

Os colégios dos jesuítas e o ensino da física em Portugal

Entrevista a Arthur McDonald,
Prémio Nobel da Física 2015

Índice

- artigo geral
2 **Os colégios dos jesuítas**
e o ensino da física em Portugal
(1858-1910)
Francisco Malta Romeiras
- entrevista
10 **Entrevista** a Arthur McDonald
Filipe Moura
- gazeta ao laboratório
14 **Determinação** expedita do
coeficiente de expansão adiabática
Horácio Fernandes
- sala de professores
18 **A calculadora gráfica** e o exame
de Física e Química A
Hugo Cunha, Noémia Félix, Manuela Tavares, Marta Rodrigues,
Hugo do Carmo
- sala de professores
21 **Calculadoras gráficas** – parecer
das sociedades científicas
- sala de professores
23 **PhysikUP**
O Núcleo de estudantes de Física,
Engenharia Física e Astronomia
da Faculdade de Ciências da
Universidade do Porto
Sofia Ferreira Teixeira
- crónicas
25 **Os Jesuítas**
e a ciência
Carlos Fiolhais
- vamos experimentar
26 **Consegues equilibrar** *um triângulo
na ponta dum lápis?*
Constança Providência
- livros e multimédia
28 **O Jazz da Física** – a ligação
secreta entre a música e a
estrutura do universo
Gonçalo Figueira
- 30 **Notícias**
- 32 **Correspondência**

Esta edição da *Gazeta de Física* inicia-se com um artigo de grande qualidade que nos dá muito gosto publicar. Nele, Francisco Malta Romeiras aborda o importante papel impulsionador que desempenharam os colégios dos jesuítas para o ensino e divulgação da física em Portugal, num período que abarca a segunda metade do séc. XIX e que termina abruptamente com a implantação da República e a subsequente expulsão daquela Ordem do nosso país. A imagem que escolhemos para a capa ilustra uma das principais características da formação ministrada nesses colégios: uma forte promoção do ensino experimental das ciências naturais, assente na prática, em equipamentos actualizados e na criação de espaços físicos – gabinetes, museus, observatórios – dedicados a esse ensino.

Avancemos até ao nosso século e até uma das mais extraordinárias experiências de física realizadas: o Observatório de Neutrinos de Sudbury, no Canadá, uma instalação subterrânea a mais de dois quilómetros de profundidade, dedicada à detecção de neutrinos solares. Foi graças aos resultados aqui obtidos que se demonstrou a oscilação de neutrinos, o que valeu o Prémio Nobel da Física de 2015 ao seu director, Arthur McDonald (partilhado com Takaaki Kajita, da experiência SuperKamiokande). Aquando da sua visita a Portugal em Setembro passado, que incluiu uma passagem como convidado de honra da FÍSICA 2016, a *Gazeta* teve oportunidade de conversar com McDonald, numa entrevista que agora publicamos.

Aproveito ainda para chamar a atenção para a grande celebração da física que nos preparamos para receber em 2018: Lisboa será a cidade anfitriã da 49.ª Olimpíada Internacional de Física, que decorrerá de 21 a 28 de Julho do próximo ano. É simplesmente a maior competição de física para jovens pré-universitários e uma das maiores competições globais de ciência, envolvendo largas centenas de participantes. A *Gazeta* está ao lado desta iniciativa desde a primeira hora, que trará até nós os mais brilhantes jovens físicos de todo o mundo, e que será também uma oportunidade ímpar de promoção da física a nível nacional.

Eis pois o passado, o presente e o futuro reunidos nesta edição: desejo-vos uma boa leitura.

Gonçalo Figueira

Por opção pessoal, o autor do texto não escreve segundo o novo Acordo Ortográfico.

Ficha Técnica

Propriedade

Sociedade Portuguesa de Física
Av. da República, 45 – 3º Esq.
1050-187 Lisboa
Telefone: 217 993 665

Equipa

Gonçalo Figueira (Director Editorial)
Filipe Moura (Editor)
Olivier Pellegrino (Editor)

Secretariado

Maria José Couceiro - mjose@spf.pt

Colunistas e Colaboradores regulares

Ana Simões, Carlos Fiolhais,
Constança Providência

Colaboraram também neste número

Hugo do Carmo, Hugo Cunha, Noémia Félix, Horácio Fernandes, José António Paixão, Ana Peixoto, Marta Rodrigues, Francisco M. Romeiras, Manuela Tavares, Sofia Ferreira Teixeira

Comissão editorial

Conceição Abreu - Presidente da SPF
Teresa Peña - Anterior director editorial
Carlos Fiolhais - Anterior director editorial
Ana Rita Figueira - Física Médica
Carlos Portela - Educação
Constança Providência e Costa - Física Nuclear
Horácio Fernandes - Física dos Plasmas
Joaquim Norberto Pires - Física Aplicada e Engª Física
João Carvalho - Física das Partículas
João Veloso - Física Atómica e Molecular
José Luís Martins - Física da Matéria Condensada
Luís Matias - Meteorologia, Geofísica e Ambiente
Manuel Marques - Óptica
Rui Agostinho - Astronomia e Astrofísica

Correspondentes

Joaquim Moreira - Delegação Norte
Rui Travasso - Delegação Centro
Pedro Abreu - Delegação Sul e Ilhas

Design / Produção Gráfica

Fid'algo - printgraphicdesign

NIPC 501094628

Registo ICS 110856

ISSN 0396-3561

Depósito Legal 51419/91

Tiragem 1.000 Ex.

Publicação Trimestral Subsidiada

As opiniões dos autores não representam necessariamente posições da SPF.

Preço N.º Avulso €5,00 (inclui I.V.A.)

Assinatura Anual €15,00 (inclui I.V.A.)
Assinaturas Grátis aos Sócios da SPF.

Os colégios dos jesuítas e o ensino da física em Portugal (1858-1910)

Francisco Malta Romeiras

Centro Interuniversitário de História das Ciências e da Tecnologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa

franciscomesquitella@gmail.com

Resumo

Fundados na segunda metade do século XIX, os colégios de Campolide (Lisboa, 1858-1910) e de São Fiel (1863-1910) foram particularmente relevantes no ensino e divulgação da física em Portugal até 1910. Neste artigo, serão apresentadas e discutidas brevemente as principais actividades dos jesuítas portugueses relacionadas com o ensino e prática da física neste período, como a criação de gabinetes de física, a realização de expedições com os alunos para observação de eclipses, a instituição de observatórios astronómicos e meteorológicos, a organização de demonstrações públicas e a realização de experiências originais sobre a radioactividade de águas minerais portuguesas.

Introdução: O ensino científico nos liceus e nos colégios dos jesuítas no século XIX

Os liceus foram criados por Passos Manuel (1801-1862) em 1836, numa tentativa de reformar a instrução secundária no nosso país. Durante o século XIX, o esforço legislativo de modernização do ensino liceal foi particularmente significativo, tendo-se promulgado nove reformas curriculares, desde a criação dos liceus em 1836 até à reforma de Jaime Moniz (1837-1917) em 1894 e 1895. Neste período, a preferência pelo ensino privado ou doméstico era manifesta, sendo que apenas 20 % dos alunos frequentavam o ensino público [1]. A partir de 1895, houve uma inversão da tendência preferencial para o ensino privado e um aumento significativo dos estudantes nos liceus, tendo-se começado a registar também algumas melhorias no ensino experimental das ciências naturais [2]. Ao longo do século XIX, um dos principais desafios do ensino das ciências naturais nos liceus foi a implementação do ensino experimental [3,4]. De acordo com os relatos coevos, uma das maiores dificuldades relacionava-se com a inexistência, deterioração ou falta de qualidade de instrumentos de física, substâncias químicas e colecções dos gabinetes de física e museus de história natural [5]. Por causa da falta de recursos financeiros, e da dimensão e qualidade variáveis das colecções

de história natural e dos instrumentos de física nos liceus, estas críticas poderão ter sido escritas com uma finalidade retórica. Torna-se assim hoje difícil avaliar, com rigor, em que medida é que os textos oitocentistas que se referem ao estado decadente das colecções e instrumentos retratam fielmente a realidade dos museus de história natural e dos gabinetes de física dos liceus nesse período. Contudo, ainda que o panorama não fosse tão negativo como estes relatos sugerem, resta ainda avaliar qual foi o uso efectivo destas colecções e instrumentos no ensino experimental das ciências naturais nos liceus neste período.

No caso dos colégios de Campolide (Lisboa, 1858-1910) e de São Fiel (Louriçal do Campo, 1863-1910), é hoje sabido que os jesuítas promoveram activamente o ensino experimental das ciências naturais [6-9]. Como recordava António Egas Moniz (1874-1955), antigo aluno de São Fiel, o ensino das ciências naturais nestes colégios baseava-se “em experiências sempre que era possível”, o que, nas suas palavras, contrastava com a “maior parte do ensino liceal desse tempo” [10]. Além de promoverem o ensino experimental da física, química, botânica e zoologia nos seus colégios, os jesuítas portugueses procuraram fomentar a investigação original nestas áreas, fornecendo a professores e alunos “meios abundantes para se aperfeiçoarem mais, acompanharem os progressos das sciencias e contribuirem para ellas, com trabalhos pessoaes” [11]. Para o sucesso do ensino experimental das ciências naturais nestes colégios contribuíram factores de natureza científica, económica, social e política. Do ponto de vista científico, são de referir a criação de gabinetes de física e laboratórios de química equipados com instrumentos modernos, a constituição de importantes colecções de botânica, zoologia e mineralogia, a realização de expedições com os alunos para observação



Fig. 1 - Estudantes jesuítas no 2.º ano de Filosofia no Colégio de São Francisco, em Setúbal, 1892-1893. © Arquivo da revista *Brotéria*, Lisboa.

de eclipses e para recolha de novos espécimes de animais e plantas, a instituição de um observatório meteorológico, e a organização de sessões solenes em que os alunos eram responsáveis pela realização de demonstrações científicas [8].

Por outro lado, é necessário compreender que não é possível dissociar o empenho no ensino e na prática das ciências naturais nos colégios dos jesuítas do projecto de restauração da Companhia de Jesus em Portugal no século XIX. Expulsos em 1759 pelo Marquês de Pombal e, novamente, em 1834 por Joaquim António de Aguiar, os jesuítas estavam perfeitamente conscientes da fragilidade da sua posição em Portugal em meados do século XIX. Ao restabelecimento informal da Companhia de Jesus em Portugal em 1858, seguiu-se a restauração oficial da Província Portuguesa em 1880. Neste período, os jesuítas contaram com o apoio tácito, ou explícito, de importantes membros da alta nobreza nacional, nomeadamente a infanta D. Isabel Maria de Bragança (1801-1876), regente do reino entre 1826 e 1828, do 2.º Marquês de Valada (n. 1826), do futuro Duque de Loulé (1804-1875), então líder do partido histórico, do 5.º Marquês de Lavradio (1794-1874), do 7.º Marquês de Fronteira (1802-1881), da Duquesa de Cadaval (n. 1827), do Conde da Praia e Monforte (1829-1913), do Marquês de Monfalim (1841-1884), do 2.º Conde de Mesquitella (1815-1890) e do 2.º Conde de Sobral (1807-1876) [6]. Apesar da

restauração da Companhia de Jesus ter estado envolvida em controvérsias desde meados do século XIX, as polémicas sobre a legalidade do regresso dos jesuítas e sobre o direito a ensinar intensificaram-se, sobretudo, a partir de 1882, a propósito das comemorações do centenário da morte do Marquês de Pombal (1699-1782). Conscientes de que o sucesso dos seus projectos apostólicos dependia, em grande medida, da refutação das acusações de obscurantismo pombalinas, então recuperadas na imprensa e nas câmaras parlamentares, os jesuítas empenharam-se activamente na recuperação da sua credibilidade educativa e científica, nomeadamente através da promoção do ensino e da prática das ciências naturais nos seus colégios [9]

Um dos principais factores que terá distinguido os colégios dos jesuítas de outras instituições de ensino públicas e particulares prendeu-se com o grande investimento plurianual nas obras dos edifícios escolares, no aperfeiçoamento das suas condições sanitárias e na construção e melhoramento dos espaços especialmente concebidos para o ensino das ciências. A chave para se entender a disponibilidade financeira para estes investimentos está no modo particular de funcionamento dos colégios que, por serem da Companhia de Jesus, obedeciam a regras particulares. As receitas dos colégios tinham duas fontes principais: as mensalidades e doações pontuais. Contudo, apesar da indiscutível importância das receitas para a sustentabilidade económica, importa referir que o principal factor diferenciador das finanças dos colégios dos jesuítas foi a ausência de uma rubrica relacionada com os salários dos professores. Por se submeterem a um voto de pobreza, os professores dos colégios de

Campolide e de São Fiel não podiam receber qualquer tipo de remuneração pelo seu trabalho, pelo que os custos com pessoal docente foram sempre muito reduzidos. Assim, além de serem auto-sustentáveis, os colégios chegavam a ter lucros consideráveis. De acordo com o estipulado nas *Constituições* da Companhia de Jesus, o lucro dos colégios tinha de ser, obrigatoriamente, investido ou redistribuído por outras casas dos jesuítas que eram, por natureza, deficitárias, como por exemplo as missões ultramarinas e as casas de formação religiosa. A observância desta regra, associada a uma vontade clara de promoção do ensino e da prática das ciências acabou por resultar não só em obras consideráveis nos edifícios, mas também em sucessivas ampliações e melhoramentos do gabinete de física, do laboratório de química, do museu de história natural, e em compras de livros e colecções completas, como aconteceu, por exemplo, no ano lectivo de 1891-1892. Nesse ano, os jesuítas de Campolide compraram por 450\$000 réis o célebre museu de história natural que Domingos Vandelli (1735-1816) tinha organizado para o 3.º Marquês de Angeja (1716-1788). Pelo que foi possível apurar, ao longo da história do Colégio de Campolide, os jesuítas terão gasto pelo menos 3 220\$000 réis na construção e manutenção do gabinete de física e do museu de história natural [8].

Os colégios dos jesuítas e a física em Portugal (1873-1910)

Gabinetes, observatórios e expedições

Fundado em 1858 pelo padre Carlos João Rademaker (1828-1885), principal responsável pela restauração da Companhia de Jesus em Portugal, o Colégio de Campolide distinguiu-se no panorama do ensino médio no nosso país pelo papel que desempenhou na formação científica e humanística das elites nacionais. Apesar de não ter sido fundado pelos jesuítas, o Colégio de São Fiel foi entregue à tutela da Companhia de Jesus em 1863, por intercessão da infanta D. Isabel Maria de Bragança, que se deslocara a Roma no ano anterior. Fundado em 1852 pelo padre franciscano Frei Agostinho da Anunciação (1802-1874) com o objectivo de acolher crianças órfãs e pobres da região, este colégio esteve entregue às Irmãs da Caridade até à sua expulsão do nosso país em 1862. A partir do momento em que esteve a cargo da Companhia de Jesus, o Colégio de São Fiel adoptou o regulamento do Colégio de Campolide. Além de acolher gratuitamente alunos órfãos e pobres da região, o Colégio de São Fiel passou a admitir também pensionistas internos e externos, ao contrário do Colégio de Campolide que recebia apenas alunos internos [6].

Nos dois colégios, os jesuítas procuraram promover o ensino e a prática das ciências naturais. A primeira iniciativa relacionada com o ensino experimental de que há memória foi a instituição de um gabinete de física e de um museu de história natural em Campolide, no ano lectivo de 1871-1872. Seguindo este exemplo, os jesuítas fundaram mais dois gabinetes de física nos seus colégios. Entre 1876 e 1878, fundaram um gabinete de física e um museu de história natural no Colégio de São Fiel e em 1886 criaram um gabinete de física no Colégio de São Francisco, em Setúbal,

frequentado exclusivamente por jesuítas durante os seus estudos de filosofia [6]. Em 1908, trinta e sete anos depois da fundação do gabinete de física de Campolide, António de Oliveira Pinto S.J. (1886-1933), um dos mais proeminentes professores de matemática e de ciências naturais da Companhia de Jesus neste período, incorporou o gabinete de física, o laboratório de química, o laboratório de ciências naturais, o museu de história natural e a biblioteca científica num único organismo: o Instituto de Ciências Naturais. Dirigido por Oliveira Pinto até 1910, este instituto pretendia contribuir para a formação científica dos alunos de Campolide que, por sua vez, eram convidados a participar activamente na manutenção da biblioteca científica e das colecções de história natural, e na recolha de novos espécimes de animais, plantas e minerais, sobretudo das colónias portuguesas [11]. Entre 1908 e 1910, o gabinete de física de Campolide dividia-se em três secções: electricidade, óptica, e hidrostática e mecânica. Entre os seus instrumentos, destacavam-se equipamentos de raios catódicos e raios x, telégrafo sem fios e acessórios para o estudo dos cristais líquidos. Note-se que a existência e utilização destes instrumentos para demonstração experimental dos principais tratados de física integra as práticas dos jesuítas numa corrente didáctica da física que vinha sendo posta em prática nos principais países europeus desde o início do século XIX [12].

