

A coleção de Física do Instituto Maynense

A Física da Máquina de Sismos

índice
VOL. 45 - N.4

Índice

1 Editorial

- artigo geral
2 **A Coleção de Física do Instituto Maynense**
Marília Peres, Maria Inês Alves

- sala de professores
10 **A Física da Máquina de Sismos**
Luís Matias, Susana Custódio, José Luis Duarte, Carlos Corela

- crónicas
17 **Exit both ways**
Carlos Herdeiro

- vamos experimentar
19 **O equilibrista do Gabinete de Física**
Helena Arede, Joana Pancas, Constança Providência, Rita Wolters

- ## 22 Notícias
- Olimpíadas de Física 2022
 - Prémio Ciência Viva Educação
 - Prémios Medea
 - Homenagem a Paulo Crawford
 - 9.º Encontro de Professores de Física e Química

CRÉDITOS

Imagem de capa: Máquina de Heron, pertencente ao Gabinete de Física da Academia das Ciências de Lisboa. Fotografia: Paulo Bastos
© Todos os Direitos Reservados - ACL

A conservação da memória, do que foi “construído”, das ideias e dos seus protagonistas, é de particular importância na compreensão do presente e na projeção do futuro. Os museus têm aqui um papel fundamental, contribuindo para que as memórias permaneçam vivas. Para além da sua missão de conservar, investigar, expor e preservar a memória, os museus atuais têm também uma forte componente educativa. Visitar museus, seja em ambiente familiar, seja através da escola, é, muitas vezes, o ponto de partida para as gerações mais novas tomarem o contacto e o gosto pela ciência. Quem não conhece o interesse dos mais pequenos pelos dinossauros e por outros fósseis. Também a Física beneficia com a exposição da sua história e dos instrumentos e equipamentos que marcaram a sua evolução ao longo dos tempos.

Integrado na Academia de Ciências de Lisboa, o Museu Maynense tem um espólio de instrumentos de Física que vale bem a pena conhecer. A Academia de Ciências de Lisboa foi fundada no século XVIII como resposta à crescente necessidade de desenvolver o conhecimento das Ciências, Humanidades, Tecnologia e Economia. Com o intuito de servir de apoio ao ensino experimental e de mostrar as propriedades físicas do mundo natural, o Gabinete de Física da Academia de Ciências de Lisboa teve início pouco tempo depois da fundação da instituição e prolongou-se até ao início do séc. XX. O nome do museu presta homenagem a frei Joseph Mayne (1723-1792), da Ordem Terceira de São Francisco e confessor do rei D. Pedro III, que teve particular importância nos primórdios da Academia. A doação do seu espólio e a implementação da chamada Aula Maynense, envolvendo aulas e demonstrações de história natural e de Física experimental, entre outras, são eventos marcantes para a Instituição. A

este conjunto inicial foram progressivamente adicionados instrumentos para o ensino experimental de disciplinas como a História Natural, Anatomia, Química e Física. De diversas áreas, proveniências e cronologias, estes exemplares são hoje de enorme interesse para a história do ensino e da ciência. Assim, neste número da Gazeta, temos oportunidade de conhecer um pouco mais do espólio de Física do museu Maynense, da sua história e dos seus instrumentos.

Partindo do antigo para o atual, em 2022 o prémio Nobel da Física foi atribuído a Alain Aspect, John Clauser and Anton Zeilinger pelas suas “experiências com fótons entrelaçados, instituindo a violação das desigualdades de Bell e tornando-se pioneiros na ciência da informação quântica”. Nesse âmbito, na sua Crónica, Carlos Herdeiro fala-nos, da importância da Mecânica Quântica, das experiências que a apoiam, da contribuição dos laureados e das suas consequências práticas para o desenvolvimento de novas tecnologias e aplicações. Neste número, apresentamos, também, um artigo sobre uma máquina de simulação de sismos que pode ser implementada em trabalhos de laboratório em sala de aula. Ela reproduz o ciclo sísmico, constituído pela acumulação de tensão e a sua relaxação brusca durante um evento. Envolvendo noções básicas de mecânica, o estudo da máquina pode ser usado como o ponto de partida para a compreensão e aprofundamento de diversos conceitos físicos.

Boas leituras



Ficha Técnica

Estatuto Editorial

<http://www.spf.pt/gazeta/editorial>

Propriedade | Sede | Redação | Editor

Sociedade Portuguesa de Física

Av. da República, 45 – 3º Esq.

1050-187 Lisboa

Telefone: 217 993 665

Director

Bernardo Almeida

Editores

Francisco Macedo

Olivier Pellegrino

Secretariado

Maria José Couceiro - mjose@spf.pt

Comissão Editorial

José António Paixão - Presidente da SPF

Gonçalo Figueira - Anterior Diretor Editorial

Teresa Peña - Anterior Diretor Editorial

Carlos Fiolhais - Anterior Diretor Editorial

Ana Luísa Silva - Física Atómica e Molecular

Ana Rita Figueira - Física Médica

Augusto Fitas - Grupo História da Física

Carlos Portela - Educação

Carlos Silva - Física dos Plasmas

Constança Providência - Física Nuclear

Joaquim Moreira - Física da Matéria Condensada

José Marques - Física Atómica e Molecular

Luís Matias - Geofísica, Oceanografia e Meteorologia

Manuel Marques - Óptica e Laser, Universidade do

Nuno Castro - Física Partículas

Rui Agostinho - Astronomia e Astrofísica

Sofia Andringa - Física Partículas

Correspondentes

André Pereira - Delegação Norte

Fernando Amaro - Delegação Centro

José Marques - Delegação Sul e Ilhas

Design / Produção Gráfica

FR Absolut Graphic Lda.

frabsolutg@gmail.com

NIPC 501094628

ISSN 0396-3561

Tiragem 1 000 Ex.

Registo ERC 110856

Depósito Legal 51419/91

Periodicidade: 3 x Ano

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.

A Coleção de Física do Instituto Maynense

Marília Peres¹, Maria Inês Alves²

¹ Escola Secundária José Saramago-Mafra e Centro de Química Estrutural, Institute of Molecular Sciences, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Portugal

² Academia das Ciências de Lisboa, Portugal

Resumo

Entre as atividades iniciais dos fundadores da Academia Real das Ciências de Lisboa, conta-se a instalação de vários departamentos de índole científica, mas um, em particular, merece destaque: o Gabinete de Física. A instituição, envolvida nos ideais iluministas, acolheu, nos respetivos espaços, demonstrações e aulas práticas dos fenómenos da Natureza e das leis do Universo.

Entre a segunda metade do séc. XVIII e as primeiras décadas do XX, a Academia das Ciências de Lisboa adquiriu centenas de instrumentos científicos a alguns dos mais reputados fornecedores da Europa. A heterogénea coleção oferece um vislumbre da crescente importância do método experimental na atividade pedagógica e encerra a particularidade de ter sido organizada por Rómulo de Carvalho. Neste artigo, pretendemos mostrar a importância desta coleção, alvo de uma exposição recente, como exemplo daquele que terá sido o principal agente de mudança da chamada Física antiga para a Física moderna, tal como hoje a conhecemos, isto é, a demonstração experimental.

Introdução

O séc. XVIII foi marcado por disputas entre a Filosofia Antiga (Aristotélica) e a Filosofia Moderna, ou como refere Carvalho [1], entre os Antigos e os Modernos. Enquanto os primeiros - grandemente influenciados por Aristóteles - se dedicavam a uma ciência qualitativa, livresca, dedicada aos corpos naturais, cujos métodos omitiam a matemática e a experiência, os segundos deixaram de considerar a matemática algo destinado apenas a mecânicos, comerciantes, marinheiros [2] e passaram a considerar a mesma parte integrante da ciência a par com a demonstração experimental¹.

A demonstração experimental terá sido o principal veículo para esta mudança de paradigma. Dos novos instrumentos do séc. XVIII, terá sido a máquina pneumática², também utilizada fora dos meios académicos, que começou a fazer caminho em instituições de ensino no início do séc. XVIII (Figura 1).



Figura 1 - "An Experiment on a Bird in an Air Pump", quadro de 1768, da autoria de Joseph Wright of Derby. Crédito da imagem: The National Gallery, Londres.

Admite-se como principais razões para este acontecimento: a existência à época de comércio de instrumentos, que produzia globos, telescópios, instrumentos matemáticos com relativa facilidade, que ampliou o seu campo de produção para as máquinas necessárias ao professor de física experimental; a melhoria da precisão dos instrumentos científicos a partir do final do séc. XVIII [9] e a contribuição dos primeiros adeptos de Newton, ingleses e holandeses [2, 10]. Na segunda metade do séc. XVIII, o comércio de instrumentos científicos era de três espécies de instrumentos: de demonstração, de medição

¹ Para compreender as disputas entre os Antigos e os Modernos em Portugal, são essenciais os trabalhos de Rómulo de Carvalho [1, 3-5], de Isabel Malaquias [2,6] e Emília Gomes [7].

² A este propósito, ver a pintura de Joseph Wright de Derby de 1768 "An Experiment on a Bird in an air pump". Esta obra de arte mostra um grupo de pessoas a assistir a uma experiência com uma bomba de vácuo. Um pássaro está confinado a uma campânula de vidro e outros dispositivos experimentais, como os hemisférios de Magdeburgo, são retratados na pintura. O quadro retrata um estudioso da natureza, de nome James Ferguson, durante uma reunião científica noturna, a executar experiências associadas à pressão do ar. Normalmente estes demonstradores eram viajantes que iam de cidade em cidade, mostrando seu trabalho [8].

e o terceiro tipo representado pela máquina pneumática e a máquina elétrica com os seus acessórios [2].

Este ideal de ciência moderna de cariz experimental consolidou-se nos séc. XVIII e XIX e encontrou, nas academias e sociedades científicas, uma forma de se expandir. Por toda a Europa, estas sociedades científicas ampliaram ou estabeleceram as suas coleções subsidiando os seus membros para a compra de instrumentos pedagógicos [1].³

A autoridade da experiência, a defesa de um saber utilitário, a aplicação e consultoria de conhecimentos técnicos e científicos na solução de problemas ou na melhoria de atividades económicas e culturais da sociedade constituíram princípios essenciais nestas instituições. Com efeito, contribuíram largamente para a ascensão das nações industriais e manifestaram-se no progresso de diversas áreas do quotidiano como nos sistemas de comunicação, no transporte, bem como nas atividades agrícolas.

Em Portugal, destaca-se a Academia das Ciências de Lisboa (ACL), uma das mais antigas instituições científicas nacionais de existência contínua. Foi fundada no dia 24 de dezembro de 1779, durante o reinado de D. Maria I (1734-1816), sob o signo inspirador de um verso de Fedro: *Nisi utile est quod facimus, stulta est gloria* (Se não for útil aquilo que fazemos, a glória é vã). Conciliando a teoria e a prática, também a Academia das Ciências de Lisboa encomendou centenas de objetos, quer em território nacional, como no exterior, para o ensino experimental de disciplinas como a História Natural, Anatomia, Química e Física. De diversas áreas, proveniências e cronologias, estes exemplares da cultura material são hoje de inigualável interesse para a história do ensino e da ciência.

