino básico e secundário para a Física? Por que razão estão tão mal preparados? Que ficam a saber de Física, afinal, todos aqueles que prosseguem estudos superiores noutras áreas e todos os que acabam por não prosseguir quaisquer estudos? Que conhecimento têm do mundo físico em que vivem, das tecnologias com que lidam no dia-a-dia? Que participação e intervenção poderão ter numa sociedade em que ciência e tecnologia cada vez mais impregnam o nosso quotidiano, em casa e no trabalho?

Não há respostas simples, como todos sabemos, para as questões anteriores. No entanto, os físicos, professores e/ou investigadores, estão bem conscientes de que é urgente inverter o rumo, mudar radical e urgentemente este estado de coisas. Felizmente, muitos são os que estão dispostos a trabalhar afincadamente para isso, nas escolas, nas universidades, nos centros de investigação. Neste contexto, a SPF - Sociedade Portuguesa de Física, instituição federadora dos físicos portugueses, professores de todos os graus de ensino ou investigadores, pode desempenhar um papel de grande relevância para inverter o rumo dos acontecimentos. Ainda não é tarde demais, mas é preciso agir já, com acções concretas no terreno. E como bons exemplos valem mais que mil palavras, é das acções concretas que a SPF está a desenvolver que queremos falar aqui.

### **Física em Acção**

Uma das principais razões que se pode apontar para o desinteresse generalizado dos jovens pela Física tem a ver com o ensino puramente abstracto e livresco que é ministrado. Em larga medida, a Física tem que ser aprendida fazendo, interrogando e experimentando. Não oferece, por isso, dúvidas a ninguém que uma correcta aprendizagem da Física, a qualquer nível da escolaridade, necessite de incluir sempre uma componente experimental. Se isto foi sempre verdade, ainda mais assim é nos nossos dias, em que técnicas experimentais e equipamentos de laboratório modernos, bem concebidos pedagogicamente, estão acessíveis para demonstrar, ilustrar e "experimentar" quase tudo o que se quiser, das leis clássicas às leis subtis do mundo das partículas. No entanto, o ensino experimental da Física é quase inexistente no nosso país. Faltam laboratórios e equipamentos na maioria das escolas, faltam professores devidamente formados e suficientemente motivados para este tipo de ensino, faltam técnicos de apoio aos laboratórios, que montem e desmontem as experiências quando necessário, mantenham os equipamentos, auxiliem os professores nas aulas, etc.

Considerando inadmissível este estado de atraso em matéria de "cultura experimental", a SPF decidiu incrementar as acções de formação que desde há muito tem vindo a promover junto dos professores, passando a dar uma especial atenção à formação experimental. Assim, com financiamento do Programa Ciência Viva do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), a SPF está a desenvolver, no presente ano lectivo, um Projecto intitulado **Física em Acção**, através do qual se pretende criar focos de dinamização das práticas experimentais de ensino e aprendizagem, utilizando meios laboratoriais modernos. Está em vias de criação uma rede de 10 escolas, distribuídas pelo país e seleccionadas por concurso, que possam vir a funcionar como disseminadores de inovação, constituindo exemplos de boa prática.

A **Física em Acção** centra-se num conjunto de experiências a realizar pelos alunos, de acordo com os con-

teúdos obrigatórios dos programas do 10º, 11º e 12º anos, escolhidas por forma a proporcionar grande riqueza conceptual e, portanto, maior impacte pedagógico. Para cada escola, serão adquiridos *kits* para realização de experiências, vários interfaces e sensores, computadores, televisão e vídeo, e equipamento de projecção adequado. Um dos computadores estará preparado para ligação à Internet e terá instalado *software* para aquisição e tratamento de dados e modelação. A formação decorrerá conjugando *workshops* presenciais (a organizar em colaboração entre docentes dos ensinos secundário e superior), apoio *in loco* às escolas (com a colaboração de monitores) e ampla utilização da Internet. Em paralelo, será criado na SPF, em reforço de outros serviços telemáticos já existentes, um serviço Internet para apoio, fórum e repositório de experiências e documentação, nomeadamente de fichas de trabalho e relatórios de actividade experimental.