As ciências astronómicas e geofísicas, num sentido lato, representaram uma das principais áreas de actuação dos jesuítas nos séculos XIX e XX [13, 14]. Seguindo a tradição de estabelecerem observatórios nos seus colégios, os jesuítas construíram uma torre circular para observações astronómicas no Colégio de Campolide em 1866, e um observatório meteorológico no Colégio de São Fiel em 1902 [15, 16]. Dirigido pelo padre Carlos Zimmermann (1871-1950), o observatório meteorológico de São Fiel reportava regularmente as observações ao Observatório do Infante D. Luís e os seus registos constavam do relatório anual desta instituição. Além das observações nos colégios, os jesuítas realizaram também diversas expedições no final do século XIX, sendo que os primeiros registos de observações de eclipses datam da década de 1890 e referem-se ao Colégio de São Francisco, em Setúbal. Por ocasião do eclipse solar de 28 de Maio de 1900, alguns naturalistas de São Fiel organizaram uma expedição a Benespera e Capinha e publicaram um pequeno relatório com as suas observações [17]. A partir desta data, os jesuítas passaram a corresponder-se com Frederico Oom (1864-1930), director do Observatório Astronómico de Lisboa, que tinha aproveitado o eclipse de 1900 para estabelecer uma rede de correspondência com astrónomos amadores [18]. Além de ter recebido os negativos das fotografias que os jesuítas tinham tirado em Benespera e Capinha, Frederico Oom comentou também o primeiro rascunho

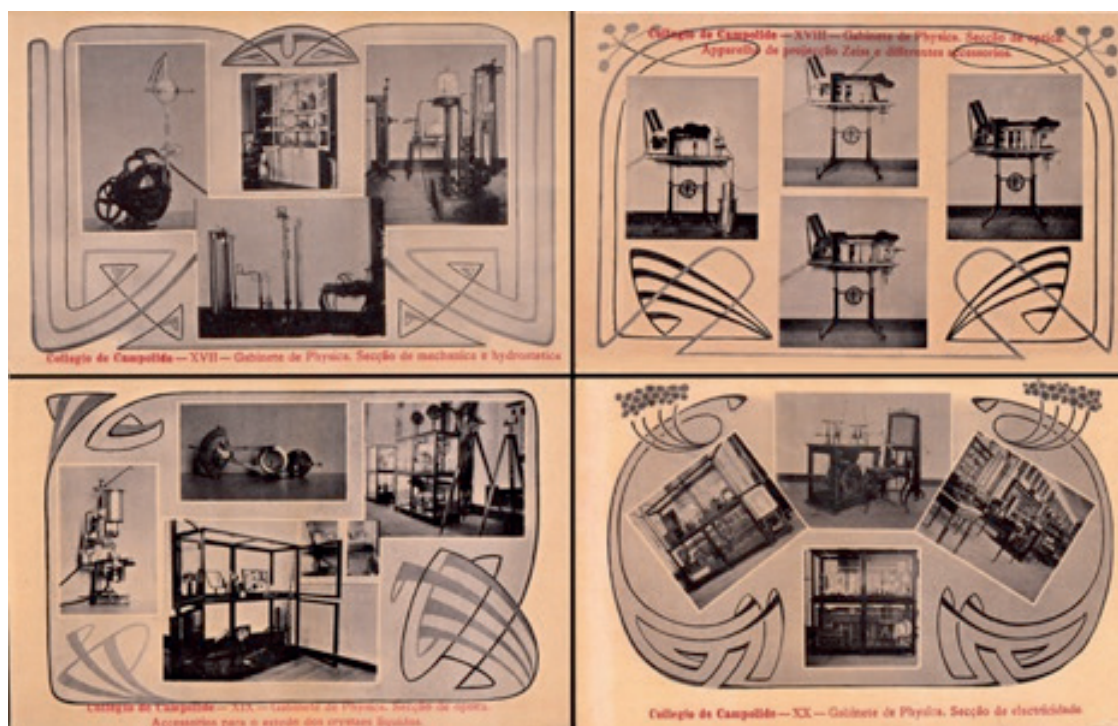


Fig. 2 - Coleção de postais das secções de mecânica e hidrostática, electricidade e óptica do gabinete de física do Colégio de Campolide. © Arquivo da Província Portuguesa da Companhia de Jesus, Lisboa.

do relatório dos jesuítas e incentivou a sua publicação [19]. No ano seguinte, os jesuítas continuaram a corresponder-se com o director do Observatório Astronómico de Lisboa para se aconselharem sobre a fundação do observatório meteorológico de São Fiel [20].

A 30 de Agosto de 1905, os jesuítas de São Fiel e de Campolide organizaram uma expedição colectiva para observar o eclipse solar em Espanha. Cerca de quatro meses depois, a 8 de Dezembro de 1905, na festa onomástica do Colégio de Campolide, publicaram um novo relatório com os resultados das suas observações [21, 22]. Dedicado ao príncipe D. Luís Filipe (1887-1908) e ao infante D. Manuel (1889-1932), este trabalho não pretendia comunicar novas descobertas astronómicas, mas sim resumir as observações dos jesuítas e contribuir para o conhecimento empírico do eclipse. Para observação do eclipse, os jesuítas tinham-se deslocado a Tortosa, Palencia e Burgos. O comité de Campolide, liderado por Oliveira Pinto, tinha ido para Tortosa, e o grupo de São Fiel, liderado por Joaquim da Silva Tavares (1866-1931) e por Valério Cordeiro (1866-1931), dirigira-se a Palencia. Para Burgos, deslocou-se um grupo constituído por um naturalista de cada colégio e por dois alunos de Campolide: José Pequito Rebelo (1992-1983) e Simeão Pinto de Mesquita (1889-1989). Burgos foi um dos principais pontos de encontro para os astrónomos europeus que se tinham deslocado para observar o eclipse, tendo proporcionado, por isso, a interacção entre os jesuítas portugueses e outros astrónomos amadores e profissionais. Nesta expedição, os alunos desem-

penharam um papel activo na observação do eclipse. Pinto Mesquita foi responsável por fotografar o eclipse, enquanto que Pequito Rebelo foi encarregue do desenho da coroa solar. A ilustração do jovem Pequito Rebelo, então com treze anos, foi bastante apreciada por Frederico Oom e acabou por integrar o relatório dos jesuítas portugueses.

As academias científicas

Com a instituição dos gabinetes de física na década de 1870, estavam reunidas, pela primeira vez as condições essenciais para a promoção de um ensino experimental das ciências naturais nos colégios dos jesuítas. Assim, em 1873, no ano seguinte à fundação do gabinete de física, quatro alunos do Colégio de Campolide foram escolhidos para realizarem algumas experiências sobre as propriedades da luz. Até 1903, manteve-se a tradição de convidar alguns alunos para realizarem demonstrações científicas na distribuição anual de prémios tanto em Campolide como em São Fiel. Em 1904, os jesuítas portugueses decidiram dar um novo passo no ensino e prática das ciências e, para isso, recuperaram uma prática que remontava à fundação dos primeiros colégios no século XVI, a criação de academias. Constituídas pelos alunos mais distintos da 4.^a, 5.^a, 6.^a e 7.^a classes, as Academias Científicas e Literárias de Maria Santíssima Imaculada do Colégio de Campolide (Lisboa, 2 de Junho de 1904) e do Colégio de São Fiel (Louriçal do Campo, 8 de Junho de 1904) representaram uma das iniciativas mais proficuas no que diz respeito ao ensino e à popularização da física em Portugal no início do século XX. À semelhança das academias quincentistas, as academias de Campolide e de São Fiel promoviam a realização de sessões ordinárias, onde os alunos comentavam livros, compunham obras literárias e discutiam temas filosóficos e científicos actuais. A pertença às academias representava mais do que um reco-

nhecimento do mérito escolar, uma vez que para realizar os trabalhos propostos nas sessões ordinárias, os membros das academias tinham direito a assinar revistas científicas, a visitar o museu e o gabinete de física e a executar trabalhos nos diversos laboratórios, sempre que isso fosse conveniente [23]. Uma ou duas vezes por ano, as academias eram ainda responsáveis pela organização de sessões solenes, para as quais eram convidados todos os alunos e as suas famílias. Além de apresentarem ensaios literários, representarem peças de teatro, e interpretarem peças musicais, os alunos realizavam ainda demonstrações científicas aparatosas e de grande actualidade envolvendo, por exemplo, descargas eléctricas de alta frequência, magnetismo, raios catódicos, raios x, telegrafia sem fios e cristais líquidos. O enfoque marcadamente experimentalista e a actualidade dos temas tratados que caracterizava as actividades destas academias distinguem-nas por completo do que era a prática mais usual no nosso país nesse período.



Fig. 3 - Programa da Sessão Solene da Academia Científica do Colégio de Campolide, 16 de Março de 1905. © Arquivo da Província Portuguesa da Companhia de Jesus, Lisboa.

Uma das sessões solenes com maior impacto público foi a sessão de física experimental realizada em Campolide no dia 16 de Março de 1905, uma vez que foi presidida pelo príncipe D. Luís Filipe e pelo infante D. Manuel. Nessa tarde, os príncipes tornaram-se membros honorários da Academia Científica e Literária de Maria Santíssima Imaculada do Colégio de Campolide e assistiram à exposição e demonstração de três teses diferentes, intercaladas por actuações musicais. Ao incentivarem a realização de experiências com dióxido de carbono e azoto líquidos, descargas eléctricas de alta frequência e telegrafia sem fios, os jesuítas associavam-se à tradição de espectacularidade das demonstrações científicas europeias, projectando, assim, a sua imagem como cientistas e educadores modernos [24-26].

A sessão de 27 de Maio de 1906, dedicada ao estudo dos cristais, foi também especialmente relevante para a credi-

bilização educativa dos jesuítas, uma vez que foi presidida por Abel Pereira de Andrade (1866-1958), Director Geral da Instrução Pública. Com o objectivo de servir de introdução às experiências que se seguiriam, o aluno Anastácio Monteiro Barbosa (n. 1890) começou por apresentar, com o auxílio de projecções no alvo, os sistemas cristalinos, algumas noções elementares de polarização da luz e o fenómeno de birrefringência. Na segunda parte da sessão, dedicada aos cristais líquidos, João Maria Berquó d'Aguiar (1889-1954), então com dezasseis anos, reconstituiu as experiências "recentíssimas" sobre a birrefringência de alguns líquidos, executadas por Otto Lehman (1855-1922) entre 1904 e 1906. Para a realização destas experiências, os jesuítas tinham encomendado à Zeiss um aparelho que fora "expressamente construído para o Collegio de Campolide". Ao reconstituírem estas experiências perante o Director Geral da Instrução Pública, os jesuítas enfatizavam a modernidade do seu projecto educativo no que dizia respeito ao ensino da física.

No dia 23 de Maio de 1907, a academia de Campolide organizou uma nova sessão solene dedicada à física. Tal como na anterior, eram apresentados apenas dois tópicos: os raios catódicos e os raios x. Apesar de Pequeto Rebello já ter realizado experiências com raios catódicos em Março de 1905, existia nesta demonstração uma novidade, a utilização de uma nova bomba de vácuo mais eficiente, com a qual era possível obter-se vácuo em apenas quatro minutos [27]. Concebida pelo físico Wolfgang Gaede



Fig. 4 - Programa da Sessão Solene da Academia Científica do Colégio de Campolide, 27 de Maio de 1906. © Arquivo Francisco Malta Romeiras, Lisboa.

(1878-1945), esta bomba tinha sido apresentada pela primeira vez em 1906, numa conferência em Merano, Itália [28]. A segunda parte da sessão ficou a cargo de Almir Machado, que explicou "em breves mas eloquentes palavras a theoría dos raios x, e as suas applicações na medicina, na physica e até no commércio". Depois da introdução teórica, foi apresentado um conjunto de radiografias, tiradas

expressamente para a sessão, onde se ilustravam “as diversas evoluções fisiológicas da mão do homem nas várias idades” e onde se destacavam as “successivas evoluções do tecido ósseo”. Por fim, para se apreciar a “aplicação dos raios X nas alfândegas, foi radiographado um gato dentro de uma caixa” [27].

As academias científicas de Campolide e de São Fiel organizaram sessões científicas dedicadas a outros temas, como astronomia (São Fiel, Dezembro de 1905), vulcanologia (São Fiel, 1907), citologia e histologia animal (Campolide, Março de 1908), e sismologia (São Fiel, Março de 1909), mas a maioria das sessões solenes focaram-se em tópicos relacionados com electricidade, magnetismo e óptica. Por serem públicas, as sessões solenes representaram um espaço da maior importância para a divulgação do projecto educativo dos jesuítas e para a sua credibilização no nosso país. Por isso, a preferência por estes temas deve ser interpretada tendo em conta que as demonstrações públicas envolvendo descargas eléctricas de alta frequência, telegrafia sem fios e raios x permitiam associar, com grande eficácia, ciência e espectáculo, contribuindo assim para a projecção dos jesuítas como educadores e cientistas modernos perante as elites nacionais.

António Oliveira Pinto e a radioactividade em Portugal

António da Costa e Oliveira Pinto (1868-1933) foi director da secção de ciências da academia de Campolide (1904-1910) e fundador e director do Instituto de Ciências Naturais deste colégio (1908-1910). Enquanto director da secção de ciências da academia, o jesuíta desempenhou um papel fundamental não só nas sessões ordinárias, mas também na escolha das teses apresentadas nas sessões solenes, como se verificou, por exemplo, no caso da telegrafia sem fios. Oliveira Pinto tinha realizado experiências com telegrafia sem fios em Campolide em 1902, isto é, apenas um ano após as primeiras experiências realizadas em Portugal [29]. Três anos depois, na sessão solene de Março de 1905, Raúl Dias Sarreira (1889-1968), académico da classe de ciências e futuro missionário jesuíta em Moçambique (1943-1968), demonstrava publicamente como se poderiam realizar comunicações através da telegrafia sem fios.

Além de ter sido um dos principais promotores do ensino experimental das ciências em Campolide, Oliveira Pinto notabilizou-se pelos trabalhos de divulgação que publicou na revista *Brotéria – Vulgarização Científica* e, sobretudo, pela participação nos dois primeiros congressos internacionais de radiologia. Em 1905, Oliveira Pinto e outro jesuíta, então estudante de teologia, participaram no 1.º Congresso Internacional de Radiologia e ionização em Liège. Ao contrário de outros governos euro-

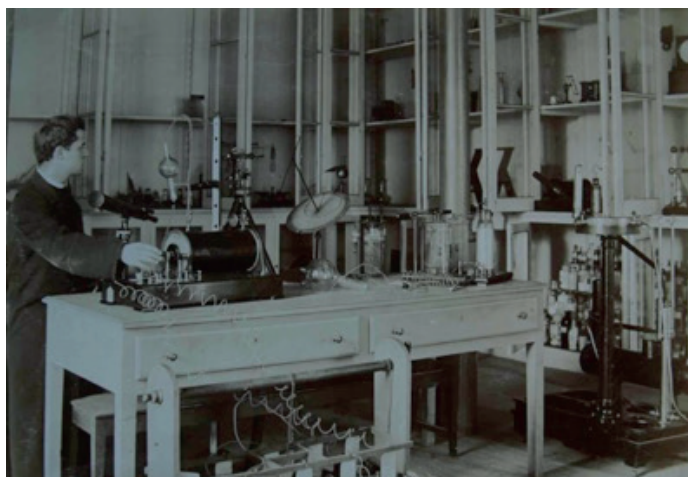


Fig. 5 - António de Oliveira Pinto S.J. (1868-1933) no gabinete de física do Colégio de São Francisco, em Setúbal. © Arquivo da revista *Brotéria*, Lisboa.

peus, o governo português não enviou nenhuma delegação oficial a este congresso, pelo que a participação portuguesa se ficou a dever, exclusivamente, à presença dos dois jesuítas. Em 1910, o jesuíta português participou também no 2.º Congresso Internacional de Radiologia, em Bruxelas, onde apresentou os resultados das suas experiências sobre a radioactividade das águas minerais portuguesas, as primeiras experiências com radioactividade realizadas no nosso país. A realização deste estudo só foi possível porque o jesuíta tinha trabalhado nesse mesmo ano no laboratório de Pierre e Marie Curie, onde se tinha familiarizado com as técnicas mais recentes e de onde trouxera uma solução de brometo de rádio, indispensável para a calibração dos dois electroscópios de que se serviu. Na comunicação que apresentou em Bruxelas, o jesuíta começou por salientar a importância terapêutica da radioactividade, advertindo, no entanto, que o estudo metódico da radioactividade se encontrava ainda numa fase inicial. Depois de descrever detalhadamente a

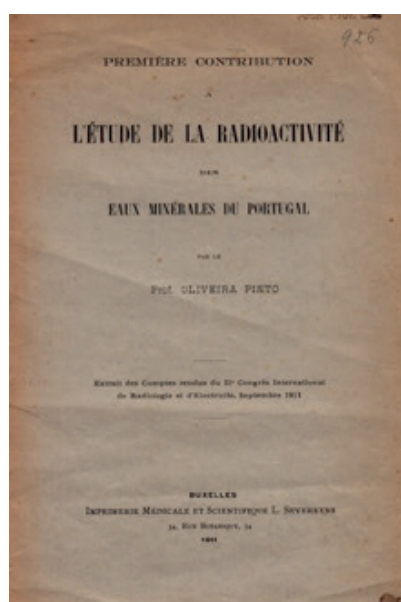


Fig. 6 - Capa do trabalho apresentado por António Oliveira Pinto S.J. no 2.º Congresso Internacional de Radiologia e Electricidade em Bruxelas. © Arquivo da Província Portuguesa da Companhia de Jesus, Lisboa.

técnica utilizada, apresentou os resultados das suas experiências, concluindo que as águas minerais analisadas não eram radioactivas.