O Ensino da Física Experimental na Academia das Ciências de Lisboa

Com o intuito de servir de apoio ao ensino experimental e demonstrativo das propriedades físicas do mundo natural, o Gabinete de Física da ACL teve início pouco tempo depois da fundação da instituição⁴ na segunda metade do séc. XVIII, e prolongou-se até ao início do séc. XX. Entre este hiato temporal, podemos segmentar a sua atividade em dois momentos:

1. Iniciada no séc. XVIII (1791)
2. Séc. XIX (1849) – Séc. XX (1919)

1.ª Fase: Iniciada no séc. XVIII (1791)

Foi durante a permanência da Academia das Ciências de Lisboa na sua segunda morada (1791–1796), o palácio da Rua do Poço dos Negros, que se principiou a atividade do Gabinete de Física. Aí eram ministradas aulas por um

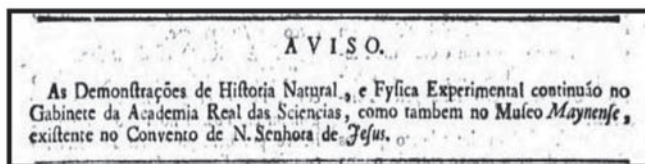


Figura 2 - Anúncio publicado na Gazeta de Lisboa, 29 de outubro de 1793.

dos sócios da instituição, Alexandre António das Neves de Portugal (1763–1822), que ficou encarregue de fazer anualmente demonstrações de História Natural e Física Experimental⁵. Conforme anunciado no periódico “Gazeta de Lisboa”, a 29 de outubro de 1793, a instituição oferecia lições públicas com demonstrações experimentais, às terças e sextas-feiras de cada semana, nas salas do seu edifício e promovia-as, simultaneamente, às terças e sábados no Convento de Jesus (Figura 2)⁶. Seria neste espaço, no qual administrava simultaneamente as coleções recentemente doadas por Frei José Mayne (1792), que a Academia viria, dezenas de anos mais tarde, a encontrar a sua instalação definitiva.

Para prover este Gabinete inicial, a Academia negociou com dois estrangeiros instalados em Portugal, um de nome Gerard Sant, e outro o holandês Joseph Solner,⁷ cujas transações terminaram, no ano de 1794, com a aquisição de 308 “máquinas”. Uma parte das máquinas adquiridas pertenciam à coleção de Solner e as restantes foram adquiridas em França e em Inglaterra por intermédio de Sant. O custo foi de 2537\$665, quantia muito elevada para a época e que, por ter sido destinada à compra de material científico, confirma a valorização que então era dada ao ensino das ciências experimentais [11].

Nesta lista de 308 peças, podemos encontrar: termómetros, barómetros, máquinas de Atwood, bombas de compressão, eolípilas, câmara escura, máquina pneumática, entre muitas outras. Segundo Rómulo de Carvalho: “Na lista geral de material adquirido encontramos de tudo quanto era próprio, na época, de um Gabinete de Física” [11].

³ Também as escolas colégios e universidades começaram a fundar ou a aumentar as suas coleções [2,7].

⁴ Fundada a 24 de dezembro de 1779, a ACL teve como primeira morada três salas do Palácio das Necessidades, onde se manteve onze anos. Em 1791-92, a Academia inicia a sua mudança para um palácio situado na esquina entre a rua do Poço dos Negros e o beco do Carrasco. Permaneceu aqui até 1795-96, altura em que se mudou para o Palácio do Monteiro-mor ou Palácio dos condes de Castro Marim. Passados três anos, em 1800, dá-se uma nova mudança, desta vez para o Palácio do duque de Palmela, no largo do Calhariz. Em 1823, inicia-se uma nova transferência para o colégio dos Monges Beneditinos à Estrela (antigo convento da Estrelinha). Desloca-se, em 1832, para o palácio do conde dos Lumiares, no cimo da calçada da Glória. Pouco tempo aqui fica, pois, em 1834, vai ocupar oficialmente aquela que é hoje a sua morada, o convento de Jesus, na rua do Arco, hoje, rua da Academia das Ciências [11,12]. Tal instalação ocorreu em 1833, um ano antes da atribuição da titularidade da posse pela rainha D. Maria II, na sequência da extinção das ordens religiosas.

⁵ No final do séc. XVIII e início do séc. XIX, existiam em Lisboa vários gabinetes de Física. No entanto, as instituições que ensinavam Física Experimental de um modo académico eram apenas a Congregação do Oratório, a Congregação dos Cônegos Regrantes de Santo Agostinho e a Academia Real das Ciências [7]. Note-se que são já referidas as encomendas de uma máquina pneumática e elétrica com os respetivos acessórios, bem como a aquisição de instrumentos de Astronomia, num documento datado de 2 de março de 1786. Estas aulas começavam em outubro e decorriam durante todo o ano académico. Sabe-se que, em maio de 1792, foram realizadas demonstrações sobre a eletricidade [11].

⁶ Também o Almanaque de Lisboa noticiou estas demonstrações de Física nos anos de 1795, 1796, 1800, 1805 e 1807 [7].

⁷ Joan Joseph Solner foi um físico holandês responsável pelo Gabinete de Física da Casa Real a partir do final de 1793 quando Michele Franzini (1730-1830) regressou a Veneza [13].

Este número impressionante de três centenas de exemplares de instrumentos de Física continuaria a ser ampliado nos anos seguintes. Embora a passagem do tempo e as sucessivas transferências da instituição pelas suas diversas moradas tenham contribuído para a dispersão deste material, a Academia das Ciências de Lisboa conserva ainda um número significativo de instrumentos setecentistas. No conjunto, estão incluídas onze peças do séc. XVIII⁸ (Figuras 3 e 4) que muito provavelmente pertenceram ao Gabinete de Física da Academia nos primórdios da sua fundação.



Figura 3 - Máquina de Atwood de Nairne & Blunt c. 1774 - 1793. Fotografia: Paulo Bastos © Todos os Direitos Reservados - ACL.



Figura 4 - Termómetro de mercúrio de George Adams. Fotografia: Paulo Bastos © Todos os Direitos Reservados - ACL.

2.ª Fase: Séc. XIX (1849) – Séc. XX (1919)

Depois de ocupar provisoriamente seis edifícios da capital e após a extinção das ordens religiosas, a ACL instalou-se definitivamente no antigo convento de Jesus, onde ainda hoje se encontra, dando continuidade ao projeto pedagógico de frei José Mayne e origem a uma nova instituição pedagógica: o Instituto Maynense, também conhecido por Aula Maynense.⁹

Os programas e conteúdos deste ensino não percorreram um caminho linear. Numa primeira fase, começou por lecionar uma Aula de Zoologia (1836-1849) em moldes adequados ao seu tempo e, mais tarde, foi ampliado num curso constituído por diversas disciplinas como a História Natural, Zoologia, Anatomia, Geografia, Geologia, Mineralogia, Física e Química (1849-1919). As aulas, lecionadas num anfiteatro mandado construir para o efeito, vigoraram durante 70 anos, tendo encerrado já no séc. XX, em 1919 [11].

Entre as matérias ministradas no auditório, estavam os princípios da Física e da Química, sendo no decorrer da segunda metade do séc. XIX que a percentagem mais elevada do conjunto de instrumentos didáticos foi adquirida. Esta aquisição ficou a dever-se, em grande parte, ao impulso do Professor proprietário da aula, Francisco António Pereira da Costa (1809–1889), lente de Mineralogia e Geologia na Escola Politécnica de Lisboa, que insistiu na intensificação de um ensino prático e demonstrativo na aula [11].

Na segunda fase da sua existência, a Aula Maynense, conforme era conhecida, adquiriu uma expressiva importância no panorama pedagógico nacional, chegando a ser exigida a aprovação no respetivo curso para ingresso na Escola Politécnica de Lisboa, fundada em 1837 [11]. As lições, entre elas dos princípios da Física e da Química, justificaram não só a aquisição de novos recursos educativos, como a construção de um anfiteatro - por iniciativa de Alexandre Herculano (1810-1877) na qualidade de vice-presidente da Academia - que permitisse aos estudantes observar as experiências com que o mestre ilustrava as suas palestras.

Terá sido no hiato temporal entre a conclusão da obra (1856) e o falecimento do fotógrafo oficial da Casa Real, Augusto Bobone (1910), que a presente fotografia foi tirada (Figura 5). Esta fonte iconográfica é um valioso testemunho da importância do método experimental no ensino. Sobre a mesa, identificam-se diversos materiais que ainda integram as coleções da Academia.¹⁰

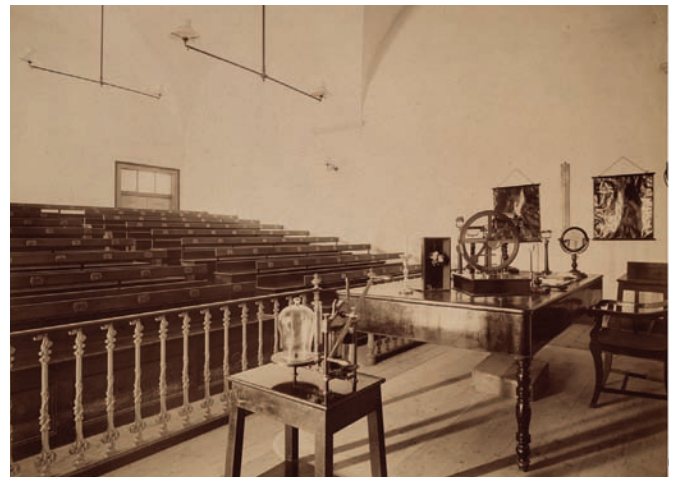


Figura 5 - Anfiteatro da Academia Real das Ciências, sala de introdução à História Natural, Lisboa, s.d [últimas décadas do séc. XIX]. Fotografia de Augusto Bobone. Imagem concedida pelo Arquivo Municipal de Lisboa. Código de Referência: ORI000791© CML | DMC

⁸ Entre a lista de objetos, figuram: régua de latão, balança de braços suspensos, coleção de oito massas arrumadas no respetivo suporte, máquina pneumática de compressão, termómetro de mercúrio, máquina de Atwood, pirómetros, anemoscópio, pistolas de Volta e aparelho para demonstrar a resistência do ar.