Esta experiência piloto a desenvolver neste ano lectivo, após avaliação adequada que permitirá introduzir eventuais ajustamentos e correcções, deverá ser generalizada a uma rede muito mais ampla de escolas já a partir do próximo ano lectivo, desde que possam ser obtidos os financiamentos necessários.

### Softciências

A possibilidade de simular a realidade física e de disponibilizar informação científica, através de computadores, constitui hoje em dia um recurso pedagógico poderoso para o ensino da Física e das ciências em geral. Não se substituindo à experimentação concreta, a exploração de *software* educativo pode e deve servir, no entanto, como seu complemento, para um maior enriquecimento dos conteúdos do ensino e uma aprendizagem mais fácil e profunda.

A SPF, em colaboração com as Sociedades Portuguesas de Química e de Matemática, tem vindo a desenvolver, desde 1992, um projecto de produção e divulgação de *software* educativo, denominado **Softciências**, o qual tem contado com diversos apoios financeiros de organismos dos Ministérios da Educação e da Ciência e da Tecnologia. Foram já produzidos 18 programas educativos, que correm nos sistemas operativos DOS e Windows em computadores IBM-PC compatíveis, dos quais foram distribuídos mais de 2000 exemplares na comunidade escolar. Em paralelo, têm decorrido acções específicas de formação para professores. Todos os programas produzidos (cuja listagem tem sido regularmente anunciada na *Gazeta de Física*) estão em consonância com os novos currículos de ensino, embora o seu âmbito seja mais alargado por forma a criar maior motivação na aprendizagem e fomentar o gosto pela ciência e tecnologia. Estão neste momento em produção novos programas, assim como uma colectânea em CD-ROM de todas as edições disponíveis e documentação complementar.

Atendendo ao grande impacte que tem tido o trabalho já produzido, o projecto prosseguirá apostando, em

particular, na criação e distribuição de produtos em CD-ROM e na Internet, em paralelo com os programas de formato mais tradicional. Nomeadamente, através de um subprojecto denominado **Omniciência**, para o qual se obteve financiamento do MCT, pretende-se colocar nas escolas uma quantidade enorme de informação e de recursos de ciência e de ensino da ciência, ao alcance directo de professores e alunos. Esta informação será mantida actualizada por um *link* para uma página de Novidades acessível *via Internet*, devendo todos os anos surgir uma versão actualizada do **Omniciência** que inclua não só novos dados da parte dos organizadores, como informação fornecida pelos utentes, depois de devidamente validada.

Esta iniciativa é, assim, uma resposta apropriada à nova política já anunciada pelo Governo de instalar um equipamento *multimedia* em cada escola, com acesso à Internet. Parece-nos sensato que, em complemento, houvesse também acesso local por disco óptico a informação, esteja esta ou não na *Internet*.

### Outras iniciativas

Não se esgota aqui o que a SPF entende promover no futuro.

Na mesma linha de actuação, a SPF solicitou já há vários meses a sua acreditação para poder desenvolver acções de formação de professores no âmbito do **Programa FOCO**. Diversas acções de formação estão já planeadas pela Divisão Técnica de Educação e pelas Delegações Regionais da SPF, as quais serão desencadeadas logo que o processo de acreditação esteja concluído e as acções aprovadas, o que, contamos, acontecerá em breve.

Através das Delegações Regionais e da Divisão Técnica de Educação está à disposição de grupos de professores que o solicitarem um vasto conjunto de cursos de curta duração e de seminários destinados à formação e/ou actualização de professores, cobrindo os mais diversos temas da Física.

Finalmente, importa referir o envolvimento que está a ter a SPF, por convite do Ministério da Educação, na análise em curso dos actuais programas de ensino da Física no 3.º ciclo do ensino básico e no ensino secundário, ao nível dos seus conteúdos e objectivos, e da sua gestão. Em paralelo, através de Protocolo com o Instituto de Inovação Educacional, foi cometida à SPF a responsabilidade de um estudo de elementos do sistema educativo português na área da Física, no 3º ciclo do ensino básico e no ensino secundário, à luz de outros sistemas educativos estrangeiros, tendo em vista estabelecer propostas de desenvolvimento curricular.

Estão pois em marcha numerosas iniciativas. Da convergência de todas elas esperamos que possa resultar um ensino moderno, eficiente e sedutor da Física, nas nossas escolas e universidades, neste virar de século.