Convém relembrar que, na Universidade de Coimbra, o interesse pelos raios x e pela radioactividade surgiu a partir de 1897. Contudo, ao que tudo indica, o tema foi abordado de forma exclusivamente teórica até 1915, ano em que Francisco de Sousa Nazareth publicou o primeiro trabalho experimental sobre radioactividade, após uma estadia no laboratório de Marie Curie. João Emílio Raposo de Magalhães (1884-1961), por exemplo, escreveu a sua tese de licenciatura sobre “O Rádio e a Radioactividade”, num quadro puramente teórico, por não ter sido possível adquirir uma fonte radioactiva para o gabinete de física da Universidade de Coimbra em 1906 [30]. Ora, como se viu, no ano anterior António Oliveira Pinto frequentava o 1.º Congresso de Radiologia e Ionização, acompanhando directamente as maiores contribuições científicas internacionais nesta área. Este interesse do professor de Campolide converteu-se na primeira comunicação internacional portuguesa com resultados originais de experiências com radioactividade realizadas em Portugal, apresentada quatro anos depois, em Bruxelas.

Apesar de ter abandonado os trabalhos de física após a implantação da República e expulsão dos jesuítas de Portugal, Oliveira Pinto continuou a publicar artigos de divulgação científica na *Brotéria*, nomeadamente sobre a telegrafia sem fios e a radioactividade da matéria. Sócio da Société Astronomique de France, da Real Sociedad Española de Física y Química, e sócio fundador da Sociedade Portuguesa de Ciências Naturais, da qual foi o 1.º vice-secretário, Oliveira Pinto revelou ser um promotor activo do ensino experimental das ciências naturais nos colégios dos jesuítas, sobretudo através da direcção do Instituto de Ciências Naturais e da secção de ciências da academia do Colégio de Campolide. No exílio, destacou-se, sobretudo, pelos cargos governativos que desempenhou. Foi provincial da Companhia de Jesus (1912-1918), superior da missão portuguesa do Brasil Setentrional (1919) e reitor do Colégio António Vieira (Baía, 1925-1930). Regressou a Portugal em 1932 e acabou por falecer no dia 17 de Março de 1933 nas Caldas da Saúde, em Santo Tirso.

Uma breve conclusão

Até 1910, os jesuítas portugueses empenharam-se em promover o ensino e a prática das ciências naturais nos seus colégios. Em Campolide e em São Fiel, os museus de história natural, os gabinetes de física e os observatórios representaram espaços da maior importância neste contexto. Apesar de fundamentais, a qualidade das colecções de botânica, zoologia e mineralogia e a modernidade dos instrumentos do gabinete de física não explicam, por si só, o sucesso do ensino experimental neste período, uma vez que poderiam estar simplesmente inacessíveis aos alunos. O envolvimento dos alunos em expedições para observação de eclipses, na recolha e classificação de novas espécies de animais e plantas, e na organização de demonstrações públicas, indica uma familiaridade e utilização frequentes

das colecções do museu de história natural, do gabinete de física e dos observatórios e a originalidade do projecto educativo dos jesuítas no contexto do ensino secundário em Portugal neste período. A participação activa dos alunos nestas actividades revela que o objectivo dos jesuítas não era divulgar apenas uma versão simplificada das ciências naturais, mas sim reproduzir, na medida do possível, a prática científica nas áreas da botânica, zoologia, física, química e astronomia. No caso da física, foi especialmente relevante, como se viu, o papel de António de Oliveira Pinto que, além de pedagogo e divulgador das ciências, se empenhou também na realização das experiências com telegrafia sem fios e radioactividade.

É hoje indiscutível a importância dos colégios dos jesuítas na educação pré-universitária de futuros médicos, cientistas, políticos, diplomatas, juristas, militares e clérigos, que acabaram por se distinguir na história de Portugal. Mesmo não sendo possível avaliar o impacto global da educação científica no contexto geral do ensino dos jesuítas, é claro que o ensino experimental das ciências naturais foi determinante, não só a formação destas elites, mas também na credibilização do projecto educativo e científico dos jesuítas portugueses.

Referências

1. Maria Cândida Proença, *A reforma de Jaime Moniz: Antecedentes e destino histórico*, Tese de Doutoramento, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, (1993).
2. Inês Gomes, *Os Museus Escolares de História Natural – Análise Histórica e Perspectivas de Futuro (1836-1975)*, Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa, Lisboa, (2014).
3. Jorge Ramos do Ó, *Ensino liceal (1836-1975)*, Ministério da Educação, Lisboa, (2009).
4. Maria de Fátima Meneses, *Museus e ensino: Uma análise histórica sobre os museus pedagógicos e escolares em Portugal (1836-1933)*, Tese de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, (2003).
5. Visconde de Benalcanfor, *Apontamentos de um inspector de Instrução Secundária*, Imprensa Nacional, Lisboa, (1882).
6. Francisco Malta Romeiras, “*Ciência, prestígio e devoção: Os jesuítas e a ciência em Portugal (séculos XIX e XX)*”, Lucerna, Cascais, (2015).
7. Francisco Malta Romeiras, Henrique Leitão, “One Century of Science: the Jesuit Journal *Brotéria* (1902-2002)”, in Robert Maryks (ed.), *Exploring Jesuit Distinctiveness: Interdisciplinary Perspectives on Ways of Proceeding within the Society of Jesus*, Brill, Leiden, 235-258 (2016).

8. Francisco Malta Romeiras, “Constituição e percurso das colecções científicas dos jesuítas exilados pela 1.ª República: o caso de Carlos Zimmermann SJ (1871-1950)”, *Archivum Historicum Societatis Iesu*, LXXXVI (168), 287-327 (2015).
9. Francisco Malta Romeiras, Henrique Leitão, “The role of science in the history of Portuguese anti-Jesuitism”, *Journal of Jesuit Studies* 2, 77-99 (2015).
10. António Egas Moniz, *A nossa casa*, Paulino Ferreira Filhos Lda, Lisboa, p. 254, (1950).
11. António Oliveira Pinto S.J., “O Instituto de Ciências Naturais do Collegio de Campolide”, *O Nosso Collegio* 5, 100-102 (1908-1909).
12. Paolo Brenni, “The Evolution of Teaching Instruments and Their Use Between 1800 and 1930”, *Science and Education* 21, 191-226 (2012).
13. Agustín Udías S.J., *Searching the Heavens and the Earth: The History of Jesuit Observatories*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (2003).
14. Agustín Udías S.J., *A Jesuit Contribution to Science*, Springer, Cham (2015).
15. Manuel Borges Grainha, *História do Colégio de Campolide da Companhia de Jesus*, Imprensa da Universidade, Coimbra, p. 96, (1913).
16. Carlos Zimmermann S.J., “Observatorio Meteorológico do Collegio de São Fiel”, *Brotéria* 1, 185-188 (1902).
17. *Eclipse do Sol de 28 de Maio de 1900. Observações dos Professores do Collegio de São Fiel*, La Bécarre, Lisboa, (1900).
18. Luís Miguel Carolino, Ana Simões, “The eclipse, the astronomer and his audience: Frederico Oom and the total solar eclipse of 28 May 1900 in Portugal”, *Annals of Science* LXIX, 215-238 (2011).
19. Antonio de Mattos S.J., “Carta para Frederico Oom”, 25 de Julho de 1900, Arquivo do Observatório Astronómico de Lisboa: C469.
20. Carlos Zimmermann S.J., “Carta para Frederico Oom”, 12 de Novembro de 1901, Arquivo do Observatório Astronómico de Lisboa: C469.
21. Luís Gonzaga Cabral S.J., *O eclipse total do Sol no dia 30 de Agosto de 1905: Observações feitas pelas comissões das Academias Científicas dos Collegios de S. Fiel e Campolide*, La Bécarre, Lisboa, (1905).
22. Joaquim da Silva Tavares S.J., “Eclipse total do sol em 30 de Agosto de 1905”, *Brotéria* V, 254-260 (1906).
23. Colégio de São Fiel, *Regulamento da Academia Científica de Maria Sanctíssima Immaculada*, (1904).
24. Agustí Nieto-Galan, “La ciencia espectáculo”, *Los públicos de la ciencia. Expertos y profanos a través de la historia*, Fundación Jorge Juan/Marcial Pons Historia, Madrid, pp. 81-121 (2011).

25. Bernadette Bensaude-Vincent, Anne Rasmussen (eds.), *Science and the Spectacle in the European Enlightenment*, Ashgate, Aldershot (2008).
26. Aileen Fyfe, Bernard Lightman (eds.), *Science in the Marketplace. Nineteenth-Century Sites and Experiences*, Chicago University Press, Chicago (2007).
27. “Sessão anual de Ciências da Academia Campolicense”, *O Nosso Collegio* IV, 29-31(1907-1908).
28. M. Dunkel, “Wolfgang Gaede. “An appreciation of his life on the occasion of the 50th anniversary of the invention of the diffusion pump”, *Vacuum* 13 (12), 501-503 (1963).
29. Francisco Malta Romeiras, Henrique Leitão, “Jesuítas e Ciência em Portugal. I: António Oliveira Pinto S.J. e as primeiras experiências com radioactividade em Portugal”, *Brotéria* 174, 9-20 (2012).
30. António José Leonardo, Décio Martins e Carlos Fiolhais, “A Física na Universidade de Coimbra de 1900 a 1960”, *Gazeta de Física* 34 (2), 9-15 (2011).



Francisco Malta Romeiras

é doutorado em história e filosofia das ciências pela Universidade de Lisboa. Actualmente encontra-se a realizar um pós-doutoramento no Centro Interuniversitário de História das Ciências e da Tecnologia (CIUHCT-UL), do qual é membro desde 2011. Os seus principais interesses de investigação incluem a história das actividades científicas dos jesuítas e a história das relações entre ciência e religião em Portugal (séculos XVI-XX). Membro do conselho editorial da revista *Brotéria* desde 2013, é, juntamente, com Henrique Leitão, coordenador científico da *Obra Selecta do Padre Luís Archer S.J.*, 4 vols. (Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2015-2017). Em 2015, o seu livro *Ciência, Prestígio e Devoção: Os Jesuítas e a Ciência em Portugal (séculos XIX e XX)* (Cascais: Lucerna, 2015), foi distinguido com uma Menção Honrosa na 24.ª Edição do Prémio Victor de Sá de História Contemporânea.

Por opção pessoal, o autor do texto não escreve segundo o novo Acordo Ortográfico.

Entrevista a Arthur McDonald

Filipe Moura

Colaboração de José Maneira, Sofia Andringa e Gabinete de Comunicação do LIP

Arthur B. McDonald, Prémio Nobel da Física em 2015 pela “descoberta das oscilações de neutrinos que mostram que os neutrinos têm massa”, esteve em Portugal no passado mês de Setembro a convite do LIP - Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas e da Sociedade Portuguesa de Física.

O físico canadiano, professor na Universidade Queen's, foi responsável pela experiência SNO (Sudbury Neutrino Observatory), cujo detetor de neutrinos se encontra a 2 km de profundidade no Canadá, e em que participaram desde 2005 investigadores portugueses do LIP.

Os neutrinos são partículas elementares muito difíceis de detetar. São produzidos naturalmente pela fusão nuclear no interior do Sol e pelos raios cósmicos na atmosfera terrestre, e artificialmente em aceleradores de partículas ou em reatores nucleares. As experiências SNO (liderada por Arthur B. McDonald) e SuperKamiokande (liderada por Takaaki Kajita, com quem McDonald partilhou o Nobel da Física de 2015) mostraram que os neutrinos, ao alterarem as suas propriedades no caminho entre a produção e deteção, tinham necessariamente massa não nula, ao contrário do que era esperado no Modelo Padrão da física de partículas. Esta descoberta levantou questões importantes na fronteira entre a física de partículas e a cosmologia, que são objeto de uma nova geração de experiências.

O Prémio Breakthrough para a Física Fundamental de 2016 foi atribuído às várias centenas de cientistas que contribuíram para a “descoberta fundamental da oscilação de neutrinos, revelando uma fronteira para além, possivelmente muito além, do Modelo Padrão da física de partículas”. Quatro investigadores do LIP partilharam esta distinção.

O detetor SNO/SNO+ está situado no laboratório SNOLAB, a 2 km de profundidade, numa mina de extração de níquel, no Canadá. Consiste num volume interior líquido contido numa esfera de acrílico transparente de 12 m de diâmetro e 5 cm de espessura, e é rodeado por um conjunto de cerca de 9500 sensores de luz numa estrutura de 18 m de diâmetro. Em SNO, a esfera continha 1000 toneladas de água pesada (uma molécula equivalente à da água, mas em que o hidrogénio é substituído por deutério, com mais neutrões), permitindo dois processos de interação

dos neutrinos inacessíveis a outros detetores – um sensível apenas aos neutrinos de eletrão e outro igualmente sensível a todos os tipos de neutrino. As partículas carregadas com velocidade superior à da luz na água eram identificadas pela emissão de radiação de Cherenkov. Para a nova experiência, SNO+, a mesma esfera conterá 780 toneladas de um líquido cintilador orgânico, que emite muito mais luz, permitindo detetar partículas carregadas de muito menor energia. O objetivo principal desta experiência é a observação de um processo de decaimento radioativo extremamente raro, que, a existir, revelaria o caráter de Majorana dos neutrinos e permitiria medir a sua massa desconhecida. O detetor teve de ser adaptado para poder conter líquidos de diferente densidade, e para poder lidar com uma muito maior taxa de sinais. Começará a tomar dados brevemente.

Durante a sua visita, Arthur B. McDonald deu uma palestra pública no Pavilhão do Conhecimento - Ciência Viva, em Lisboa, com o título “*A deeper understanding of the universe from 2 km underground*”. Visitou a Universidade de Coimbra e o polo de Coimbra do LIP, onde está a ser construído o mecanismo de inserção de fontes de calibração para a experiência SNO+. A calibração é uma das áreas de responsabilidade do LIP em SNO+, estando já instalado no detetor um sistema baseado em fibras ópticas cujas partes mecânicas também foram construídas nas oficinas do LIP. Finalmente, Arthur McDonald abriu a 20.ª Conferência Nacional de Física, organizada pela Sociedade Portuguesa de Física, que teve lugar no Campus de Gualtar da Universidade do Minho, em Braga. Foi nesta ocasião que tivemos oportunidade de com ele conversar, bem como com José Maneira (JM) e Sofia Andringa (SA), dois seus colaboradores portugueses do LIP.

No seguimento da entrevista, publicamos as perguntas selecionadas (e respetivas respostas) no âmbito do concurso promovido pela página de

Facebook da revista, em que convidámos os nossos seguidores a apresentar questões que foram apresentadas a Arthur McDonald quando da sua palestra em Braga.