⁹ O Museu Maynense adquiriu o seu nome em homenagem ao seu fundador: frei José Mayne (1723-1792), provincial da ordem Terceira de São Francisco e sócio da ACL. No segundo quartel do séc. XVIII, este religioso investiu os seus bens pessoais em benefício da Biblioteca Conventual e de um Gabinete de "curiosidades" que colocou ao serviço de uma aula, designada por "História Natural Teológica". Em 1792, José Mayne doa à ACL a administração da sua coleção e o ensino desta disciplina, criando um elo direto entre as duas instituições. É no decorrer desta "herança" que uma parte das aulas e demonstrações de história natural e de Física experimental da ACL passaram a realizar-se no Convento de Jesus. Seria aí que a Academia e os seus sócios encontrariam, 42 anos depois, a sua morada permanente [12,11,14].

¹⁰ A recolha de dados, a quantificação, análise e interpretação permitida pelos instrumentos eram condição essencial nas demonstrações das aulas do Instituto Maynense. Em primeiro plano, vemos uma máquina pneumática com uma campânula de vidro; um aparelho destinado ao estudo da reflexão e refração da luz, uma lente biconvexa (ACL-MAY-0132) e ainda três prismas ópticos. Suspenso na parede, entre dois placares educativos de anatomia humana, vemos um barómetro.

Conforme mencionado, as ciências e a sua atividade pedagógica estavam sujeitas a critérios práticos, que permitiam inferir hipóteses e conclusões, sustentadas em evidências empíricas. Assim, o então professor não se limitava a descrever os fenômenos e as leis da Física. Se o tema fosse a dispersão da luz, o professor poderia ilustrar, com recurso a prismas ópticos, a sua decomposição nos diferentes comprimentos de onda do espectro do visível. Por exemplo, ao tecer considerações sobre a natureza do ar, teria a oportunidade de realizar demonstrações experimentais com recurso à máquina pneumática¹¹ (Figura 6).

Pela sua versatilidade, a máquina pneumática era um dos instrumentos de Física mais utilizado nas aulas. Permitia estudar, por exemplo, o que acontece quando se faz vácuo - como é o caso da experiência com os hemisférios de Magdeburgo - ou como se comportam alguns seres vivos no interior da campânula progressivamente rarefeita. Permitia ainda compreender melhor as combustões e até analisar se o vácuo conduzia ou não a eletricidade. Esta máquina, inventada por Otto von Guericke em 1650, pela sua importância e versatilidade, fazia parte de qualquer gabinete e compêndio de Física dos finais do séc. XVIII e XIX, (Figura 7) [15,16].



Figura 6 - Máquina pneumática do Gabinete de Física da ACL. *Lerebours et Secretan*. França, Paris, [c.1853]. Fotografia: Paulo Bastos © Todos os Direitos Reservados - ACL

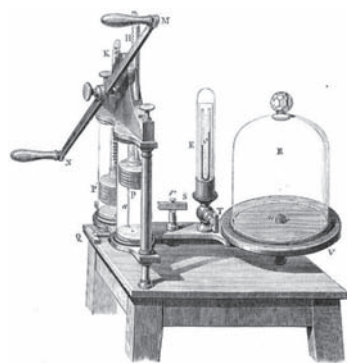


Figura 7 - Gravura de máquina pneumática de dois cilindros do "*Traité élémentaire de physique*" [15]

Os Fornecedores do Instituto Maynense

Quer o aperfeiçoamento dos instrumentos científicos, quer o crescimento do número de estabelecimentos comerciais onde podiam ser adquiridos, contribuíram para a exponencial melhoria dos padrões de qualidade da Física experimental. Estes desenvolvimentos não teriam sido possíveis sem a perícia dos seus inventores, fabricantes e comerciantes [2,16].

Frequentemente constituídos por negócios familiares passados de geração em geração, encontramos correntes contínuas entre mestres e aprendizes que se estendem

por mais de um século. No entanto, seria um erro considerá-los como simples fornecedores. Muitos destes homens desempenharam um papel fulcral na introdução de inovações técnicas, na circulação de conhecimento e na aceleração e modernização da civilização industrial [18]. Assim, o material fabricado nas respetivas oficinas é um documento valioso para compreender as trocas de saber entre países, o comércio e desenvolvimento económico, assim como os aspetos mais gerais de natureza social e política.

Entre as peças do Gabinete de Física da ACL assinaladas com marcas de proveniência, predominam os instrumentos fabricados nas casas inglesas e francesas. Em menor número, mas ainda assim existentes, figuram os exemplares produzidos na Alemanha ou em território nacional. De França, destaca-se a casa: "Lerebours et Secretan", de Inglaterra, a "Nairne & Blunt" e a "George Adams" e de Portugal, a "Lopes & Araujo".

Lerebours et Secretan

A marca do fabricante "Lerebours et Secretan"¹² é a que predomina nas coleções da ACL [11]. Especialmente conhecidos pela produção de instrumentos astronómicos, óticos e de medição da superfície da Terra, este foi um dos mais importantes estabelecimentos de instrumentos científicos oitocentistas na capital parisiense. A respetiva atividade, com início nas últimas décadas do séc. XVIII, perdurou até ao séc. XX [19].

Nairne & Blunt

Na segunda metade do séc. XVIII, sete anos depois de completar a sua aprendizagem, Thomas Blunt (1760-1822) formou uma parceria com o seu mestre, o artífice Edward Nairne (1726-1806). Desta colaboração, que durou quase duas décadas (1774-1793), resultaram dois objetos na coleção da ACL. Por apresentarem inscrições dos apelidos "Nairne & Blunt", esses objetos são anteriores à dissolução desta parceria. Assim, quer a máquina de Atwood utilizada para exemplificar as leis da dinâmica e do movimento dos corpos (Figura 3)¹³, como um dos pirómetros do Gabinete foram produzidos entre os anos de 1774 e 1793, na capital inglesa.

George Adams

Com sede na famosa rua de Fleet Street em Londres, George Adams (c. 1709-1772) foi um reputado fabricante de instrumentos matemáticos no séc. XVIII. Em 1760, com a ascensão do rei George III ao trono britânico, tornou-se o fornecedor de instrumentos científicos de sua Majestade, um compromisso que fornecia uma importante fonte de rendimento e que resultava em centenas, senão milhares de encomendas. Depois da sua morte, o negócio foi con-

¹¹ Na década de 1770, em França, uma máquina pneumática comum atingia 1/165 atm, enquanto que uma inglesa, construída por Nairne (1726-1806) e com aperfeiçoamentos, produzia um vácuo situado entre 1/300 atm e 1/600 atm, operando durante 6 minutos [2]. O catálogo de Lerebours et Secretan de 1853 refere que todas as máquinas pneumáticas que comercializava conseguiam fazer vácuo inferior a 1/1000 atm [17].

¹² Entre a lista de objetos figuram: balança de precisão, endosmómetro de Dutochet, tubos capilares em U, piezómetro de Ørsted, tubo de Mariotte, máquina pneumática, psicrómetro de August, aparelho para estudo da reflexão e da refração, máquina eletrostática de Ramsden.

¹³ É referida, na correspondência diplomática, a encomenda de uma máquina de Atwood fabricada por Nairne & Blunt em 1787 a Londres, por João Jacinto de Magalhães, para o Gabinete do Príncipe D. José [21]. Segundo Lourenço [22], existem fortes suspeitas de que o núcleo mais antigo do Gabinete de Física da ACL contenha diversos instrumentos que terão pertencido ao Gabinete do Príncipe D. José.

tinuado pelo seu filho George Adams Junior (1750–1795) que se estabeleceu com sucesso na comunidade científica da época. Com o objetivo de promover o negócio, orientou a sua atividade para a via académica, colaborando e redigindo ensaios científicos da mais variada natureza, sobre eletricidade, astronomia, meteorologia ou geometria. Ainda hoje, as suas publicações fornecem uma vasta quantidade de informação sobre as tipologias e o progresso evolutivo dos instrumentos fabricados durante a segunda metade do séc. XVIII [20]. Proveniente do negócio da família Adams, ativo entre 1734 e 1817, o Gabinete de Física da ACL possui um termómetro de mercúrio com graduação nas escalas Fahrenheit (de -20 °F a 212 °F) e Réaumur (de -24 °r a 80 °r) (Figura 4).

Também o Gabinete de Física da Casa Real adquiriu instrumentos a George Adams através de uma relação privilegiada que João Jacinto de Magalhães (1722-1790)¹⁴ mantinha com os mais importantes fabricantes da Europa [13,21]. Sendo Solner quem cuidava do Gabinete de Física da Casa Real, não é de estranhar que a Academia tivesse acesso aos mesmos fabricantes.

Lopes & Araujo

Nem todos os instrumentos que apetrechavam o Gabinete de Física da Academia das Ciências provieram de estabelecimentos comerciais do exterior do país. Alguns foram adquiridos em território nacional, como é testemunho a balança de pratos suspensos da casa “Lopes & Araujo” (Figura 8). Em virtude de um folheto publicitário, localizado no interior da gaveta, sabemos a data de aquisição, o custo e a proveniência da peça (Figuras 9a e 9b). Em letras impressas, pode ler-se: “Balanças pesos e Medidas - Lopes & Araujo - 71 a 77 - Travessa da Assumpção (Defronte do café Montanha)”. No reverso, apresenta a data de aquisição (12 de fevereiro de 1875) e o valor (6\$750 reis).



Figura 8 - Balança de pratos suspensos. Fotografia: Paulo Bastos © Todos os Direitos Reservados - ACL



Figuras 9 a e b - Frente e verso do folheto publicitário da balança de pratos suspensos. Fotografia: Paulo Bastos © Todos os Direitos Reservados - ACL

Este estabelecimento lisboeta que, conforme o documento, comercializava e reparava equipamentos da mais variada espécie (balanças, torradeiras, máquinas de café, sinetes, etc...), ficava numa das ruas mais centrais e movimentadas da Baixa Pombalina: a Travessa da Assumpção.

Peças sem identificação de fornecedor

Existem algumas peças que, embora não tenha sido possível até ao momento identificar o fornecedor, merecem, pela sua relevância e até raridade, serem referidas, como é o caso da Máquina de Heron.

A Máquina de Heron ou Eolípila (Figura 10) é um pequeno triciclo em latão, com duas rodas fixas (traseiras) e uma direcionável (dianteira). Transporta uma lamparina sob uma esfera de latão com um curto cano tapado por rolha, que se encontra seguro por pressão de duas hastes.

Rómulo de Carvalho descreve a peça como:

“Carro de reacção: Aquecendo água contida na esfera até à ebulição, a pressão do vapor fará saltar a rolha violentamente obrigando o carro a mover-se em sentido contrário ao do jacto de vapor expelido.” [14, p. 25]



Figura 10 - Máquina de Heron, pertencente ao Gabinete de Física da Academia das Ciências de Lisboa. Fotografia: Paulo Bastos © Todos os Direitos Reservados - ACL

Embora sem indicação de fabricante, poderá ter sido uma das peças adquiridas ainda no séc. XVIII. Apenas se conhece, em Portugal, uma outra peça semelhante que pertenceu ao Colégio dos Nobres [24] propriedade agora do Museu e Ciência da Universidade de Coimbra. É possível encontrar no Arquivo da ACL um documento, datado de 26 de agosto de 1794, com o “Rol das Máquinas” que foram adquiridas a Solner e a Sant, ou cuja compra foram intermediários. Na lista das máquinas vindas de França, é referida a aquisição de “pequena Eolípila em hum carrinho”, com o número 165 [11].