1. Entrevista

Gazeta de Física (GF) – Qual foi a sua motivação para começar a trabalhar na física dos neutrinos?

Arthur McDonald (AMD) – A minha carreira de investigação começou na Física Nuclear. Desde sempre estive interessado em compreender leis físicas fundamentais. Procurava simetrias, tal como elas eram medidas na Física Nuclear. Procurava entender o Modelo Padrão, nomeadamente através de medições de violação de paridade. Fiz o meu doutoramento em Astrofísica Nuclear, no laboratório de William Fowler, que tinha ganho o Prémio Nobel por cálculos e experiências relacionadas com a forma como os elementos são gerados nas estrelas (supernovas).

Antes da experiência SNO, trabalhava na medição da violação de paridade em núcleos de modo a exhibir a interação fraca entre os quarks *up* e *down*. A troca de bósons Z entre estes quarks, tal como é explicada no Modelo Padrão, não pode ser estudada de outra maneira: a violação de paridade é necessária para distinguir a interação fraca da interação forte. Estávamos a tentar perceber se o Modelo Padrão funcionava, através de uma série de medições que nunca tinham sido feitas.

Entretanto apareceu um problema que nós, no Canadá, tínhamos uma oportunidade única de resolver: utilizar água pesada para resolver o que já então era conhecido como o problema dos neutrinos solares. A resolução desse problema implicaria ou mudar o modelo de combustão do Sol, conhecido com cálculos pomenorizados, ou encontrar novas propriedades dos neutrinos. Isso se conseguíssemos fazer a experiência! Foi um desafio experimental, mas pessoas muito qualificadas vieram trabalhar connosco. Parecia uma boa oportunidade de fazer algo com algum risco, mas a ciência era uma boa compensação. De várias maneiras.

GF - O problema dos neutrinos solares já era conhecido há algumas décadas. Teve alguma importância para começar a trabalhar nesta área?

AMD - Resolver o problema dos neutrinos solares era o objetivo principal. Já era sabido que se podia utilizar a água pesada para originar dois tipos de reações com os neutrinos. O que fez a diferença foram duas coisas únicas no Canadá: a disponibilidade de milhares de toneladas de água pesada no valor de 300 milhões de dólares e de um local



Arthur B. McDonald na Física 2016 em Braga

muito profundo localizado numa mina. Estes dois aspetos eram essenciais para realizar a experiência, e surgiram em conjunto no início dos anos 90.

GF - Na sua palestra mencionou que tinha obtido água pesada muito barata!

AMD - Nós conseguimos pedir emprestada água pesada à agência governamental que construía reatores nucleares no Canadá, por ideia de Herbert Chen, da Universidade da Califórnia em Irvine. A agência tinha reservas no valor de 300 milhões de dólares; nós pudemos usá-las pagando um dólar... No entanto, durante os dez anos em que tivemos a água pesada em nossa posse, tivemos que pagar um milhão de dólares por ano de seguro... O seguro era muito mais caro por a água estar armazenada numa mina no subsolo. Mas podermos usá-la foi uma grande vantagem e uma oportunidade única.

GF - A ideia de instalar a experiência numa mina foi sua?

AMD - Não. Quando Herb Chen soube que se poderia utilizar a água pesada da agência governamental, reuniu-se um grupo de 16 especialistas neste tipo de medições em Física fundamental. Esse grupo incluía George Ewan, da Universidade Queen's, que já tinha andado à procura de uma localização no subsolo no Canadá para realizar esta experiência, e já tinha estabelecido contactos com os donos da mina. Os dois líderes originais do projeto foram portanto George Ewan, no Canadá, e Herb Chen, nos EUA. No entanto, passados três anos, em 1987, Herb Chen infelizmente faleceu com leucemia, com 40 e poucos anos. Eu na altura encontrava-me na Universidade de Princeton, e assumi o cargo de responsável, da parte dos EUA, pelo projeto. Trabalhei com George Ewan e com David Sinclair, do Reino Unido, à procura de financiamento. Em 1989 George Ewan reformou-se, e eu mudei-me de Princeton para a Universidade Queen's e passei a ser o diretor geral do projeto, quer da parte de construção quer da parte científica.

GF - Nessa altura estava em Princeton. Teve algum contacto com John Bahcall¹?

¹ Professor no Instituto de Estudos Avançados em Princeton que desenvolveu o modelo solar padrão e enunciou o problema dos neutrinos solares, baseado nos resultados da experiência do cloro de Davis (n. do ed.).

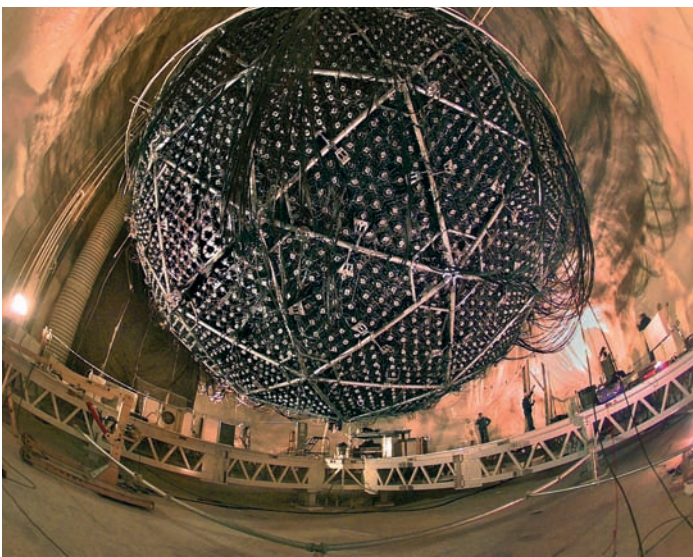
AMD - Com certeza! John Bahcall foi um bom amigo meu. Ainda antes disso, nos anos 60, na altura em que eu era um estudante de doutoramento no Caltech (Instituto de Tecnologia da Califórnia), ele era um jovem professor lá. A sua mulher, Neta, é minha amiga e foi minha colega no doutoramento. O John estava a trabalhar na altura com Raymond Davis no que viria a ser a experiência de Davis: a possibilidade de usar o cloro como detetor de neutrinos. Alguns colegas meus, alunos como eu, estavam a medir propriedades do núcleo do cloro para consolidar a teoria que o John tinha proposto. Era certamente um tópico em que as pessoas já estavam a trabalhar. Mantive a amizade com o John Bahcall ao longo da sua carreira. Ele era um físico fantástico, que contribuiu substancialmente para o nosso conhecimento do sol e da sua combustão. Tinha um tremendo respeito por ele. Faleceu muito novo.

GF - Há algum momento especial da descoberta que queira destacar?

AMD - Durante a experiência, a informação era transmitida aos nossos colaboradores de forma cautelosa e parcelada, de forma a poder por eles ser analisada sem viés. Assim poderiam fazer uma análise adequada dos dados, sem ser adaptada a uma ideia preconcebida do resultado. Finalmente um dia, todos os colaboradores da experiência, investigadores séniores, pós-docs e estudantes, umas 150 pessoas em todo o mundo, receberam ao mesmo tempo a informação de que tínhamos sido capazes de provar que os neutrinos mudam o seu “sabor” enquanto viajam do Sol para a Terra, ou seja, tínhamos resolvido o problema dos neutrinos solares, e os cálculos do modelo de combustão do Sol estavam corretos. Foi o “momento eureka!”

GF - Como começou a participação portuguesa na experiência?

AMD - O José Maneira era investigador de pós doutoramento na Universidade Queen's. De seguida, foi contratado



Observatório de Neutrinos Sudbury, esfera com sensores de luz durante a fase de construção (imagem cortesia do SNO).

pelo LIP, mas continuou a trabalhar na experiência SNO. O José, a Gersende Prior e o Nuno Barros, do LIP, são coautores dos artigos da experiência SNO e receberam o Prémio Breakthrough, no ano passado. A sua contribuição foi muito importante na calibração da experiência. Também estiveram envolvidos na análise de dados da qual se extraiu a física da experiência. O José, desde que ingressou no LIP, também começou a trabalhar na experiência seguinte, SNO+, a próxima utilização do equipamento da experiência SNO, um projeto maravilhoso no qual estamos a reciclar equipamento já instalado no valor de 70 milhões de dólares, para eventualmente medirmos o que será uma das mais importantes propriedades dos neutrinos: o declínio beta duplo sem emissão de neutrinos.

José Maneira (JM) - A eventual observação do declínio beta duplo sem emissão de neutrinos permitir-nos-á decidir se os neutrinos são fermiões do tipo de Dirac, como os eletrões, ou de Majorana (neste caso os antineutrinos seriam idênticos aos neutrinos). Se este processo existir, a medição da sua largura poderá indicar-nos o valor absoluto da massa dos neutrinos (das experiências com as oscilações dos neutrinos só sabemos que este valor é diferente de zero). É este o objetivo principal de SNO+. Também pretendemos alargar as medições de oscilações de neutrinos para energias mais baixas. Estes são assuntos em que o LIP também tem estado envolvido, e a Sofia Andringa tem liderado a participação do nosso grupo nas experiências com antineutrinos em SNO+.

AMD - A Sofia também recebeu o Prémio Breakthrough, como participante na experiência K2K. Também gostei de visitar o grupo de Coimbra do LIP, onde um trabalho muito complexo de calibração de equipamento tem vindo a ser desenvolvido. Em geral, estamos muito satisfeitos na experiência SNO+ com a capacidade de produção de equipamento do LIP.

JM - Também estamos a adquirir muita experiência e *know-how* no nosso grupo graças ao bom ambiente existente na colaboração.

GF - Falando de dinheiro: até agora, quanto é que custou a experiência SNO?

AMD - O custo de capital associado a montar e instalar a experiência foi cerca de 70 milhões de dólares canadianos. Desde que a experiência começou têm-se registado algumas flutuações mas, em média, a cotação do dólar canadiano tem sido equivalente a do americano. A isto acrescem, por um período de dez anos, despesas de operação do detetor e de apoio à investigação no valor de uns 40 milhões de dólares. O custo de construção do laboratório foi cerca de 50 milhões de dólares, e a conversão da experiência em SNO+ custou outros 15 milhões de dólares. Isto é muito dinheiro,

mas ao mesmo tempo muitas pessoas estão a ser pagas pelo seu trabalho. A atitude que tem sido tomada no Canadá em relação à experiência SNO é que é um risco que valia a pena tomar, porque os ganhos compensavam. Havia vantagens para o país em que a experiência se localizasse lá. Seria uma oportunidade de trazer para o Canadá cientistas estrangeiros para trabalharem com os canadianos, e ao mesmo tempo de os cientistas canadianos terem uma participação internacional. A ideia de colaboração internacional tem merecido o apoio das nossas agências financiadoras ao longo dos anos.

GF - Como é que estes custos se comparam com os de um acelerador de partículas?

AMD - São muito mais baixos. Nesse caso falaríamos de milhares de milhões de dólares. Não vemos isto como uma competição, mas com uma cooperação com a comunidade dos aceleradores de partículas, com os mesmos objetivos: tentar perceber como funciona o universo ao nível microscópico. Por exemplo, existem algumas indicações de que é a matéria escura que mantém a estrutura da nossa galáxia, através da sua força gravitacional. No nosso laboratório² estamos a tentar observar diretamente partículas de matéria escura. No LHC estão a tentar obter provas da existência dessas partículas que poderiam ser de matéria escura. Relativamente à física dos neutrinos, ela ganhou uma nova relevância dentro da Física de Partículas nos últimos 15 anos graças aos nossos resultados e à experiência SuperKamiokande.

GF - Mas tendo em conta quer razões financeiras, quer razões científicas, pensa que no futuro deveríamos concentrar-nos na deteção e análise de raios cósmicos, ou insistir na construção de mais aceleradores?

AMD - Há várias experiências envolvendo raios cósmicos onde são detetados eventos mais energéticos do que alguma vez se conseguirão produzir num acelerador: as experiências Auger, na Argentina, e IceCube, na Antártida... Uma parte dos físicos de partículas já estão a trabalhar em física de astropartículas. O meu palpite é que vai haver uma combinação de física de astropartículas, física de neutrinos e aceleradores de partículas convencionais a trabalhar na fronteira das energias. Há muita física para ser aprendida nestas áreas nos próximos 20 anos, com os meios de que dispomos. O que penso que vai acontecer é que, daqui a uns anos, quando o LHC já tiver fornecido dados suficientes que permitam fazer uma análise estatística e conhecer bem a física na sua gama de energias, a comunidade de físicos de partículas como um todo vai reunir-se e decidir

como deve continuar. Nessa altura, será decisiva a revisão por pares dos méritos e oportunidades relativos de cada uma destas áreas.

2. Perguntas dos leitores

1. A matéria escura de que tanto se fala poderá ser atribuída à massa dos neutrinos? (Hermenegildo Miranda)?

Não, a massa dos neutrinos é demasiado pequena: eles estão sempre em movimento e não se acumulam para os vemos como matéria escura. As partículas de matéria escura devem ser muito mais pesadas. Procuramos encontrá-las noutros detetores no laboratório que resultou da extensão do SNO para o SNOLAB.

2. Frequentemente o momento da descoberta científica é descrito como uma epifania: saber algo que mais ninguém no planeta conhece por enquanto. Qual foi a sua reação quando viu pela primeira vez que de facto os neutrinos oscilam? (Marta Daniela)

Esse momento eureka foi, neste caso, partilhado. A análise dos dados da experiência SNO foi preparada e otimizada mascarando propositadamente os dados na zona mais relevante, e a abertura da cortina foi feita ao mesmo tempo para todos. Mais de uma centena de pessoas, incluindo muitos estudantes envolvidos na experiência SNO, souberam no mesmo momento em diferentes locais, que tínhamos confirmado a oscilação de neutrinos.

3. Qual a sua visão da natureza geral? (Maikoni Jefferson)

Uma coisa fascinante na natureza é que usando uma linguagem matemática, conseguimos descrever um grande número de fenómenos e relacionar escalas muito diferentes, dos neutrinos ao Sol, e mesmo descrever a evolução do Universo a partir das propriedades das partículas elementares. Isto é o que a torna tão apelativa para os físicos. Mas não é a única abordagem para tudo: seria difícil a um psicólogo explicar o amor a partir destas propriedades fundamentais...

² Na experiência DEAP (n. do ed.).

Determinação expedita do coeficiente de expansão adiabática

Horácio Fernandes

Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear, Dep. Física do Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa

hf@ipfn.tecnico.ulisboa.pt

Resumo

O coeficiente de expansão adiabática é determinado tradicionalmente por processos de difícil execução, morosos e com um elevado erro experimental. Com a utilização dum computador (equipado com placa de som) ou um dispositivo móvel e uma simples seringa de vidro, demonstraremos que o método de Ruchhardt adapta-se particularmente bem à determinação da razão entre a capacidade térmica¹ a pressão constante e capacidade térmica a volume constante dum gás, ou seja, a constante de expansão adiabática do gás. Este método revela-se bastante preciso quando comparado com outros, embora tenha uma elevada sensibilidade ao período das oscilações e do raio da seringa, pelo que dever-se-á atender à sua medida com precisão² suficiente.

A presente experiência é ainda um bom exemplo da aplicação do formalismo newtoniano na determinação de grandezas termodinâmicas, permitindo aos alunos a fácil compreensão do método, pelo que constitui uma peça pedagógica valiosa no laboratório.

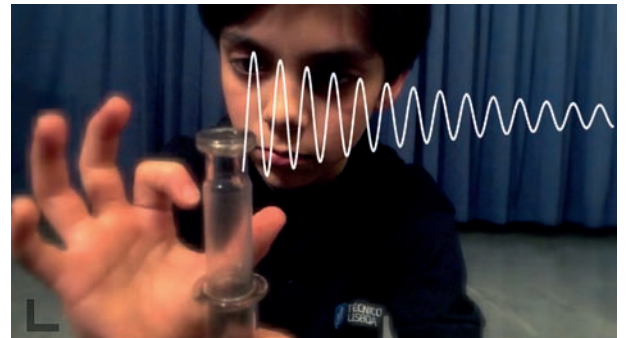
Introdução

Os métodos clássicos para a determinação do coeficiente de expansão adiabática γ – a razão entre a capacidade térmica a pressão constante e a capacidade térmica a volume constante dum gás – nomeadamente, o método de Clément-Désormes, apresentam protocolos experimentais complicados, morosos e com um elevado erro experimental [1].