Exposição - Gabinete de Física da Academia das Ciências de Lisboa

Inaugurada a 17 de dezembro de 2021, na Galeria de exposição permanente do Museu Maynense, a nova exposição dedicada ao Gabinete de Física da ACL pretende dar continuidade à divulgação do património museológico da instituição, do seu contexto de utilização, bem como do respetivo valor enquanto coleção histórica científica (Figura 11).

¹⁴Sobre a obra de João Jacinto de Magalhães, ver a tese de doutoramento de Isabel Malaquias de 1994 [23].



Figura 11 - Salas da Galeria de exposição permanente do Museu Maynense. Dezembro de 2021. © Todos os Direitos Reservados - ACL

Disposta no espaço circundante da antiga cozinha conventual, a narrativa das duas novas salas recai no conjunto de instrumentos adquiridos para a instrução prática da física natural na Academia, entre a segunda metade do séc. XVIII e as primeiras décadas do séc. XX. Em território nacional, existem importantes coleções de instrumentos científicos, mas apenas duas de grandes dimensões com exemplares do séc. XVIII chegaram aos nossos dias: o Gabinete de Física da Universidade de Coimbra, organizado originalmente para o Real Colégio dos Nobres de Lisboa, e a coleção da Academia das Ciências de Lisboa. A sua raridade no domínio público, associada também à coerência, dimensão e consistência do conjunto, confere uma enorme relevância a estes exemplares da cultura material que assumem hoje funções totalmente distintas das que possuíam originalmente [25].

Desde a respetiva origem e ao longo de mais de dois séculos, este conjunto utilizado para o ensino e investigação não constituía um acervo museológico. Não havia, pois, a preocupação de o preservar ou recuperar para memória futura. No processo de planeamento e montagem da exposição, os materiais foram alvo de uma atenta intervenção de conservação, nomeadamente de procedimentos de desinfestação e higienização por anoxia.¹⁵

A exposição reflete ainda a investigação de uma figura que marcou indelevelmente Portugal no século anterior: Rômulo de Carvalho (1906-1997). Após a fundação da Gazeta de Física (1946) e a respetiva reforma da docência de Física e de Química (1974), aliando a sua qualidade de académico à sua atividade de historiador da ciência, Rômulo de Carvalho tornou-se Diretor do Museu Maynense (1990) e sócio efetivo da ACL (1992)¹⁶ (Figura 12).

Familiarizado com as matérias que lecionou e investigou durante toda a sua vida, durante a década de 80 do séc. XX, Rômulo de Carvalho dedicou-se à inventariação,

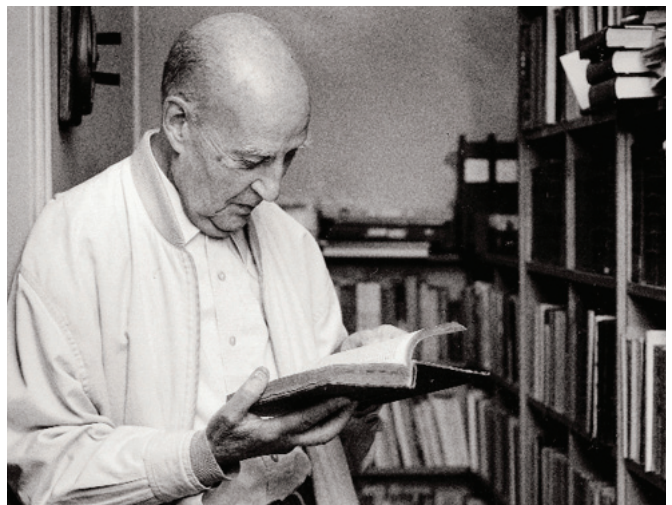


Figura 12 - Fotografia de Rômulo de Carvalho (Fonte: Gazeta de Física, Vol. 20, n.º 1, 1997).



Figura 13 - Instrumentos de física dispostos por Rômulo de Carvalho na ala este do claustro da Nossa Senhora de Jesus. s.d [c.1979- c. 2000].© Todos os Direitos Reservados - ACL

¹⁵ O projeto, que teve início em janeiro de 2021 e foi concluído em dezembro do mesmo ano, contou com o cofinanciamento pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) através do Fundo de Apoio à Comunidade Científica.

¹⁶ De acordo com o seu processo académico, Rômulo de Carvalho tornou-se sócio correspondente da ACL a 7 de fevereiro de 1985; diretor do Museu Maynense a 11 de maio de 1990 e sócio efetivo a 13 de fevereiro de 1992. Visitante assíduo dos fundos documentais da instituição, investigador da história da Academia e das suas coleções, as obras "A actividade pedagógica da Academia das Ciências de Lisboa nos séculos XVIII e XIX" de 1981 [11] e "O material didáctico dos séculos XVIII e XIX do Museu Maynense da Academia das Ciências de Lisboa" de 1993 [14], são obras fundamentais que forneceram as bases estruturais para conhecermos hoje esta coleção.

¹⁷ Nem sempre é possível a um museu realizar uma investigação aprofundada sobre cada objeto das respetivas coleções. No entanto, é da sua responsabilidade reunir e preservar as fontes materiais, documentais bibliográficas dos objetos (pré museu) [25]. Tal revela-se mais simples quando os instrumentos fazem parte daquilo que se pode considerar uma coleção, como é o caso da maioria dos instrumentos de Física existentes no Museu Maynense.

recuperação e classificação meticulosa dos instrumentos do antigo Gabinete de Física. Com o auxílio de Joaquim Luís Correia, funcionário da instituição, escolheu pessoalmente os arranjos dos instrumentos nas vitrinas expostos no claustro do antigo Convento de Jesus (Figura 13) e concebeu as inscrições das respetivas peças. Estas legendas, que acompanham praticamente todos os instrumentos da mais recente exibição, são hoje também objetos de interesse museológico.

Dando continuidade ao trabalho de Rómulo de Carvalho, pretendeu-se, sempre que possível, conhecer a chamada “biografia dos instrumentos”, mapeada a partir do cruzamento entre os objetos *per se*, as faturas e correspondência, inventários, material fotográfico, catálogos de fabricantes, publicações científicas, entre outras. Desta interseção, foi possível em muitos casos restringir as cronologias de produção, bem como a função dos equipamentos e a respetiva relação com os momentos-chave do ensino da disciplina. Do mesmo modo, não foi ignorada a dimensão coletiva, apenas possível através da fruição dos exemplares numa visão de conjunto.¹⁷ Através dos materiais de diferentes épocas que expõe, no circuito expositivo é explorada a evolução técnica dos vários instrumentos de apoio às diferentes áreas da Física - como a mecânica, eletricidade e eletromagnetismo, ótica, pneumática, metrologia científica, ou ainda a termodinâmica – mostrando, a quem o visita, que a ciência se constrói lenta e progressivamente.

Analisando o muito material que ainda existe e que faz parte do espólio do Museu guardado em reservas, podemos concluir que o riquíssimo espólio do antigo Gabinete de Física da Academia das Ciências de Lisboa, que resulta da sua história e das muitas relações estabelecidas com outras instituições¹⁸, deve ser preservado como um espaço de eleição, não só para a investigação nos mais variados âmbitos e em especial da História da Ciência, mas também como recurso pedagógico no ensino da Física. Reflete a importância da atividade pedagógica da instituição no desenvolvimento do ensino e disseminação do conhecimento, prolongando o alcance da missão de quem contribui de forma inovadora para a construção de novos saberes científicos.

Agradecimentos

A Academia das Ciências de Lisboa agradece à Doutora Marta Lourenço e à equipa de Conservação e Restauro do Museu Nacional de História Natural e da Ciência (MUHNAC-ULisboa).

As autoras agradecem à Doutora Marta Lourenço e ao Doutor Miguel Telles Antunes pela revisão e sugestões. As autoras agradecem também à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) através do Fundo de Apoio à Comunidade Científica (FACC).

¹⁸ Dadas as estreitas relações entre a Academia e a Família Real Portuguesa, entre as abordagens a aprofundar em investigações futuras, seria a de verificar se algumas das peças setecentistas fizeram parte do Gabinete Real.

Referências

- [1] R. Carvalho, “A Física Experimental em Portugal no séc. XVIII”, Biblioteca Breve, Instituto de Cultura e Língua Portuguesa, Lisboa (1982).
- [2] I. Malaquias, “A Física nos finais do século XVIII”, Imprensa da Universidade de Coimbra, Coimbra (http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0413-8_2) (2006).
- [3] R. Carvalho, “História do Gabinete de Física da Universidade de Coimbra, desde a sua Fundação (1772) até ao Jubileu do professor italiano Giovanni Antonio Dalla Bella (1790)”, Universidade de Coimbra, Coimbra (1978).
- [4] R. Carvalho, “A astronomia em Portugal no século XVIII”, Instituto de Cultura e Língua Portuguesa, Lisboa (1985).
- [5] R. Carvalho, “História do Ensino em Portugal: desde a fundação da nacionalidade até o fim do regime de Salazar-Caetano”, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa (1986).
- [6] I. Malaquias, “Electricity in Portugal in Volta’s Time”, F. Belivacqua e E. Giannetto, (eds.), *Volta and the History of Electricity*, pp.145-154, Ulrico Hoeplio Editores, Milano (2003).
- [7] M. E. Gomes, “Desenvolvimento do ensino da Física Experimental em Portugal 1780-1870”, Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro (2007).
- [8] A. Gorri e O. Filho, “Representação de temas científicos em pintura do século XVIII: um estudo interdisciplinar entre Química, História e Arte”, *Química Nova na Escola*. v. 31, n. 3, pp. 184-189 (2009).
- [9] M. Dumas, “Les Instruments Scientifiques aux XVIIe et XVIIIe siècles”, Presses Universitaires de France, Paris (1953).
- [10] J. L. Heilbron, “Elements of early modern physics”, University of California Press, Berkeley, L.A., London,(1982).
- [11] R. Carvalho, “A Actividade Pedagógica da Academia das Ciências de Lisboa nos séculos XVIII e XIX”, Publicações do II Centenário da Academia das Ciências de Lisboa, Lisboa (1981).
- [12] J. A. Silva, “A Academia Real das Ciências de Lisboa (1779-1834): ciências e hibridismo numa periferia europeia”, Tese de Doutoramento em História e Filosofia das Ciências, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências (2015).
- [13] D. Felismino e M. C. Lourenço, “Les cabinets de physique des rois du Portugal (xviii-xixe siècles) Organisation, dispersion et collections perdues”, *Artefact N.º 5*. pp. 11-26. (<https://doi.org/10.4000/artefact.599>) (2017).
- [14] R. Carvalho, “O material didático dos séculos XVIII e XIX do Museu Maynense da Academia das Ciências de Lisboa”, Academia das Ciências de Lisboa, Lisboa (1993).
- [15] A. Ganot, “Traité élémentaire de physique expérimentale et appliquée”, Chez L’ auteur-Éditeur, Paris (1869).
- [16] P. Brenni, “The Evolution of Teaching Instruments and Their Use Between 1800 and 1930”, *Sci & Educ N.º 21*, pp. 191-226 (2012). (<https://doi.org/10.1007/s11191-010-9326-z>)

- [17] Lerebours et Secretan, "Catalogue et Prix des Instruments / D'Optique, de Physique, de Chimie, de Mathématiques, d'Astronomie et de Marine". Paris (1853).
- [18] C. Blondel, "Electrical instruments in 19th century France, between makers and users. History and Technology", Taylor & Francis (Routledge) N.º 13, pp.157-182 (1997).
- [19] P. Brenni, "19th Century French Scientific Instrument Makers iii: Lerebours et Secretan", Bulletin of the Scientific Instrument Society N.º 40, pp. 3-6 (1994).
- [20] R. J. Millburn, "Adams of Fleet Street, instrument makers to King George III", Aldershot (Hampshire, GB), Ashgate Publishing Limited (2000).
- [21] M. C. Lourenço e D. Felismino, "No Between Teaching and Collecting: The Lost Cabinet of Physics of Princes José and João of Portugal (1777-1808)", in: Cabinets of Experimental Philosophy in Eighteenth-Century Europe, pp. 137-153, Brill, Leiden, Boston (https://doi.org/10.1163/9789004252974_010) (2013).
- [22] M. C. Lourenço, "Parecer Sobre o Valor Histórico e Patrimonial do Gabinete de Física do Museu da Academia das Ciências de Lisboa Maio de 2012", relatório não publicado, Arquivo da Academia das Ciências de Lisboa (2012).
- [23] I. Malaquias, "A obra de João Jacinto Magalhães no contexto da ciência do século XVIII" (polic.), dissertação de doutoramento em física, Universidade de Aveiro, Aveiro (1994).
- [24] M.C. Ruivo, (coordenação), "O Engenho e a Arte: Coleção de Instrumentos do Real Gabinete de Física", Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa (1997).
- [25] M. C. Lourenço e S. Gessner, "Documenting Collections: Cornerstones for More History of Science in Museums", Science & Education n.º 23(4), pp. 727-745 (2014).



Marília Peres, é professora de Química e Física do ensino secundário na Escola Secundária José Saramago-Mafra. Doutorada em Química pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. É colaboradora do Centro de Química Estrutural-Ciências da Universidade de Lisboa. Atualmente faz investigação em História da Fotografia Científica, Química Fotográfica do século XIX e História da Química e da Física.
ORCID.org/0000-0001-8656-9852



Maria Inês Alves, é mestre em História da Arte pela Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa. Bolseira no Museu Maynense da Academia das Ciências de Lisboa, colabora na inventariação das coleções, bem como na organização, curadoria de exposições e outras atividades educativas.

A Física da Máquina de Sismos

Luís Matias¹, Susana Custódio¹, José Luís Duarte¹, Carlos Corela¹

¹ Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, Edifício C8, 1749-016 Lisboa

lmatias@fc.ul.pt

Resumo

A geração de sismos é um processo contínuo forçado pelo movimento das placas tectónicas. O ciclo sísmico envolve a acumulação de tensão e a sua relaxação brusca durante um evento. Este ciclo sísmico pode ser reproduzido em laboratório usando um bloco preso por uma mola ou elástico, assente sobre um tapete rolante, naquilo que designamos por “máquina de sismos”. O estudo deste dispositivo faz intervir conceitos básicos de mecânica que podem ser explorados pela Física e a analogia com o ciclo sísmico que ocorre na litosfera explorado pelas Ciências da Terra, numa sinergia e multidisciplinaridade de proveito mútuo.

Introdução: o ciclo sísmico

Os sismos de origem tectónica ocorrem quando, numa falha, se dá um deslizamento brusco entre os dois blocos que a compõem. O deslizamento ocorre na sequência de um acumular de forças (tensão) que num dado instante vence o limite de resistência da falha. No sismo, dá-se a relaxação das tensões na falha, dando-se início a um novo ciclo de acumulação de força, no que é designado por mecanismo de cola e descola (*stick-slip*) para a geração de sismos. A causa última do ciclo sísmico encontra-se na movimentação das placas tectónicas que é inexplorável à escala dos muitos milhões de anos.

Este processo cíclico de acumulação de tensão, sismo, acumulação de tensão, sismo, ..., pode ser demonstrado com um bloco assente sob uma superfície com atrito e puxada por um fio ligado a uma mola ou elástico, como se mostra na Figura 1. Neste modelo, apenas um pequeno número de “sismos” pode ser gerado, limitado pela dimensão do tapete com atrito. O modelo também não permite que se realizem de forma cómoda medições, por exemplo das forças em jogo ou dos deslocamentos sísmicos que ocorrem. De forma a permitir uma exploração mais abrangente do mecanismo de “cola-descola” para a geração de sismos, o Instituto Dom Luiz (IDL) desenvolveu um modelo que é designado por “Máquina de Sismos”. Neste modelo, podemos realizar comodamente medições e explorar os dados registados de dezenas ou centenas de “sismos”. Neste artigo, apresentamos os conceitos físicos básicos que regem a máquina de sismos.

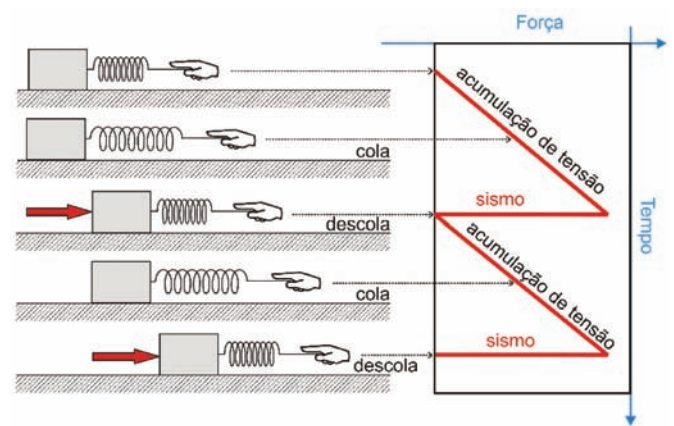


Figura 1 - O modelo “stick-slip” do ciclo sísmico simulado com um bloco assente sobre uma superfície com atrito e uma mola.

O modelo e esquema de forças

O modelo da máquina de sismos (Figura 2) consiste num bloco de massa m assente sobre um tapete rolante que desliza com uma velocidade linear V . O bloco encontra-se ligado a um ponto fixo por uma mola elástica (ou elástico) de constante k . Entre o bloco e o tapete rolante existe atrito, estático e cinético, caracterizado pelas constantes μ_e e μ_c . Vamos considerar que a posição do bloco é referida à posição em que não há deformação da mola num referencial ligado ao chão que não se move com o tapete (Figura 2). A deformação da mola será então dada pela própria posição x do bloco.

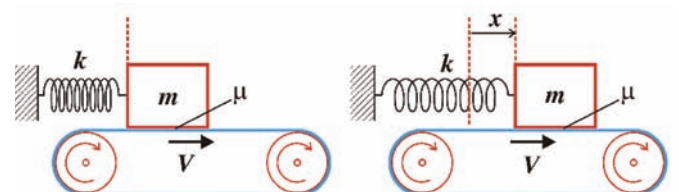


Figura 2 - Esquema simplificado da máquina de sismos: um bloco assente sobre um tapete rolante com atrito e ligado a um ponto fixo por uma mola. A origem do sistema de eixos XX coincide com a posição em que a força elástica da mola é nula, ou seja com deformação nula.

No modelo, o bloco move-se inicialmente solidário com o tapete, sendo a força que o mantém solidário a força de atrito estático. Esta tem um limite máximo e quando a

força da mola ultrapassa este limite o bloco desliza sujeito agora a uma força de atrito cinético. Eventualmente o bloco pára e o ciclo reinicia-se. As forças em jogo durante o ciclo sísmico são:

Força elástica da mola
(força que promove o deslizamento) $F_e = -kx$

Força de atrito estático máximo
(força de fricção que resiste ao deslizamento enquanto o bloco está parado) $A_e^{max} = \mu_e N$

Força de atrito cinético
(força de fricção que resiste ao deslizamento enquanto o bloco está em movimento) $A_c = \mu_c N$

N é a reação normal no contacto entre o bloco e o tapete, que é igual ao peso do bloco $N = mg$

A figura 3 mostra num diagrama simplificado de forças a sequência de um ciclo sísmico.

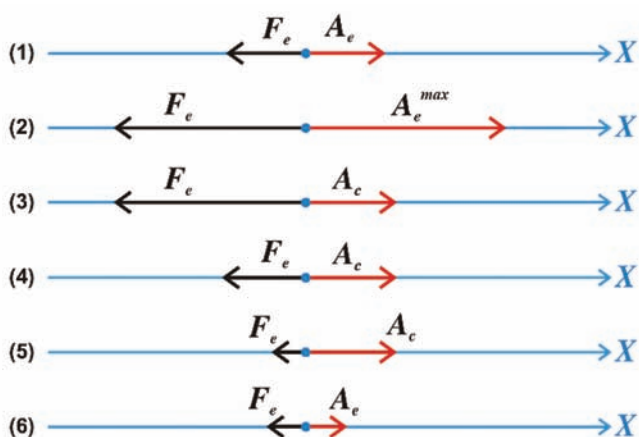


Figura 3 - Diagrama simplificado das forças aplicadas ao bloco da máquina de sismos durante um ciclo. Explicação no texto. O ponto de aplicação das forças representa o bloco. A mola está fixa do lado esquerdo do eixo.

Partindo da posição de equilíbrio em que as forças na horizontal são nulas a mola deforma-se com uma elongação dada por $x = Vt$. Inicialmente (1) a força de atrito estático iguala em cada momento a força elástica da mola e o bloco é arrastado pelo tapete sem deslizamento. A força elástica aumenta progressivamente com o movimento do tapete até que ela iguala o atrito estático máximo (2). Neste ponto, pelo balanço das forças sem aceleração, temos a elongação máxima da mola, x_0 , que vem dada por

$$\sum F_i = 0 \rightarrow -kx_0 + A_e^{max} = 0 \rightarrow x_0 = \frac{\mu_e N}{k}$$

É neste instante que se inicia o deslizamento (3) com movimento relativo do bloco em relação ao tapete. Nesta situação, a força de atrito a atuar é a força de atrito cinético que é inferior ao atrito estático máximo ($\mu_c < \mu_e$), o que permite ao bloco deslizar. No início do deslizamento,

o bloco tem uma velocidade inicial que é a velocidade do tapete, V , num referencial ligado ao chão. Nesse referencial, o movimento do bloco é inicialmente retardado para passar a acelerado no sentido contrário. O deslizamento ocorre com uma força de atrito cinético constante e uma força elástica que se vai reduzindo, até se atingir a igualdade das duas forças (4). Nesse instante, o movimento passa de acelerado a retardado pois é a força de atrito cinético que passa a dominar, até que se dá o fim do deslizamento quando o bloco fica de novo solidário com o tapete, isto é, quando tiver de novo uma velocidade V em relação ao chão (5). Nesse instante, o atrito passa de novo a ser o atrito estático que iguala a força elástica da mola (6) dando-se o reinício do ciclo sísmico.