No entanto, o método de Ruchhardt [2, 3] permite determinar esse coeficiente numa forma bastante exata e rápida, usando, para o efeito, uma seringa de vidro e recorrendo a

¹ Também designada anteriormente por *capacidade calorífica*.

² Definida como o desvio estatístico aleatório na capacidade do instrumento para repetir uma medida com valor constante.



um programa de análise de som num computador ou dispositivo móvel, conforme propomos neste artigo. Contudo, este método tem uma elevada sensibilidade ao resultado da medição do período das oscilações (ou seja, um pequeno erro de medição do período dará origem a um resultado de medição do coeficiente com um grande erro de medição). Devido a esse facto, recomenda-se desde já um grande cuidado na determinação do período, sendo para tal utilizados dois métodos: (i) a medida do período pela análise da forma da onda captada pelo transdutor de pressão, ou (ii) o período médio determinado numericamente através da análise a partir da transformada de Fourier.

Estes dados devem ser utilizados numa forma crítica, explorando ao máximo a informação que fornecem. Saliente-se que esta experiência encontra-se igualmente disponível para execução remota no laboratório *e-lab* [4].

Descrição do aparato experimental

A experiência é constituída por uma seringa de vidro, cujo êmbolo tem atrito reduzido por estar lubrificado com grafite (a partir dum lápis ou mina de carvão de dureza H) e pelo facto da montagem estar colocada numa posição vertical.

Previamente, determina-se a massa do êmbolo e o seu diâmetro, com recurso respetivamente a uma balança de precisão e a uma craveira, o que permite obter uma precisão na medida de aproximadamente 0,5 %. No caso considerado – uma seringa RUTHE® de 20 ml da Normax – determinaram-se os valores de 26,4 g para a massa do êmbolo e 18,9 mm para o diâmetro.



Fig. 1 - Fotografia captada durante a realização da experiência, onde se pode observar o cuidado em colocar firmemente o tampão da seringa sobre o microfone do computador.

Na Figura 1 pode observar-se a maneira de colocar a seringa a tapar o orifício do microfone, onde no local da agulha se adaptou um tampão de borracha, neste caso retirado do *track ball* do computador. O programa utilizado para o registo do som e sua posterior análise foi o *Audacity* [5], bastante comum nas comunidades audiófilas.

Protocolo experimental

Selecionado um volume de referência, bloqueia-se a saída de ar da seringa através da colocação numa agulha desprovida de bico de corte e previamente tamponada com uma gota de cola de contacto.

A agulha é colocada em contacto com o microfone ligado ao computador. Após preparar o computador para adquirir o sinal, é percutido o êmbolo de forma a oscilar livremente em torno da sua posição de equilíbrio. Utilizando um programa de análise de som como o *Audacity*, poderemos determinar a frequência das oscilações (Figura 2), quer pela contagem de períodos num certo intervalo de tempo (diminuindo a incerteza na determinação

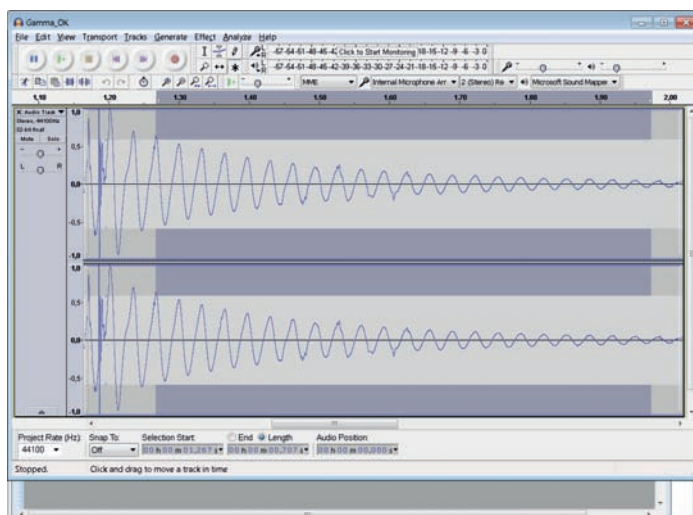


Fig. 2 - Captura do som após o estímulo da seringa. Os primeiros ciclos serão sempre ligeiramente distorcidos e podem ser rejeitados devido ao ruído provocado pela percussão mecânica do êmbolo.

do período), quer utilizando a opção *Analyze* → *Plot Spectrum*, que gera automaticamente o gráfico da transformada de Fourier (Figura 3). Normalmente ocorrem picos secundários múltiplos da frequência principal, que correspondem aos harmónicos do sinal.

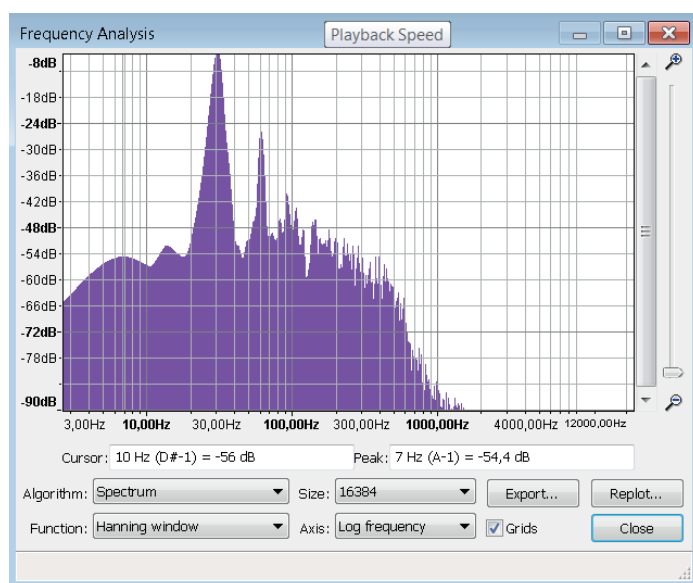


Figura 3 - Análise de Fourier do sinal capturado, onde facilmente se identifica o pico correspondente à frequência da oscilação principal do êmbolo, neste caso centrada nos 30 Hz.

Do período de oscilação T pode ser inferido o coeficiente γ de acordo com

$$\gamma = \frac{4mV}{\rho_0 r^4 T^2} \quad (1)$$

cuja dedução se encontra na secção seguinte. Para o ar, maioritariamente diatómico, o valor determinado para a relação deve ser próximo de 1,4 como esperado.

Efetuada a experiência para vários volumes V_i , pode-se ainda utilizar uma descrição paramétrica mais exata da função de ajuste de modo a obter um ajuste mais rigoroso, utilizando mais do que um parâmetro livre; considerando, por exemplo, um valor adicional V_0 para o volume desconhecido entre a agulha e a seringa, tal que $V = V_i + V_0$. Aplicando a minimização por mínimos quadráticos a essa nova função de ajuste, pode obter-se o erro sistemático V_0 no volume. Por outro lado, pode-se considerar como variáveis livres não só esse volume inicial mas também a pressão atmosférica, uma vez que esta pode ter variações da ordem de 1 %.

Apesar de não se aplicar em primeira aproximação ao presente caso, é sempre de referir que quando se ajustam equações devem ser introduzidos parâmetros livres que permitam isolar erros sistemáticos das medidas experimentais tais como deslocamentos (*offsets*) dos sistemas de aquisição de dados.

Bases teóricas

Se considerarmos um êmbolo sem atrito a oscilar livremente (no plano vertical y) num cilindro de volume V_0 à pressão p , então a força exercida no mesmo ($F = m\ddot{y}$) corresponde à força da gravidade (mg), ou seja, o seu peso, subtraído da força devida à variação de pressão que se exerce na área do êmbolo ($F_r = A\Delta p$):

$$-mg + A\Delta p = m\ddot{y}$$

Ora a variação de pressão para pequenas variações de volume é dada por

$$\Delta p = \left. \frac{\partial p}{\partial V} \right|_{V=V_0} \Delta V$$

Se considerarmos o fenómeno suficientemente rápido não ocorrerão trocas de calor com o exterior (fenómeno adiabático), pelo que a expansão deve ser dada por

$$pV^\gamma = p_0V_0^\gamma, \quad p = \frac{p_0V_0^\gamma}{V^\gamma}$$

Das equações acima vem que:

$$\left. \frac{\partial p}{\partial V} \right|_{V=V_0} = -\gamma \frac{p_0V_0^\gamma}{V^{\gamma+1}} \Big|_{V=V_0} = -\gamma \frac{p_0}{V_0}$$

e

$$-mg + A \left(-\gamma \frac{p_0}{V_0} \Delta V \right) = m\ddot{y}$$

onde a variação de volume na posição y é $\Delta V = Ay$, pelo que, simplificando, se obtém

$$\ddot{y} + \gamma \frac{p_0A^2}{mV_0} y + g = 0$$

Se definirmos agora a frequência angular através de

$$\omega^2 = \gamma \frac{p_0A^2}{mV_0}$$

poderemos rescrever a equação simplificada como $\ddot{y} + \omega^2 y + g = 0$. Por fim, alterando a coordenada de origem para a posição de equilíbrio do êmbolo, facilmente se identifica esta equação com a equação do movimento dum oscilador harmónico sem atrito:

$$\ddot{y}' + \omega^2 y' = 0$$

com $y = y' - g/\omega^2$ e $\omega^2 = (2\pi/T)^2 = \gamma p_0 A^2 / mV_0$. Medindo o período de oscilação T ou o seu recíproco, a frequência, determina-se γ através de

$$\gamma = \frac{4mV_0}{p_0 r^4 T^2}$$

onde r é o raio interno da seringa.

Método de Rüchardt

De origem russa, Eduard Rüchardt foi um professor e físico alemão do início do século XX que se especializou nos raios de iões positivos, também designados à data por raios canais, mas que ficou conhecido pela sua contribuição pedagógica na termodinâmica com esta experiência, que usava nas suas aulas e que adoptou posteriormente o seu nome. Este é um exemplo notável como se podem inferir grandezas físicas importantes a partir de experiências simples e atualmente com elevado rigor, com o advento da tecnologia.

Conclusões

A base desta experiência – uma simples oscilação dum êmbolo quando se tapa uma seringa – é um bom exemplo de como as ideias nascem muitas vezes de forma completamente independente no espírito de cada um de nós [6]. Esta ideia teve origem numa brincadeira em criança e desenvolvida de forma completamente autónoma, até descobrir posteriormente os artigos relativos a Rüchardt. Refiro aqui os ensinamentos do Prof. José da Costa Cabral do Centro de Fusão Nuclear, que me ensinou a experimentar e só depois pesquisar nas referências bibliográficas, na tentativa de fazer qualquer coisa verdadeiramente original e não condicionada pelo status quo. Não foi este o caso pleno desta lição, mas já me serviu noutras situações.

Fica contudo demonstrado o didatismo numa experiência simples, mas de uma enorme riqueza, cuja tecnologia atual permite ir aos limites de erros inferiores a 1 %. Por outro lado, ainda se pode ir mais longe considerando como variáveis livres não só esse volume inicial mas também a pressão atmosférica, uma vez que esta pode ter variações da ordem de 1 %.

Devido à dependência em potências diferentes dos vários parâmetros, esta experiência aporta ainda uma grande riqueza no estudo da propagação dos erros pela determinação da sensibilidade de cada um relativamente ao seu parâmetro, levando a uma discussão de quais as medidas a que se deve dar particular atenção. No entanto, tal só fará sentido num curso onde a propagação de erros através de derivadas parciais possa ser realizado.



Nota biográfica

Horácio Fernandes é professor do Departamento de Física do Instituto Superior Técnico, onde lecciona cadeiras de Instrumentação Electrónica, Física Básica e Microcontroladores. É investigador no Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear, onde desenvolve trabalho científico em Fusão Nuclear na área da física experimental. Mantém igualmente uma regular participação em divulgação científica e interessa-se pela didática da física. Foi membro do *Technical Advisor Panel* da agência europeia para o ITER (F4E) e investigador coordenador numa atividade da IAEA. Desde 1999 desenvolve e mantém um laboratório de acesso remoto no IST com experiências deslocalizadas em várias escolas e centros de ciência, presentemente com cerca de 20 experiências *online*.

Referências

1. K. Weltner e P. Miranda, “Medição do calor específico do ar em sala de aula”, *Cad. Brás. Ens. Fís.* 19(2), 253-263 (2002).
2. S. W. Orchard e L. Glasser, “Ruchardt’s method for measuring the ratio of heat capacities of gases: A laboratory experiment in physical chemistry”, *J. Chem. Educ.* 65(9), 824 (1988).
3. E. Ayars, “Ruchardt’s measurement of γ using a ground-glass syringe”, *AAPT 2007 Summer meeting* (2007)
4. <http://www.e-lab.ist.eu> - acesso em 10/8/2016
5. <http://www.audacityteam.org/> - acesso em 10/8/2016
6. <https://birthofidea.tecnico.ulisboa.pt/#fernandes> - acesso em 10/8/2016

A calculadora gráfica e o exame de Física e Química A

Hugo Cunha¹, Noémia Félix¹, Manuela Tavares², Marta Rodrigues¹, Hugo do Carmo¹

1. Grupo de Física e Química, Escola Secundária de Camões, Praça José Fontana, 1050-129 Lisboa

2. Grupo de Física e Química, Escola Secundária José Gomes Ferreira, Rua José Sebastião e Silva, 1500-500 Lisboa

hugo.cunha@escamoes.pt; noemiefelix@escamoes.pt; maria.tavares@aebenfica.pt; martarodrigues@escamoes.pt; hugo_carmo@escamoes.pt

Resumo

A utilização de calculadoras gráficas é recomendada e incentivada no programa de Física e Química A. No entanto, um despacho da Direcção Geral de Educação proíbe o seu uso para o exame de 2017. Consideramos esta decisão polémica e apresentamos argumentos a rebatê-la.



Fig. 1 - Utilização de uma calculadora gráfica

A presente reflexão tem por base as instruções relativamente ao uso de calculadoras no exame de Física e Química A (FQ_A), para o ano de 2017 (ofício-circular S DGE/2016/3793 da Direcção Geral de Educação, DGE), a posição assumida pelos professores de FQ_A da Escola Secundária de Camões e responde ainda a argumentos apresentados pela Sociedade Portuguesa de Física (SPF) em resposta à posição assumida por alguns professores da Escola Secundária José Gomes Ferreira (ESJGF).

A utilização das novas tecnologias no ensino é um dos maiores desafios que se colocam aos professores pois, muitas vezes, os alunos dominam-nas melhor e de forma

mais eficiente do que os docentes. A sua utilização é recomendada e incentivada no programa de FQ_A [1], algo que pode ser comprovado pela sua consulta e do qual se apresentam algumas citações em anexo.

Apesar de nos parecer absurda a decisão de alterar as regras do uso da máquina de calcular (no segundo de dois anos de implementação do novo programa de FQ_A) que parecia tácito irem manter-se perante o silêncio da tutela, pois a utilização de calculadoras gráficas era imprescindível na resolução de exercícios em alguns exames dos últimos anos, não está aqui o cerne da nossa questão.

A política que permitiu a utilização de máquinas calcular gráficas nos exames nacionais, com as suas múltiplas valências, incentivou e possibilitou o desenvolvimento da autonomia dos alunos no uso deste tipo de engenhos, com evidentes proventos pedagógicos e até lúdicos, uma vez que a sua utilização nas provas de avaliação externa era um incentivo decisivo para uma otimização do seu manuseamento.

O ofício-circular da DGE [2], que proíbe a utilização das calculadoras gráficas, refere que “*em contexto de sala de aula, tal como preconiza o programa, a utilização de máquinas de calcular gráficas nas aulas de Física e Química A deve ser uma prática a considerar*”. Isto significa que os alunos podem utilizar a calculadora gráfica durante a frequência de dois anos mas não a podem utilizar durante o exame que vai avaliar os seus conhecimentos. Qual o sentido de ter uma calculadora gráfica, tecnologicamente mais avançada e com mais possibilidades, quando as operações necessárias para o exame têm de ser feitas numa calculadora científica? Perante o argumento de que os alunos podem sempre usar

a calculadora gráfica nas aulas, só não o podem fazer no exame, torna-se bastante evidente para a maioria dos professores que lecionam o secundário o inevitável desinvestimento na sua utilização pois, perante um programa extenso e variado, e na necessidade de fazer escolhas, vai preferir-se o que não aparece no exame ou nele não pode ser utilizado, ou seja, a máquina de calcular gráfica.