Solução da equação do movimento durante um "sismo"

Para determinar o movimento do bloco durante o deslizamento sísmico usamos a 2ª lei de Newton segundo o eixo XX já referido. Durante o movimento, temos apenas duas forças em jogo, a força elástica da mola e a força de atrito cinético que consideramos depender apenas da reação normal. Tomamos o início da contagem do tempo coincidente com o início do deslizamento

$$\sum F_i = m \frac{d^2x}{dt^2} \rightarrow -kx + \mu_c N = m \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + kx = \mu_c N \rightarrow \frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = \frac{\mu_c N}{m}$$

Esta é uma equação diferencial para a posição do bloco em relação ao chão (e deformação da mola) $x(t)$, que deve ser resolvida sujeita às condições iniciais

$$x(0) = x_0 = \frac{\mu_e N}{k}$$

$$\frac{dx}{dt}(0) = V$$

A solução da equação homogénea pode ser encontrada sob a forma

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0 \leftrightarrow x(t) = A \cos \omega t + B \sin \omega t$$

A substituição na equação homogénea permite obter o valor de ω

$$-A\omega^2 \cos \omega t + B\omega^2 \sin \omega t + \frac{k}{m}[A \cos \omega t + B \sin \omega t] = 0 \rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m}$$

A solução geral da equação completa toma então a forma

$$x(t) = A \cos \omega t + B \sin \omega t + C$$

Substituindo na equação diferencial temos

$$-A\omega^2 \cos \omega t + B\omega^2 \sin \omega t + \frac{k}{m}[A \cos \omega t + B \sin \omega t] + \frac{k}{m}C = \frac{\mu_c N}{m}$$

Onde se tem (e.g. para $t = 0$)

$$C = \frac{\mu_c N}{k}$$

As restantes constantes obtêm-se pelas condições iniciais

$$x(0) = A + C = \frac{\mu_e N}{k} \rightarrow A = \frac{\mu_e N}{k} - \frac{\mu_c N}{k} = \frac{N}{k}(\mu_e - \mu_c)$$

$$\frac{dx}{dt}(0) = B\omega = V \rightarrow B = \frac{V}{\omega}$$

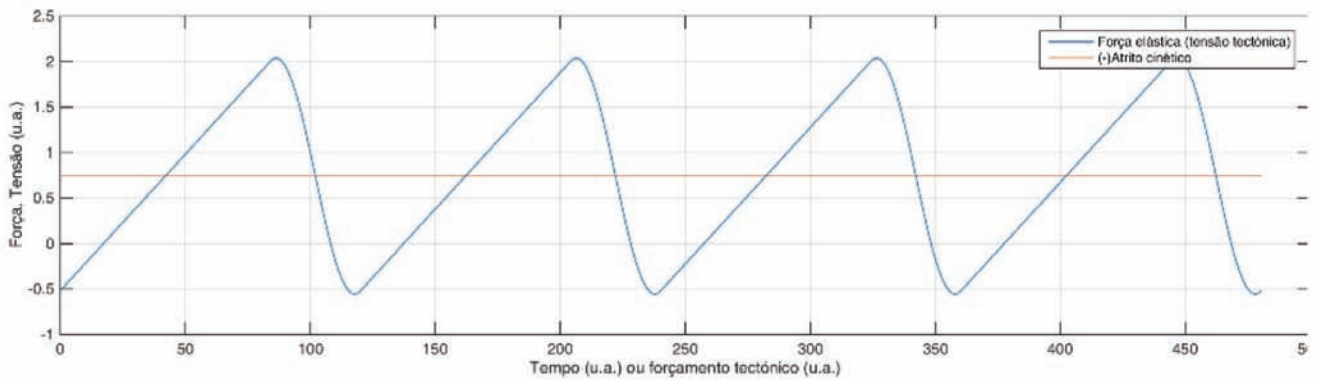


Figura 4 - Evolução da força elástica da mola (e da posição do bloco) com o tempo para 4 ciclos sísmicos. Comparação com a força de atrito cinético que atua durante o deslizamento sísmico.

Temos então para a solução final

$$x(t) = N \frac{\mu_e - \mu_c}{k} \cos \omega t + \frac{V}{\omega} \sin \omega t + \frac{\mu_c N}{k} \quad \omega^2 = \frac{k}{m}$$

$$\frac{dx}{dt}(t) = -N \frac{\mu_e - \mu_c}{k} \omega \sin \omega t + V \cos \omega t$$

$$\frac{d^2x}{dt^2}(t) = -N \frac{\mu_e - \mu_c}{k} \omega^2 \cos \omega t - V \omega \sin \omega t$$

O deslizamento termina quando a velocidade toma de novo o valor de V , ou seja, quando

$$\frac{dx}{dt}(t) = -N \frac{\mu_e - \mu_c}{k} \omega \sin \omega t + V \cos \omega t = V \quad t > 0$$

Trata-se duma equação não-linear que tem de ser resolvida numericamente. Vamos designar o instante em

que o deslizamento termina (duração do sismo) por t_f . Neste instante, a posição do bloco vale $x_f = x(t_f)$. Na posição final, a mola pode estar em compressão ou em extensão em função dos parâmetros do modelo. O deslocamento sofrido pelo bloco num referencial ligado ao chão vale

$$\Delta x^1 = x_0 - x_f$$

A queda de tensão ocorrida devido ao “sismo” é um parâmetro relevante em Sismologia. No modelo do bloco essa queda de tensão (positiva) vale

$$\Delta \sigma = -\Delta F_e = k \Delta x^1$$

O tempo necessário para que a falha atinja de novo o ponto de rotura é dado por

$$t_{sub} = \frac{\Delta x^1}{V} = \frac{x_0 - x_f}{V}$$

Numa máquina de sismos ideal, que siga as leis atrás descritas, todos os deslizamentos (sismos) serão idênticos, têm uma duração que apenas depende da massa e da constante elástica da mola e realizam um deslizamento global que num sistema não ligado ao tapete depende da reação normal, da diferença entre os coeficientes de atrito estático e cinético, e também da constante da mola.

Para avaliar o deslizamento sísmico entendido como o movimento relativo entre os dois blocos da falha, massa e tapete, deve-se ter em consideração o movimento relativo do tapete e bloco durante a rotura. Esse deslizamento total vale então

$$\Delta x^a = \Delta x^1 + V t_f$$

O deslocamento entre os dois lados da falha, do bloco em relação ao tapete, representado pela função $u(t)$, pode ser comparado com o forçamento tectónico constante Vt . Quando não há deslizamento tem-se que $u=0$. Durante o deslizamento sísmico, tem-se

$$u(t) = x(t) - Vt$$

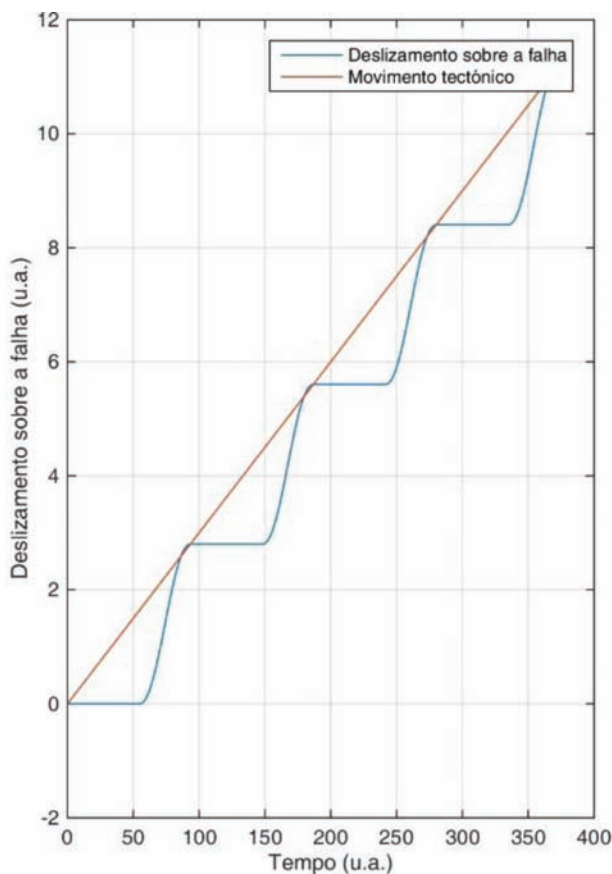


Figura 5 - Deslizamento sobre a falha ao longo do tempo para 4 ciclos sísmicos e comparação com o forçamento tectónico