O comunicado da DGE refere ainda que “*é possível elaborar provas válidas e representativas do currículo da (...) disciplina sem que se utilizem as calculadoras gráficas*”. Sendo verdade que é possível elaborar provas válidas da disciplina, já não parece lícito afirmar que estas são representativas quando excluem um ponto essencial do próprio currículo: o recurso a calculadoras gráficas (ou *tablets*, ou *laptops*), referido nas páginas 5 e 6 do programa FQ_A.

Também não se compreende esta opção no quadro do atual programa de FQ_A, onde é dada prioridade à análise, compreensão e aplicação de conteúdos e conceitos em detrimento da sua memorização. Não se compreende de que forma os alunos podem ficar a saber mais e saírem mais bem preparados do secundário com esta decisão. Não se compreende onde está o Futuro nesta decisão. Num momento em que cada vez mais se discute o sistema de ensino da sala de aula com professor e se aposta no aumento da autonomia através do desenvolvimento de projetos pelos alunos, e quando as novas tecnologias respondem a tantas questões tão rapidamente que a nossa atenção pode ser canalizada para outros fins, parece definitivamente um passo atrás.

Em resposta (de 4 de Novembro de 2016 e enviada por correio eletrónico) às questões levantadas, pelos professores da ESJGF, a Divisão de Educação da SPF refere:

“No caso dos exames nacionais de Física e Química A, os recursos disponibilizados pela calculadora gráfica não são necessários à maior parte dos conhecimentos e capacidades que se pretende avaliar: conhecimento e compreensão de conceitos; compreensão das relações existentes entre conceitos, que permitiram estabelecer princípios, leis e teorias; aplicação dos conceitos e das relações entre eles a situações e a contextos diversificados; seleção, análise, interpretação e avaliação crítica de informação apresentada sob a forma de textos, de gráfico, de tabelas, entre outros suportes, sobre situações concretas de natureza diversa (por exemplo, relativas a atividades experimentais); produção e comunicação de raciocínios demonstrativos em situações e em contextos diversificados e comunicação de ideias por escrito. Parece-nos que o facto de os alunos não poderem utilizar calculadora gráfica não impede que os itens da prova de exame recorram menos

à memorização e mais à análise, compreensão e aplicação dos conceitos e das suas relações, incluindo questões sobre as atividades experimentais.”

Estamos de acordo que a não utilização de calculadora gráfica não impede que os alunos recorram menos à memorização e mais à análise mas será que o seu não uso incentiva a análise em detrimento da memorização?

Num outro parágrafo é referido:

“Verifica-se que as calculadoras gráficas são utilizadas pelos alunos, de modo generalizado, como fonte de informação, na maioria dos casos na forma de texto, sobre os conteúdos programáticos, incluindo diversas aplicações com informação sobre conceitos, princípios, leis e teorias. Existem muitos contextos, nomeadamente em sala de aula, em que este tipo de utilização é adequado às tarefas propostas pelo professor e aos problemas que o aluno tem que resolver. Todavia, o uso generalizado das calculadoras gráficas em todas as situações de aprendizagem e de avaliação, faz com que as atividades propostas aos alunos sejam realizadas com recurso a diversos documentos e aplicações, cuja natureza não pode ser controlada nem monitorizada, o que, em muitos casos, prejudica a qualidade das aprendizagens, uma vez que existem situações de aprendizagem, e também de avaliação, em que essa utilização é desadequada por impedir que o aluno adquira um conhecimento significativo. Há ainda que ter em consideração a desigualdade criada por termos alunos com modelos diferentes que têm disponíveis diferentes recursos (existem aplicações que correm apenas em certos modelos).”

Também aqui estamos de acordo relativamente a quase tudo. A utilização da calculadora gráfica como fonte de informação é uma das suas valências. Cabe a quem elabora as provas de exame construir questões que avaliem as aprendizagens dos alunos de forma a compreender se o seu conhecimento é ou não significativo; é isso que fazemos, enquanto docentes, ao elaborar os testes tendo perfeita consciência dos materiais que os alunos podem usar. Parece-nos exagerado afirmar que os alunos podem não adquirir aprendizagens significativas se usarem informação não presente no enunciado. Na verdade, um aluno que não tem interiorizados os conceitos vai gastar demasiado tempo à procura de informação significativa e, se a encontrar, provavelmente não saberá o que fazer com ela. O exame tem apenas 120 minutos mais 30 minutos de tolerância e não se coaduna com grandes pesquisas na calculadora. A questão do conhecimento significativo é particularmente interessante pois quem classifica exames nacionais e se depara com vários textos iguais retirados da calculadora gráfica, verifica que estes textos não respondem à questão concreta colocada e que, por isso, os alunos são classificados com zero pontos nessas questões.

Já a desigualdade relativamente aos diferentes modelos é uma falsa questão pois também nas calculadoras científicas existem vários modelos com valências diferentes; por exemplo alguns permitem resolver diretamente uma equação de segundo grau, outros não.

Estamos certos de que, a quem olhar de fora para esta decisão, pensará que as classificações dos exames têm sido inflacionadas pela utilização das calculadoras gráficas. No entanto, basta ver as médias para perceber que tal não é verdade. Na verdade, se até 2016 foi possível elaborar exames permitindo a utilização das calculadoras gráficas, porque deixou de o ser? O que mudou? Não estaremos a voltar a um passado de interditar por não sabermos como lidar com o futuro?

Resta-nos a esperança de que tudo não tenha passado de um mau entendimento do que é ensinar e aprender nos dias de hoje, seja Física, seja Química, ou outro qualquer ramo de conhecimento.

Referências

1. Ministério da Educação e Ciência, “Programa de Física e Química A - 10.º e 11.º anos” http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/programa_fqa_10_11.pdf
2. Direção Geral da Educação, “Utilização de Calculadoras Gráficas - Novo Programa de Física e Química A e novo Programa de Matemática A” http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/JNE/oficio_circular-s-dge-2016-3793.pdf

Anexo - Citações do Programa de Física e Química A

Pág. 5 (Orientações Gerais) – “O recurso a calculadoras gráficas (ou a *tablets*, ou a *laptops*) ajudará a ultrapassar alguns desses constrangimentos, cabendo ao professor, quando necessário, introduzir os procedimentos de boa utilização desses equipamentos.”

Pág. 26 (Desenvolvimento do programa – Trabalho prático-laboratorial) – “Certas atividades requerem o traçado de gráficos e de retas de ajuste aos dados experimentais, pelo que os alunos devem, nesses casos, recorrer a calculadora gráfica (ou equivalente).”

Págs. 65, 66 (Metas transversais a todas as atividades [laboratoriais] - Aprendizagem do tipo conceptual):

“18. Construir gráficos a partir de listas de dados, utilizando papel ou suportes digitais.”

“20. Aplicar conhecimentos de estatística no tratamento de dados experimentais em modelos lineares, identificando as grandezas físicas na equação da reta de regressão.”

“21. Determinar valores de grandezas, não obtidos experimentalmente, a partir da equação de uma reta de regressão.”

Pág. 69 (AL 1.2 – Física 10.º ano):

“2. Construir e interpretar o gráfico da primeira altura de ressalto em função da altura de queda, traçar a reta que melhor se ajusta aos dados experimentais e obter a sua equação.”

“3. Prever, a partir da equação da reta de regressão, a altura do primeiro ressalto para uma altura de queda não medida.”

“7. Comparar energias dissipadas na colisão de uma mesma bola com diferentes superfícies, ou de bolas diferentes na mesma superfície, a partir dos declives das retas de regressão de gráficos da altura de ressalto em função da altura de queda.”

Pág. 70 (AL 2.1 – Física 10.º Ano):

“3. Construir e interpretar o gráfico da diferença de potencial elétrico nos terminais de uma pilha em função da corrente elétrica (curva característica), traçar a reta que melhor se ajusta aos dados experimentais e obter a sua equação.”

“4. Determinar a força eletromotriz e a resistência interna de um gerador a partir da equação da reta de ajuste.”

Pág. 70 (AL 3.2 – Física 10.º Ano):

“4. Construir e interpretar o gráfico da variação de temperatura de um material em função da energia fornecida, traçar a reta que melhor se ajusta aos dados experimentais e obter a sua equação.”

“5. Determinar a capacidade térmica mássica do material a partir da reta de ajuste e avaliar a exatidão do resultado a partir do erro percentual.”

Pág. 73 (AL 1.3. – Física 11.º Ano) – “5. Construir o gráfico do quadrado da velocidade em função do deslocamento, determinar a equação da reta de regressão e calcular a aceleração do movimento.”

Pág. 74 (AL 3.1. – Física 11.º Ano) – “4. Construir o gráfico do seno do ângulo de refração em função do seno do ângulo de incidência, determinar a equação da reta de ajuste e, a partir do seu declive, calcular o índice de refração do meio em relação ao ar.”

Calculadoras gráficas – parecer das sociedades científicas

A Petição Nº 202/XIII/2 – “Solicita intervenção com vista à aprovação do uso de calculadora gráfica em exame do ensino secundário” está em apreciação na Assembleia da República, tendo sido solicitados pareceres a diversas entidades.¹ Em resposta a esse pedido, no passado dia 10 de Janeiro de 2017 as sociedades portuguesas de Física (SPF), Matemática (SPM) e Química (SPQ) endereçaram ao presidente da Comissão Parlamentar de Educação e Ciência, Prof. Doutor Alexandre Quintanilha, um parecer conjunto que aqui transcrevemos.

As Sociedades Científicas de Física e Química têm tomado posições públicas a que a Sociedade Portuguesa de Matemática junta a sua voz em relação ao uso de calculadoras gráficas e que, de uma forma sintética, se encontram plasmadas na seguinte afirmação:

“A calculadora gráfica, tal como os manuais escolares, é para utilização em contexto de aprendizagem em sala de aula. No Exame Final Nacional de Física e Química A a utilização destes meios desvirtua o processo avaliativo. Contudo, para eliminar os constrangimentos associados ao cálculo numérico, permite-se o recurso à calculadora científica já anteriormente utilizada pelos alunos no ensino básico.”

No entanto, o pedido de parecer que nos foi solicitado pela Comissão a que Preside, exige uma análise mais detalhada do problema em causa.

A nossa posição segue a tendência internacional de alguns sistemas de ensino de referência dos quais, pela sua clareza, transcrevemos a explicação² dada no seu local na rede da Cambridge International Examinations [1]:

¹ Cf. (página consultada a 25 de Janeiro de 2017): <https://www.parlamento.pt/ActividadeParlamentar/Paginas/DetailhePeticao.aspx?BID=12883>

² Em inglês no original (N. do Ed.).

Why can graphic calculators not be used in Cambridge exams (unless stated otherwise in the syllabus)?

Whilst graphical calculators are indeed an excellent tool for students to use in class, as part of our assessment we often assess the candidate's ability to plot graphs accurately, that they understand how to draw a best-fit line, and can correctly calculate a gradient showing their working. These are basic skills, which would not be assessed if candidates were to return an answer from their calculator.

É por causa desta ênfase na utilização na sala de aula que começamos por desmistificar uma das afirmações da peticionária:

“...como também terá um peso no orçamento dos encarregados de educação, pois para adquirirem uma calculadora gráfica tiveram de dispensar 150 a 200 euros, dinheiro esse que não compensou ser gasto se não será dado uso à mesma...”

Resulta óbvio que a peticionária não percebeu o intuito do Ofício Circular S-DGE/2016/3793 em que, claramente, se informa as escolas que no âmbito da implementação do novo programa da disciplina de Física e Química A - Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias - “em contexto de sala de aula, a utilização de máquinas de calcular gráficas deve ser uma prática a considerar.”

As máquinas de calcular gráficas podem e são instrumentos fundamentais de aprendizagem, estando a sua utilização apenas limitada ao curto período de tempo do exame. Não cremos que os encarregados de educação considerem um mau investimento o dinheiro gasto em manuais escolares, que também são proibidos nos exames.

Lembramos, também, que às atuais calculadoras gráficas pode ser adaptado um vasto conteúdo de sensores (medidores de pH, temperatura, etc.), o que as torna extraordinárias ferramentas para a componente experimental da disciplina. O bom senso indica que ninguém está à espera que se deixe de investir na restante

tecnologia usada nas aulas laboratoriais, porque também não se leva para a sala de exame escrito.

A calculadora gráfica é um *facilitador* que ajuda a tirar melhor partido das competências adquiridas. O seu uso em exame impede que se avalie o nível atingido pelo aluno no domínio dessas competências. Usar uma calculadora gráfica com os atuais modelos de exame é como autorizar a utilização de um corretor ortográfico nas provas de escrita do primeiro ciclo do ensino básico.

Para além dos aspetos acima mencionados, as Sociedades Científicas não querem deixar de manifestar um segundo conjunto de razões associadas à interdição das calculadoras gráficas em exames e que derivam das suas características. Os alunos com capacidades económicas elevadas estarão beneficiados, pois terão acesso a máquinas com características que outros só podem sonhar, em particular, no que diz respeito à capacidade para apresentação de figuras e texto a partir de informação contida em unidades de memória.

Os alunos podem guardar nas memórias ROM e RAM, de dezenas de *megabytes*, toda a informação relevante dos manuais. Corre-se o risco de passar a haver “cábulas” organizadas para exames específicos por profissionais da área da educação como os “explicadores” e centros de estudo. Este tipo de comportamento porá em sérias desvantagens os alunos que não possam ter acesso a esse material (especialmente por desvantagem económica ou social).

Em síntese, na opinião das Sociedades Científicas a proposta da peticionária deve ser indeferida por:

- i) No atual modelo de exames, o uso de calculadora gráfica impede a correta avaliação das competências a adquirir pelo aluno.
- ii) Não está em causa o uso de novas tecnologias nos processos de aprendizagem no ensino secundário, pois a calculadora gráfica é não só recomendada como o seu uso é considerado essencial à componente experimental de algumas disciplinas. O processo de aprendizagem evolui ao longo dos três anos do secundário e, durante o triénio, apenas é interdito o uso da calculadora gráfica no dia do exame.
- iii) Para efeitos dos conceitos a avaliar nas disciplinas questionadas pela peticionária, a calculadora científica possui todas as funções necessárias, e os alunos já estão familiarizados com essas calculadoras que usaram e possuem desde o 3.º ciclo do ensino básico. Não existe assim qualquer investimento adicional dos encarregados de educação.
- iv) A evolução tecnológica introduziu características nas calculadoras gráficas que impedem a garantia de igualdade de oportunidades (só as mais avançadas e caras possuem certos requisitos de software e hardware) aos alunos, não garantindo que o ato avaliativo decorre de forma justa.

Esperando ter sido claros e disponíveis para qualquer escla-

recimento adicional, apresentamos a V. Ex.^a os nossos melhores cumprimentos.

Prof. Doutor Adelino Galvão
Secretário-Geral da SPQ

Prof.^a Doutora M.^a Conceição Abreu
Presidente da SPF

Prof. Doutor Jorge Buescu
Presidente da SPM

PhysikUP

O Núcleo de estudantes de Física, Engenharia Física e Astronomia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Sofia Ferreira Teixeira

Presidente da Direção do PhysikUP e Aluna de Mestrado em Física Experimental na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

sofialuisaft@gmail.com / up201202556@fc.up.pt / nefdfa@gmail.com

No passado ano letivo 2015/2016, a Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP) ganhou um novo núcleo de estudantes, o Núcleo de Estudantes de Física, Engenharia Física e Astronomia. Seguindo as pisadas de outras faculdades e Universidades, os estudantes do Departamento de Física e Astronomia (DFA) da FCUP sentiram a necessidade da existência de um órgão independente que os representasse perante professores, colegas, a universidade, o país e até internacionalmente; que promovesse a comunicação entre os diversos estudantes do DFA; que organizasse eventos que contribuíssem para a formação e lazer dos estudantes; que divulgasse diversas informações como eventos nacionais e internacionais; e que levasse a física além das fronteiras das universidades.

Assim, os estudantes de física do Porto decidiram formar um núcleo com raiz no DFA, cujo nome era NEF/DFA. Desde a sua formação, tem organizado e promovido diversas atividades. Mostrou aos estudantes do DFA o que se faz de melhor no seu departamento e quem são os seus professores, por exemplo. Também já organizou visitas a várias empresas de modo a dar a conhecer aos estudantes as diversas opções que têm no seu futuro e aos empregadores o que um físico ou engenheiro físico pode fazer. Organiza atividades de lazer e de integração dos estudantes como *quizzes* e sessões de cinema e criou a primeira revista do DFA, *Cause&Effect*, com o intuito de levar aos estudantes diversos temas de interesse tanto científico como geral.