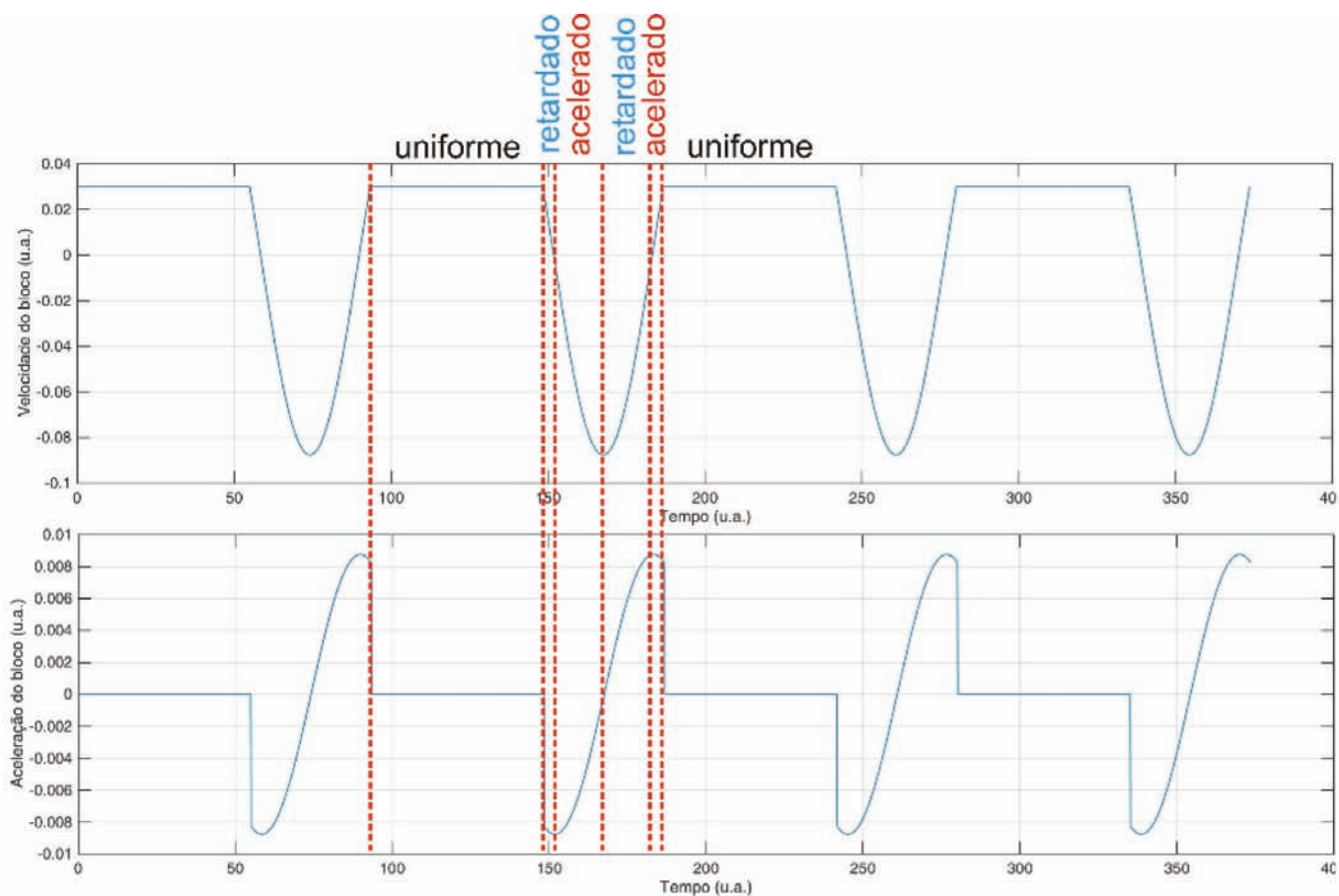


Figura 6 - Representação da velocidade e aceleração do bloco ao longo do tempo para 4 ciclos sísmicos. As linhas verticais marcam o limite de cada tipo de movimento do bloco num referencial ligado ao solo.

Exemplo de aplicação

O comportamento dum sistema ideal como o descrito acima está ilustrado nas figuras 4 e 5 onde se mostram, respetivamente, a evolução da força tectónica e do deslizamento na falha em função do tempo. Os parâmetros do modelo são arbitrários, escolhidos para pôr em evidência o comportamento das forças e dos deslocamentos durante o ciclo sísmico. Na figura 6, representamos a evolução ao longo do tempo da velocidade e aceleração escalares do bloco. Indicamos nesta figura o tipo de movimento sofrido pelo bloco no referencial ligado ao solo. O tipo de movimento depende da relação entre a velocidade e aceleração escalares, v e a , mudando quando $v = 0$ e $a \neq 0$ ou quando $v \neq 0$ e $a = 0$. Os pequenos intervalos de movimentos retardado e acelerado no início e fim de cada evento de deslizamento resultam do referencial escolhido, ligado ao solo. Num referencial inercial ligado ao tapete que se desloca com velocidade uniforme V , teríamos apenas dois tipos de movimento, acelerado no início e retardado no fim¹.

Considerações de energia

Note-se que um evento sísmico se inicia com velocidade relativa do bloco em relação ao tapete nula e termina também com velocidade relativa nula. Em relação ao chão, as velocidades inicial e final do bloco são idênticas pelo que não há variação da energia cinética. Pelo teorema da energia cinética, temos então que o trabalho de todas as forças que atuam sobre o bloco e realizam trabalho deve ser nulo. Já vimos que há apenas duas forças a atuar na direção do movimento, a força elástica da mola e a força de atrito. A força elástica da mola é uma força conservativa e por isso o trabalho realizado é o simétrico da variação da energia potencial elástica, que se calcula a partir da posição inicial antes do sismo (x_0) e da posição final após o sismo (x_f).

$$W(F_e) = -\Delta E_p = \frac{1}{2} kx_0^2 - \frac{1}{2} kx_f^2$$

Então o trabalho realizado pela força de atrito cinético durante o sismo deverá ser o simétrico do trabalho da força elástica

$$W(A_c) + W(F_e) = 0 \rightarrow W(A_c) = -W(F_e) = \frac{1}{2} kx_f^2 - \frac{1}{2} kx_0^2$$

¹ Para o constatar devemos imaginar o gráfico da velocidade escalar na figura 6 descido de forma a alinhar a velocidade constante do movimento uniforme com o zero do eixo.

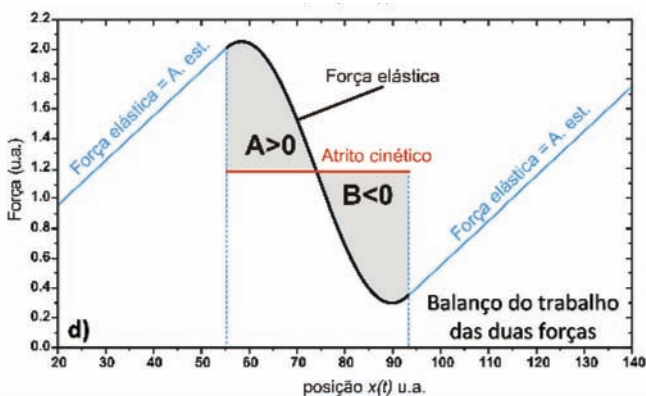
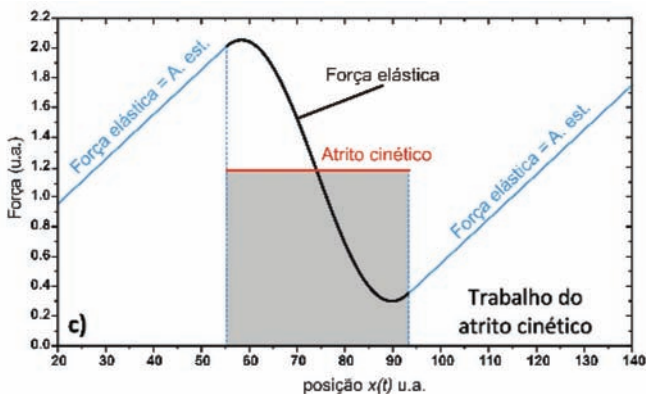
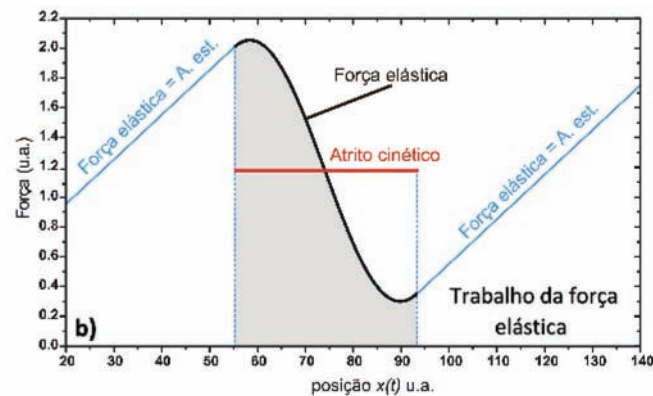
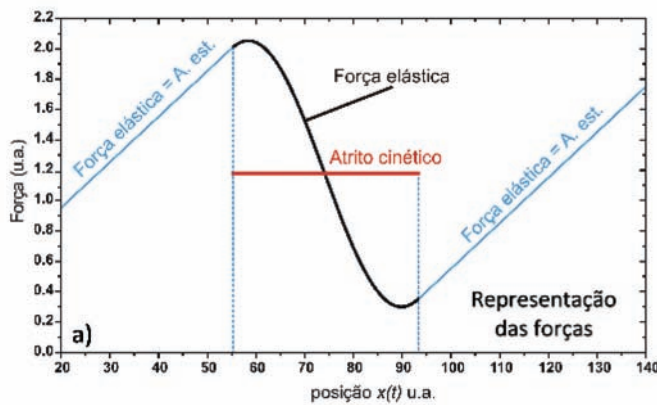


Figura 7 - Cálculo gráfico do trabalho realizado pelas forças durante um ciclo sísmico. a) Representação das forças durante um ciclo sísmico. b) A área sombreada representa o trabalho realizado pela força elástica da mola. c) A área sombreada representa o negativo do trabalho realizado pela força de atrito cinético. d) Como o trabalho de todas as forças é nulo, as áreas A e B têm de ser idênticas.

Esta relação tem uma expressão gráfica que passamos a ilustrar.

A uma dimensão, por exemplo segundo o eixo XX, o trabalho realizado por uma força entre as posições A e B é dado pelo integral:

$$W(F) = \int_A^B F(x)dx$$

A figura 7 mostra o cálculo gráfico do trabalho realizado pela força elástica da mola e pelo atrito cinético, confirmando-se a igualdade dos dois valores se as áreas na figura 7d A e B forem iguais.

A máquina de sismos do IDL

A figura 8a mostra a máquina de sismos construída no IDL. O tapete é movimentado com uma manivela, mas pode também ser acionado por uma aparafusadora de forma a manter um forçamento tectónico constante que se aproxima mais das condições reais no Globo como resultado do movimento uniforme (à escala humana) das Placas Tectónicas. A força de restituição é dada por um elástico que se encontra ligado a um sensor de força. Este sensor é o modelo “Cobra SMARTsense Force & Acceleration” distribuído pela PHYWE. O sensor liga-se por Bluetooth a um computador, tablete ou smartphone com a aplicação *MeasureApp*, de distribuição livre.

A Figura 8b mostra a cópia de ecrã dum registo efetuado na máquina de sismos com recurso a esta associação hardware-software. O atrito entre o bloco e o tapete é assegurado por papel de lixa, podendo a lixa do bloco ser modificada para testar várias condições de atrito. O bloco é aberto de forma que é possível alterar a sua massa e conseqüentemente a reação normal com a adição de pesos de chumbo. No bloco, está colocado um modelo de edifício Bururu² que ilustra o efeito dos “sismos” sobre construções.

Neste pequeno registo, podemos constatar que a máquina de sismos gera sismos maiores e sismos mais pequenos, não se adivinhando a partir do sismo anterior se o próximo será grande ou pequeno. Este comportamento da máquina de sismos aproxima-se da realidade que se observa no Globo. No ensino das Ciências da Terra, a máquina de sismos permite abordar conceitos e questões relevantes como:

- Quanta energia pode ser armazenada numa falha antes de ela ceder?
- Essa quantidade é sempre a mesma?
- A energia armazenada, ou tensão acumulada, é toda libertada no sismo?
- Os sismos podem ser previstos?