Além de atividades de carácter local, já colaborou com outros núcleos de estudantes de física e com a SPF. Organizou em conjunto com o NEFUM (Núcleo de Estudantes de Física da Universidade



Alguns dos estudantes que dedicam parte do seu tempo ao núcleo PhysikUP.

do Minho) a sessão de debate *Sou Físico; e Agora?* que decorreu na Física 2016, no passado mês de setembro. Com o apoio da SPF e da IAPS (International Association of Physics Students), organizou o *IAPS School Day* no passado dia 10 de novembro. Foi um dia em que vários estudantes de física em todo o mundo, visitaram escolas e apresentaram várias demonstrações de física e sobre o que é ser físico a alunos dos ensinos básico e do secundário. Em Portugal, visitaram-se duas escolas, uma em Vila Nova de Famalicão, no distrito de Braga, e outra em Matosinhos, no distrito do Porto. As visitas foram um grande sucesso e será uma atividade a ser repetida no futuro.

Após todo este trabalho, o Núcleo de Estudantes de Física, Engenharia Física e Astronomia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto será oficial no início de 2017 e ganhará uma nova cara e nome: PhysikUP. Atividades e eventos de interesse aos estudantes de física do Porto e de todo o país continuarão a ser organizadas. Mais visitas a

escolas serão marcadas e para isso, caso queira que visitemos a sua escola, contacte-nos através de nucleodfa@gmail.com. Caso tenha alguma ideia de alguma atividade ou evento, também não hesite em contactar-nos.

Pela Física!, os estudantes de física do Porto.

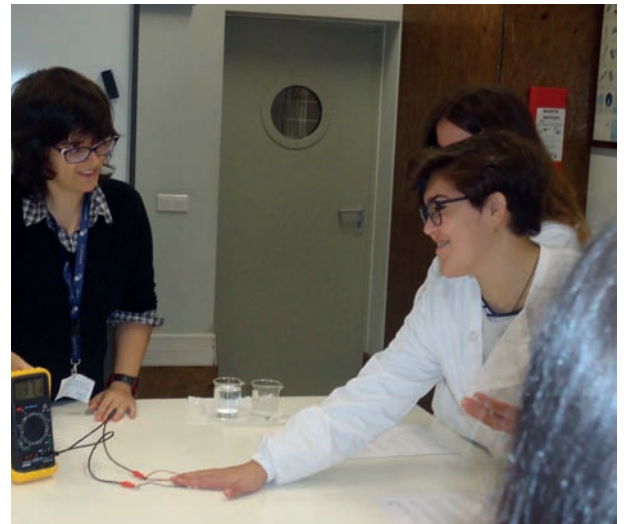
Facebook: www.facebook.com/nefdafa



IAPS School Day, Visita às escolas - 10 de Novembro de 2016



IAPS School Day, Visita às escolas - 10 de Novembro de 2016



IAPS School Day, Visita às escolas - 10 de Novembro de 2016



IAPS School Day, Visita às escolas - 10 de Novembro de 2016



IAPS School Day, Visita às escolas - 10 de Novembro de 2016



Os Jesuítas e a ciência

Carlos Fiolhais

Os jesuítas, que protagonizaram, nos séculos XVI e XVII, o primeiro processo de globalização, sempre se destacaram na educação e na ciência. O padre alemão Christophorus Clavius foi aluno do Colégio das Artes, anexo à Universidade de Coimbra, antes de se tornar o maior astrónomo da época entre Copérnico e Galileu. Entre outras obras, deixou-nos uma tradução latina profusamente comentada de *Os Elementos* de Euclides. O padre italiano Matteo Ricci, um discípulo de Clavius que estudou português em Coimbra antes de partir para a China, onde se notabilizou como grande transmissor da ciência moderna: foi ele que traduziu para mandarim não só *Os Elementos* mas também algumas obras matemáticas de Clavius. O padre português João Rodrigues escreveu do Oriente aos seus superiores em Roma: “Mandem-nos livros de matemática em grande quantidade.” E o padre português Cristóvão Ferreira, que é uma das figuras historicamente verídicas do mais recente filme de Martin Scorsese *Silêncio*, que descreve a sanguinária perseguição aos cristãos no Japão no século XVII, tinha bons conhecimentos científicos, tendo escrito após a sua apostasia tratados de astronomia e de medicina que descrevem a ciência ocidental.

Começa hoje a haver a percepção nítida da grave perda que adveio para a educação e a ciência nacionais da expulsão dos jesuítas pelo Marquês de Pombal em 1759 e o fim da vasta rede de colégios na metrópole e no ultramar. Mas, nos esforços de restauração da Ordem entre nós empreendidos pelo padre Carlos João Rademaker, a fundação dos colégios de Campolide de São Fiel, respectivamente em Lisboa (1858) e em Louriçal do Campo, Castelo Branco (1863), representou um forte reinvestimento na educação e na ciência, como bem

lembra Francisco Romeiras neste número da *Gazeta de Física*. O ensino experimental da física foi aí praticado graças à criação de laboratórios, observatórios (um astronómico em Campolide e outro meteorológico em São Fiel) e academias, para já não falar da realização expedições astronómicas a território espanhol para observação de eclipses solares. O único Prémio Nobel português em ciências, António Egas Moniz, estudou em São Fiel.

O nome de um físico do final do século XIX e início do século XX que merece ser mais conhecido é o do padre António Oliveira Pinto, que organizou o Instituto de Ciências Naturais do Colégio de Campolide e a secção de Ciências da academia desse Colégio. Discípulo de Madame Curie, foi um dos pioneiros em Portugal dos estudos da radioactividade, ao investigar a radioactividade das águas minerais. Uma curiosíssima fotografia do arquivo da Companhia de Jesus publicada no artigo de Romeiras mostra um grupo de estudantes jesuítas que parecem tocar instrumentos de Física como se fossem instrumentos de música, uma “orquestra de física”, portanto, no Colégio de São Francisco, em Setúbal, no ano lectivo de 1892-1893. Um dos noviços, o do telescópio, é precisamente Oliveira Pinto.

O interesse dos jesuítas pela astronomia continua nos dias de hoje. O Observatório do Vaticano, um dos mais antigos do mundo pois foi fundado em 1572 pelo papa Gregório XIII (que instaurou o calendário gregoriano, preparado por Clavius e ainda em vigor), é actualmente dirigido por um jesuíta, o americano Guy Consolmagno. Consolmagno, o autor de *A Mecânica de Deus* (Europa-América, 2009), recebeu em 2014 a medalha Carl Sagan, da Sociedade Astronómica Americana, pelas suas extraordinárias actividades de comunicação ao público em geral das ciências planetárias. Quer dizer, os jesuítas, tal como noutros tempos, continuam não só a praticar a ciência como a espalhar cultura científica.

Por opção pessoal, o autor do texto não escreve segundo o novo Acordo Ortográfico.

Consegues equilibrar *um triângulo na ponta dum lápis?*

Constança Providência

Material:

- Fio e colher
- Cartão
- Tesoura
- Compasso
- Esquadro e régua
- Lápis
- Clipe

Encontra o centro de massa!

Certamente já tentaste equilibrar um objeto na ponta dum dedo, mas não é fácil. Nesta experiência simples, ensinamos-te a equilibrar um objeto plano com uma forma qualquer na ponta de um lápis! Prepara-te e poderás fazer um número de circo!



Corta de um pedaço de cartão um quadrado, um retângulo, um círculo e um triângulo, como na Figura 1. Verifica se consegues equilibrar estas figuras geométricas na ponta dum lápis, ou, para ser mais fácil, na outra extremidade.

Se tiveres um lápis com uma borracha usa o lado da borracha e verás que isso ajuda. Conseguieste?



Figura 1

O ponto que debes apoiar sobre o lápis é o centro de cada uma das figuras. É o seu centro de massa. A massa do objeto distribui-se simetricamente relativamente àquele ponto. No caso do círculo, o centro de massa é o ponto onde espetaste o compasso. O centro do quadrado e do rectângulo é o ponto onde se cruzam as duas diagonais, que obténs unindo vértices opostos, como se mostra na Figura 2. Determina a posição desses pontos. Apoia o centro de massa sobre a extremidade do lápis e verás como consegues manter as figuras equilibradas no topo do lápis, sem caírem. Mas basta afastares um pouco o lápis do ponto “mágico”, o centro de massa da figura, para ela cair. Verifica.

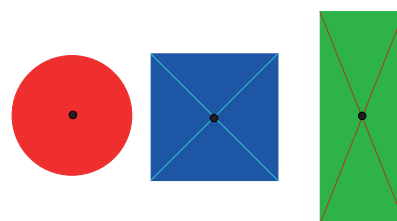


Figura 2

E o triângulo, sabes encontrar o seu centro? Usando uma régua determina o meio de cada aresta. Une cada um destes pontos ao vértice oposto.

Verás que as três linhas se cruzam num único ponto, precisamente o seu centro de massa, como na Figura 3. Já consegues equilibrar o triângulo?

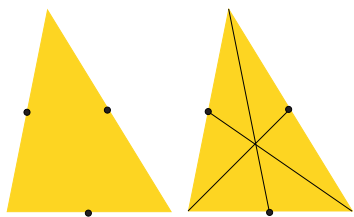


Figura 3

E se o objeto tiver uma forma não simétrica como a da Figura 4, como encontrar o seu centro de massa?

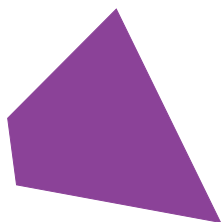


Figura 4

Existe uma técnica muito simples. Ata um fio a uma colher ou outro objeto com algum peso, por exemplo a tua borracha. Na outra extremidade faz um laço e enfia-o num clipe. Agora faz um pequeno buraco próximo da borda da figura e enfia o clipe no buraco. Se não quiseres furar a figura, utiliza um pouco de fita-cola e faz o buraco na fita-cola mesmo encostado à borda da figura. Segurando pelo clipe, deixa o fio e a figura pendentes e pede a um colega que marque a direção do fio sobre a figura – basta fazer um pequeno traço no seu centro. Tem em atenção que o buraco onde enfias o clipe deve ser suficientemente grande para que o objeto tenha liberdade de rodar e escolher a posição de equilíbrio! Só assim este método funciona. Escolhe agora outro ponto na borda da figura e depois de teres feito um pequeno buraco enfia o clipe e repete a operação marcando sobre a figura a direção do fio. Este novo traço deve-se ter cruzado com o anterior. Se voltares a repetir esta operação escolhendo um terceiro ponto para enfiar o clipe obterás um novo traço que vai cruzar-se com os outros dois

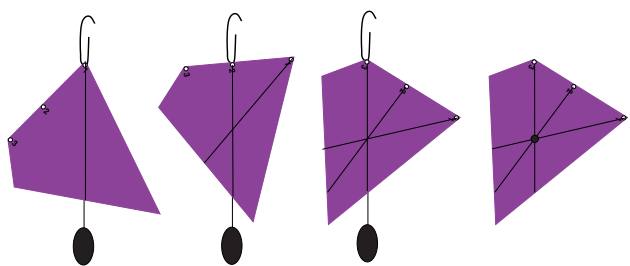


Figura 5

anteriores precisamente no mesmo ponto, como se vê na Figura 5. E agora já consegues equilibrar a tua figura de forma irregular? Podes fazer o mesmo com qualquer outra forma por exemplo a de um animal.

Se determinares o centro de massa com muito cuidado talvez consigas equilibrar a figura na ponta do lápis. Mas se não conseguires é normal. Em todos os processos experimentais introduzimos alguns erros que não é possível eliminar, e, por isso, poderás não ter determinado o centro de massa com a precisão necessária, mas apenas a sua posição a menos de um pequeno erro. Se consegues equilibrar a figura na extremidade não afiada do lápis podes dizer que o erro com que determinaste o centro de massa é menor que a área da extremidade do teu lápis.



Figura 6

O Jazz da Física – a ligação secreta entre a música e a estrutura do universo

Gonçalo Figueira

Perguntaram certa vez a Albert Einstein como lhe tinha ocorrido a ideia da teoria da relatividade geral. Einstein, que além de físico era músico amador, dominando o violino e o piano com destreza, respondeu que lhe “ocorreu por intuição, e a música é a força motriz por trás dessa intuição. A minha descoberta é resultado da minha percepção musical”. Noutra ocasião, revelou a um amigo que “todos os grandes feitos da ciência devem começar a partir do conhecimento intuitivo. Acredito na intuição e na inspiração... às vezes sinto que estou certo mesmo sem conhecer a razão”. Já John Coltrane, considerado por muitos como o maior saxofonista de jazz de sempre, foi mais prático ao afirmar “que se lixem as regras, o que conta é o sentimento”.

A carreira científica de Stephon Alexander, físico, saxofonista e autor de *O Jazz da Física*, provavelmente começou no dia em que teve a primeira aula de física do secundário. Para espanto do seu professor, intuiu correctamente o princípio da conservação de energia, antes de o compreender através de equações. O professor, Daniel Kaplan, convidou-o passar pelo seu gabinete para falarem mais. Conta o autor que, quando entrou, “havia uma fotografia enorme de Albert Einstein e, do lado oposto, outra de John Coltrane. Foi a primeira vez que os vi juntos”. E foi certamente este encontro casual entre música, ciência, intuição e equações que traçou o caminho duplo que Alexander veio a percorrer. *O Jazz da Física* é, em parte, livro de divulgação, mas também autobiografia e uma homenagem a todos os mestres de ambos os quadrantes que o autor encontrou neste caminho.

O livro é em boa parte a história do seu crescimento enquanto cientista que luta com inseguranças e preconceitos, e a quem o jazz serve de refúgio. Esta dualidade leva-o a um conflito interior: como conseguir conciliar a exigência dos estudos de doutoramento e pós-doutoramento, num clima competitivo, com noites seguidas a tocar ao vivo? Mas foi deste modo que, tal como Einstein, percebeu o quanto a música podia ser um processo criativo e ins-



O Jazz da Física: A ligação secreta entre a música e a estrutura do universo

Stephon Alexander

Editorial Gradiva, 2016

ISBN: 978-989-616-739-4

pirador. Deu por ele a pensar nos seus cálculos e equações no meio das actuações, e a discutir cosmologia com os desconcertados colegas da banda. Já o contrário, comentar a sua faceta musical aos colegas físicos, causava-lhe embaraço.

Numa noite de epifania, Alexander apercebeu-se de que as ligações íntimas entre a música e a ciência – em particular, entre o jazz e a cosmologia, a sua área de estudo – lhe abriam portas para mundos inexplorados. Ao contrário de ser uma distração, a sua intuição musical, adquirida em inúmeras horas de ensaios e improvisações, veio a revelar-se uma “força motriz” insuspeita. As suas duas carreiras acabaram por se fundir numa, graças a este cruzamento fértil.

Mas *O Jazz da Física* é mais do que esta descoberta. Ao longo de 18 capítulos, somos levados da pitagórica harmonia das esferas à descoberta das leis de Kepler, do círculo de quintas à estrutura dos solos de Coltrane, das transformadas de Fourier aos métodos composicionais de Brian Eno, e das flutuações quânticas do cosmo primitivo à estrutura em larga escala do universo. Sobretudo, a intenção do autor é encontrar analogias entre temas aparentemente tão díspares, e consegue-o fazer de modo simples, elegante e inspirador. Alexander é um divulgador talentoso, e o livro é de leitura agradável e cativante. Os últimos capítulos, quando aborda os seus trabalhos mais recentes, tornam-se porventura um pouco mais difíceis de acompanhar em detalhe, dada a complexidade adicional. É nestes que emerge o que o sub-título promove (quase com ressonâncias místicas) como “a ligação secreta entre a música e a estrutura do universo”. Mais uma vez, a analogia é poderosa: imagine-se um inspirado Coltrane a tocar *Giant Steps*, que a cada “volta” muda ligeiramente as notas da sua improvisação, e extrapole-se para as condições iniciais de um universo cíclico descrito pelas equações de Einstein...

Stephon Alexander não só consegue conciliar as suas duas paixões como, ao cruzá-las, deu origem a um todo maior do que a soma das partes, que nos descreve neste livro. João Magueijo, que apadrinhou o seu lançamento em Portugal em Outubro passado, descreve-o assim: “cria uma nova e poderosa ressonância, juntando o improviso jazzístico com a volátil personalidade da mecânica quântica, fazendo vibrar as fronteiras da cosmologia e da gravidade quântica como em nenhum outro livro”.

É sobretudo uma celebração da música e da ciência, da analogia e da imaginação, da persistência e da paixão, e de como a intuição muitas vezes é mais fértil do que o raciocínio. Como diz o autor, afinal se o Universo improvisa, por que não o faremos nós?

Por opção pessoal, o autor do texto não escreve segundo o novo Acordo Ortográfico.



Hiperespaço: Uma odisseia científica através de universos paralelos, de dobras temporais e da 10.ª dimensão

Michio Kaku

Editorial Bizâncio, 2016

ISBN: 978-972-530-580-5



Seis breves apontamentos de cosmologia contemporânea

Orfeu Bertolami e Jorge Páramos

U. Porto Editorial, 2016

ISBN: 978-989-746-086-9

Olimpíadas Internacionais da Física 2018

Portugal vai organizar a 49.^a Olimpíada Internacional de Física, International Physics Olympiad – IPhO'18, que decorrerá em Lisboa de 21 a 28 de julho de 2018. Esta é a maior competição de Física para jovens pré-universitários e uma das maiores competições globais de ciência. Portugal participou pela primeira vez na IPhO em 1993, na qualidade de observador e, no ano seguinte, já competiu com uma equipa.

Os estatutos da IPhO obrigam os países participantes a comprometerem-se a organizar o evento numa data a definir pelo seu *International Board*. O Governo da República Portuguesa entregou formalmente no ano 2000 o pedido de organização da IPhO em Portugal, tendo-lhe sido atribuída a responsabilidade de organizar a olimpíada do ano de 2018. Esta intenção foi reiterada formalmente em 2013 e, mais recentemente, em 2015, em carta endereçada pelos Srs. Ministros da Educação e da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior ao *International Board*, tendo delegado na SPF a organização da olimpíada.

Decorrem nesta altura os preparativos deste exigente evento, só comparável, ao nível do número de países e participantes envolvidos, a uma grande competição desportiva. O evento tem a duração de uma semana e contempla duas provas muito exigentes – uma teórica e uma experimental – ambas com a duração de cinco horas. O comité académico, que tem a seu cargo a produção das provas, é dirigido pelo Prof. Manuel Fiolhais, do Departamento de Física da Universidade de Coimbra, contando com a colaboração de uma equipa com membros de várias universidades.

A coordenação da IPhO'18 está a cargo do Prof. José António Paixão, vice-presidente da SPF e também professor da Universidade de Coimbra. No portal da IPhO'18 pode ser consultada mais informação sobre a competição, que mobilizará uma fração significativa dos físicos e estudantes de física portugueses. A SPF conta com a colaboração da comunidade para que este evento seja um grande sucesso e contribua para a divulgação da Física, o despertar de vocações e a captação de jovens talentos.

Para saber mais: <http://ipho2018.pt>



XVII ENEC 2017 • I SIEC Educação em Ciências em múltiplos contextos

Ana Peixoto

Nos dias 14, 15 e 16 de setembro de 2017 realizar-se-á na Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Viana do Castelo o XVII Encontro Nacional de Educação em Ciências (XVII ENEC) | I Seminário Internacional de Educação em Ciências (I SIEC).



Na sua XVII edição, o ENEC mantém a imagem de marca ao ser organizado bianualmente e alternadamente numa Universidade e num Instituto Politécnico. Pela primeira vez, é promovido pela Associação Portuguesa de Educação em Ciências (APEduC) criada em 2015 e abre-se a novos públicos com a organização do I SIEC.

Na continuação do anterior ENEC, será realizada a II Escola de Doutoramento ENEC, mantendo os objetivos de criar um espaço para partilhar e discutir projetos de investigação em curso.

É com grande satisfação que convidamos professores, educadores e investigadores a participar no XVII ENEC e I SIEC, para apresentarem e discutirem trabalhos de investigação no âmbito da Educação em Ciências, com especial relevo para os que se centrem na Educação em Ciências em múltiplos contextos.

A problemática do encontro alicerça-se numa Educação em Ciências aberta ao mundo, que relacione conhecimentos específicos com questões locais e globais, que construa pontes com outras áreas disciplinares e não se restrinja à sala de aula, socorrendo-se de ambientes educativos que estimulem saberes e sentires coerentes com a promoção do desenvolvimento sustentável.

Comemoração dos 30 anos da LEFT/MEFT

Teve lugar no passado mês de dezembro a cerimónia que lança as comemorações do 30.º aniversário da Licenciatura / Mestrado em Eng. Física Tecnológica (LEFT/MEFT, respectivamente) do Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa. Este curso, recorde-se, alcançou em 2016 o primeiro lugar no ranking geral das médias de entrada de cursos de ensino superior em Portugal, um feito inédito para um curso de física.

A LEFT começou por atrair alunos vindos de outros cursos, tendo esse grupo pioneiro concluído a licenciatura em 1987. Em 1990 licenciaram-se os primeiros alunos a realizarem uma licenciatura integralmente em Eng. Física Tecnológica.

A comemoração contou com mais de duzentos participantes, entre alunos, alumni, docentes e funcionários do Dep. Física. Foram apresentados testemunhos de alunos, ex-alunos e docentes relacionados com as várias gerações do curso, e os alunos do 5.º ano aproveitaram a ocasião para proferir o Juramento dos Finalistas.

O dia encerrou com um jantar comemorativo, testemunhos adicionais e entrega de prémios a professores do curso.



Notícias da SPF

Projecto MEDEA

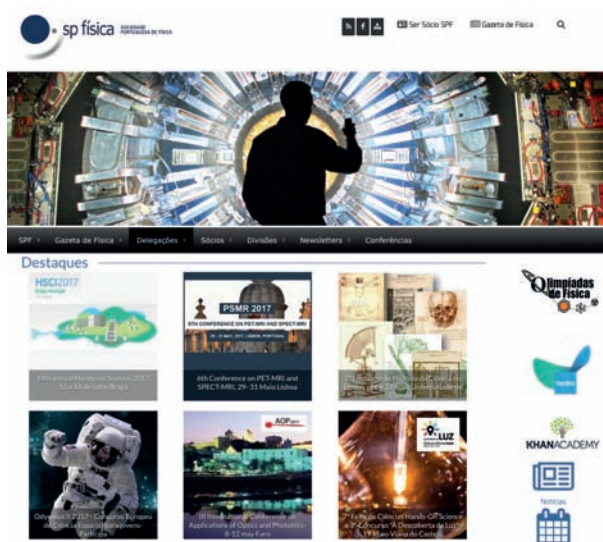
Está igualmente a decorrer a 8.ª edição do Projecto MEDEA, correspondendo ao ano 2016/17. Foram já seleccionadas as 25 equipas participantes que receberão o equipamento para efectuarem as medições. O projecto teve início a 1 de Fevereiro, prolongando-se por 22 semanas.

Para mais informações: <http://medea.spf.pt/>

Nova página web da SPF

Foi inaugurada no final do ano passado a nova página web da Sociedade Portuguesa de Física. Com uma organização melhorada e um design mais leve em relação à anterior, é agora mais fácil encontrar informação, que também está mais atualizada.

Além da página principal da SPF, também as páginas das Divisões vão começar a ser adaptadas para o novo design, com novas páginas a serem criadas em breve.



Olimpíadas de Física

Está a iniciar-se mais um ciclo das Olimpíadas Portuguesas de Física. Decorre durante o mês de Fevereiro a Fase de Escola, com a Fase Regional agendada para 29 de Abril e a Fase Nacional, em Lisboa, a ter lugar nos dias 2 e 3 de Junho.

Para mais informações: <http://olimpiadas.spf.pt/>



Correspondência

Caro Editor: No último número da *Gazeta de Física*, que acabo de ler com agrado, deparei-me com um artigo de índole experimental que não posso deixar de comentar. O artigo “Como estimar a incerteza no declive a partir do coeficiente de Pearson” [1] deriva numa forma muito sucinta a relação do R^2 com o erro do declive dum ajuste linear experimental. Contudo, devido à natureza didática do mesmo tenho de chamar a atenção para dois factos, um de natureza científica e outro pedagógico.

Com efeito, os autores atribuem ao “erro padrão” (também designado por “erro padrão da média”) a designação de “desvio padrão”, cujo significado matemático está precisamente definido e não corresponde ao sentido atribuído pelos autores, inclusive quando propagam o erro às grandezas indiretas. Seria bom que este artigo fosse complementado pela necessária análise do χ^2 como estimador da qualidade do ajuste (*goodness-of-fit*) em função da aplicação da máxima verosimilhança, tal como descrito na Ref. [2].

Por outro lado, chamo a atenção da adaptação de referências a textos sem uma crítica ao trabalho efetuado. Ainda na Ref. 2, os autores buscaram a inspiração para o problema abordado – que reputo de interessante – mas gostaria de chamar a atenção que porventura seria muito mais didático apresentar não o gráfico de $I(V)$ como proposto por I. F. Hughes, mas sim o gráfico $V(I)$.

Efetivamente, do gráfico $V(I)$ decorre que o valor do declive é ele próprio o valor da resistência, o que simplifica quer a matemática associada ao problema, quer a compreensão do fenómeno pelos alunos (novamente recordo que este artigo se destina ao ensino de física básica). Desta forma, até o raciocínio dos autores sairia clarificado na Eq. 9 (minha numeração por ausência no texto).

Por outro lado, o gráfico $V(I)$ é que tem um verdadeiro significado físico, pois o potencial aos terminais da resistência decorre da corrente aplicada, que é a realidade física (cargas em movimento). Penso assim ser a maneira fisicamente correta de abordar o problema a alunos do Ensino Secundário ou no início da Universidade.

Finalmente, gostaria de ter visto o erro padrão calculado através da convencional propagação do erro e a sua confrontação com o cálculo através do método do R^2 ; fica aqui o desafio aos autores.

Horácio Fernandes
Departamento de Física, Instituto Superior Técnico, Lisboa

Referências

1. M. R. Silva, P. Martín-Ramos, P. S. P. Da Silva, *Gazeta de Física* 39(3), pg. 11
2. I. F. Hughes, T. P. A. Hase, *Measurements and their Uncertainties, A Practical Guide to Modern Error Analysis*, Oxford University Press, Oxford (2010)

Resposta dos autores

Uma das características simpáticas da *Gazeta de Física* é a de existir comunicação entre os autores e os seus leitores, permitindo que os autores relatem as motivações e os sentimentos que estão por detrás de um artigo, processo que é muito raro em revistas de Física mais especializadas. Para responder diretamente ao leitor que nos interpela, queremos dizer que, efetivamente, o desvio padrão a que nos referimos no artigo é o desvio padrão da média, também chamado erro padrão da média, ou erro padrão. O desvio padrão da média calcula-se a partir do desvio padrão usando a simples relação $DPM = DP/\sqrt{N}$.

A inspiração para este artigo surgiu há muitos anos atrás, quando foram introduzidas, no programa de Física dos liceus, experiências feitas com sensores ligados às calculadoras científicas. Nessa altura, o Departamento de Física da Universidade de Coimbra promoveu vários cursos de pós- formação para professores do Ensino Secundário. Nas várias experiências realizadas, obtínhamos frequentemente um gráfico linear cujo ajuste nos devolvia o declive e o R^2 mas não a incerteza a associar ao declive. Isso levou-nos a procurar a forma mais simples de calcular essa incerteza, forma essa que deduzimos na altura e reproduzimos agora no artigo publicado no número anterior da *Gazeta de Física*.

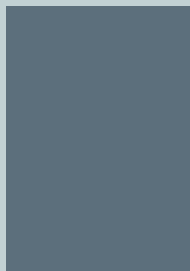
Uma vez feita a dedução teórica, quisemos aplicá-la na prática e o Pablo Martín-Ramos lembrou-se de que estava exatamente a ensinar uma das dependências lineares da Física, a lei de Ohm, no seu curso de *Electrotecnia y Electrificación Rural* na Escuela Politécnica Superior de Huesca. Pedimos-lhe que guardasse os dados de uma das suas aulas e ele fez a experiência exatamente como é feita muitas vezes nos liceus, usando uma fonte de tensão e não uma fonte de corrente. A tensão fica assim a ser a variável independente e por isso é representada no eixo dos xx , com o valor da corrente a ser a variável dependente. Não concordamos completamente com o leitor quando este diz que “..verdadeiro significado físico, pois o potencial aos terminais da resistência decorre da corrente aplicada...”. Só existe movimento de deriva dos electrões dentro do fio condutor porque existe uma diferença de potencial aplicada aos seus terminais. Na ausência desta, os electrões livres movem-se freneticamente mas aleatoriamente, não existindo transporte efetivo de carga em nenhuma das direções. Podemos recuperar aqui as palavras de Richard Feynman, nas suas *Lectures on Physics*: “... if there is a voltage difference across a piece of some substance, there exists an electric current $I = dq/dt$ that is proportional to the electric voltage difference...”.

Pedro Sidónio Pereira da Silva
CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra

TABELA DE PUBLICIDADE 2017



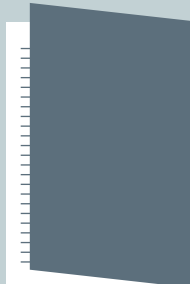
A) verso da capa



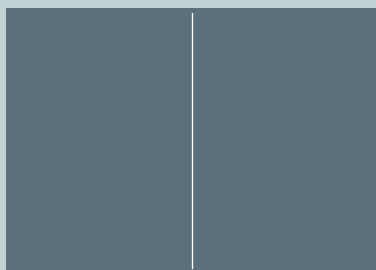
B) destacável/folha



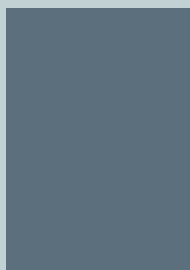
C) verso da contracapa



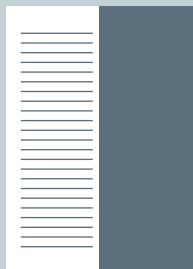
D) contracapa



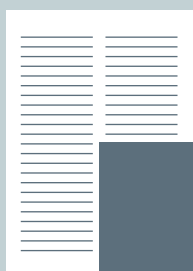
E) página dupla



F) página inteira



G) coluna ou 1/2 página

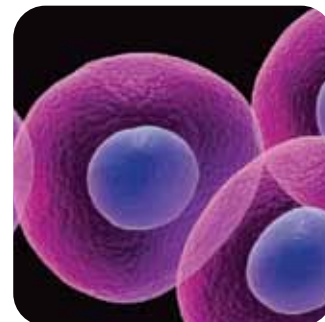
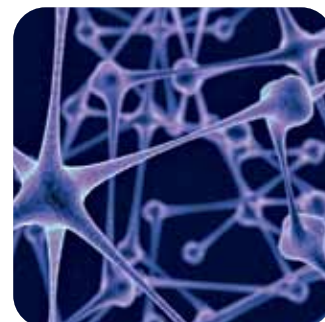
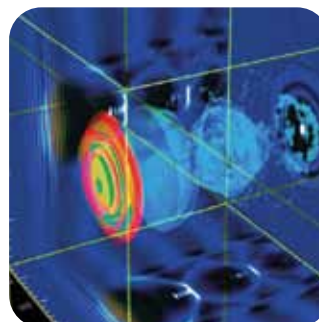
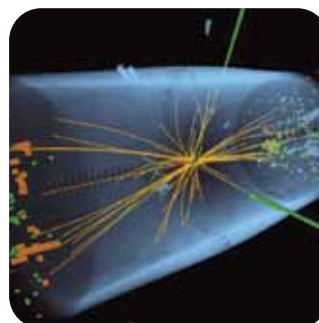


H) 1/4 página ou faixa

Posição	Preço (Euros)	
	Ímpar	Par
A	900	
B	900	
C	900	
D	1200	
E	1000	
F	600	550
G	400	350
H	250	200
banner website	100/mês	



Para os físicos e amigos da física.
WWW.GAZETADEFISICA.SPF.PT



Aos preços da tabela acresce o IVA à taxa em vigor

Descontos de quantidade:
2X: -20% 3X: -25% 4X: -30%

Tiragem anual 2016:
5400 exemplares

Contactos:
Sociedade Portuguesa de Física
Av. República 45, 3º eq. 1050-187 Lisboa
Tel: 351 21 799 36 65 · spf@spf.pt

Olimpíadas de Física 2017



Representação esquemática de um "átom" - Imagem cedida por Mariana Moura, do grupo de Física de "Investigação", Universidade de Brasília (UnB)

PROVAS

Regionais: 29/4/2017

Nacionais: 2-3/6/2017

Internacionais: 7/2018, PORTUGAL

Ibero-americanas: 9/2018, Brasil

Escalão A: alunos até ao 9º ano

Escalão B: alunos até ao 11º ano