² http://www.sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp/data/laboFT/bururu_english/family/paper_bururu/html/kamibururu.html

- Qual é o deslizamento em cada sismo;
- Qual é a energia consumida em cada sismo e a sua relação com a magnitude;
- Qual é a tensão na falha antes de cada sismo;
- Qual é a queda de tensão em cada sismo;

A máquina de sismos permitirá ainda avaliar a influência de vários parâmetros do modelo no ciclo sísmico (comportamento frágil das falhas), como sejam:

- O coeficiente de elasticidade (usando um ou mais elásticos ou variando a sua natureza);
- A massa do bloco e com isso o valor da reação

normal que define o contacto do bloco com o tapete;

- As propriedades de atrito fazendo variar o tipo de lixa que está ligada ao bloco;

Por fim, dispondo de dezenas ou algumas centenas de eventos, podemos realizar alguma investigação sobre o catálogo sísmico gerado:

- Qual é a lei que rege a distribuição do nº de sismos em função da magnitude?
- É possível prever a magnitude do sismo seguinte a partir do nível de tensão atingido?
- Será que a magnitude do sismo seguinte depende do intervalo de acumulação de tensões anterior?

- A distribuição dos sismos ao longo do tempo é aleatória? Qual é a sua distribuição estatística?

Conclusão

Com a máquina de sismos é possível gerar um catálogo de eventos que permite explorar outros aspetos da sismologia que não cabem neste trabalho. Pretendemos com a apresentação e discussão da máquina de sismos ilustrar mais uma vez a interligação que existe entre as áreas da Física e das Ciências da Terra, multidisciplinaridade que pode ser explorada em ambiente escolar com benefícios para ambas.

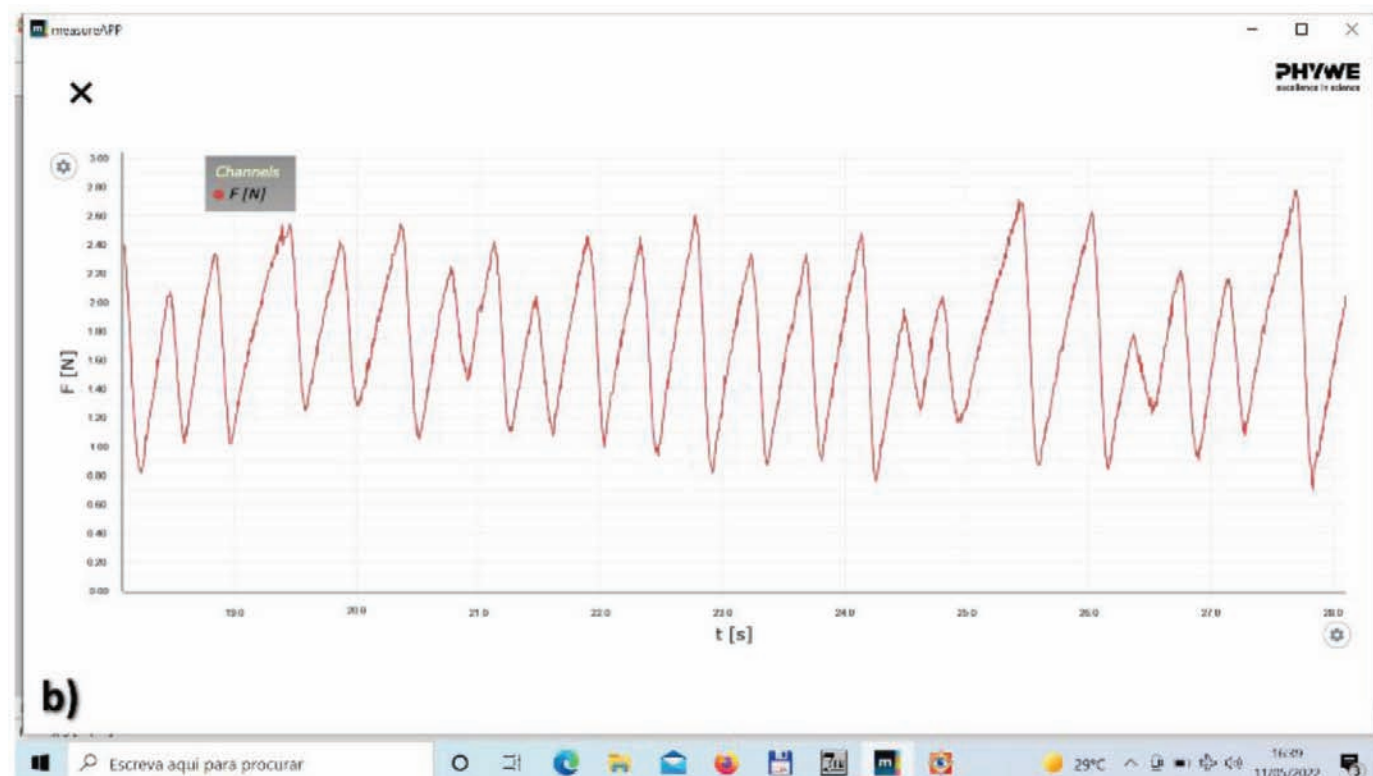
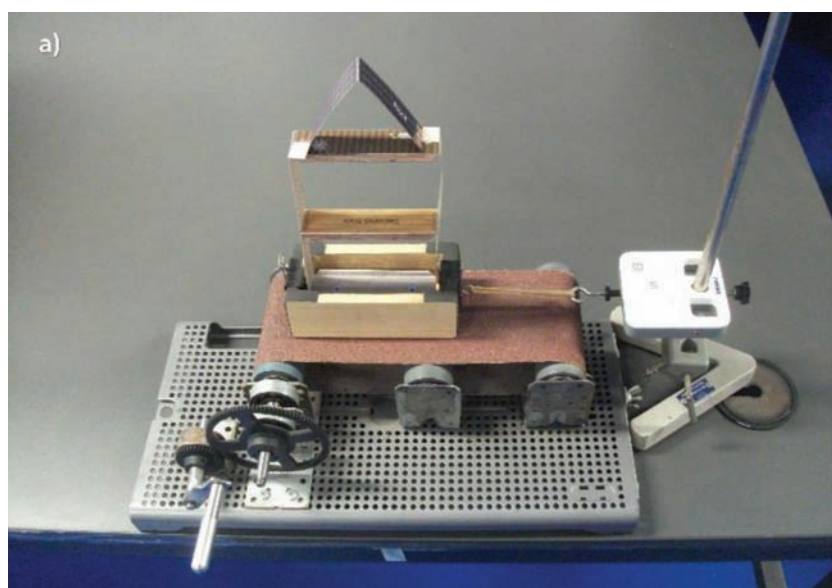


Figura 8 - a) A máquina de sismos do IDL. b) Cópia de ecrã de um obtido com um sensor de força.



Luis Matias, é professor associado com agregação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, e investigador do IDL, Instituto Dom Luiz. As suas áreas principais de investigação têm sido a Sismologia e a Geofísica Marinha. Tem coordenado e participado em vários projetos de divulgação científica nestes domínios, quer a nível nacional quer a nível internacional. A observação sismológica nos oceanos tem permitido a ligação da investigação a outras áreas científicas, como a Oceanografia, a Meteorologia e a Biologia Marinha.



Carlos Corela, é Técnico Superior na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL) e investigador no Laboratório Associado Instituto Dom Luiz. É licenciado em Ciências Geofísicas, na especialidade de Geofísica Interna (FCUL), mestre em Eng. Física Tecnológica na especialidade de Instrumentação, metrologia e qualidade (FCUL) e doutorado em Ciências Geofísicas e da Geoinformação (FCUL). Tem coordenado e participado em vários projetos no âmbito da Sismologia, com ênfase na construção de estações sísmicas de fundo oceânico. Dedicar-se também à sismologia em tempo real, ruído sísmico ambiente, eletrónica e instrumentação sísmica.



Susana Custódio, é Professora Auxiliar na FCUL, na área de Geofísica, e investigadora do Laboratório Associado IDL. É licenciada em Eng. Física Tecnológica pelo Inst. Sup. Técnico e doutorada em Ciências Geológicas pela Univ. Califórnia, Santa Bárbara. Dedicar-se à sismologia, com ênfase no estudo das fontes sísmicas, sismologia em tempo real, e educação e divulgação sobre riscos.



José Luis Pereira Duarte, é assistente técnico na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL) e suporte técnico do Laboratório Associado Instituto Dom Luiz. Responsável pelo desenvolvimento do desenho técnico em 3D, construção mecânica e ensaios de protótipos.

“Exit both ways”

Carlos Herdeiro

Departamento de Matemática, Universidade de Aveiro

Em 2005, ano internacional da Física, a Sociedade Portuguesa de Física organizou a conferência “Física 2005 - Física para o século XXI”, de 1 a 3 de Dezembro, na Alfândega do Porto [ver vol. 28, Fasc. 4 da Gazeta de Física]. Entre os palestrantes convidados, surge o nome de Anton Zeilinger, um dos laureados com o Prémio Nobel da Física de 2022 “por experiências com fotões emaranhados, estabelecendo a violação das desigualdades de Bell e pioneiras na ciência da informação quântica”. Tendo co-organizado este evento, lembrome com clareza da comunicação de Zeilinger na Física 2005, com o título, “De Einstein à Informação Quântica”, e ficou-me gravada a “anedota” com que Zeilinger a fechou. Disse-nos que tinha estado nos EUA recentemente e que lá já se conseguiam sobreposições quânticas com corpos macroscópicos, mostrando-nos com um sorriso prazeroso uma fotografia da saída de um parque de estacionamento, que tinha duas vias, e com uma placa no meio das vias declarando “Exit both ways”. E rematou: “Os americanos, como sempre, estão bem à nossa frente.” À gargalhada geral seguiu-se uma sentida salva de palmas pela estimulante comunicação.

Não há qualquer evidência de que um carro possa sair da garagem pelas duas vias, em simultâneo. Mas de acordo com a Mecânica Quântica (MQ), um carro microscópico (por exemplo, um fotão ou um electrão), passa na famosa experiência das duas fendas por ambas as fendas. Prescreve a MQ que um tal “carro” propaga-se como uma onda de probabilidade (uma sobreposição das trajetórias possíveis) e interfere consigo mesmo. Mas é detetado como um carro localizado, devido ao colapso dessa onda. Esta prescrição (“interpretação de Copenhaga”) explica o padrão clássico de interferência observado quando se acumulam no alvo muitos fotões ou electrões. Um tal padrão foi observado por Thomas Young, em 1801, que engendrou a experiência das duas fendas para testar e comprovar as propriedades ondulatórias da luz. A experiência das duas fendas com fotões/electrões individuais, por outro lado, não é apenas uma *gedankenexperiment*. Por exemplo, uma realização prática com electrões foi feita por Tonomura et al. [*American Journal of Physics* 57, 117 (1989)], Figura

anexa. O filme da experiência, com elevado valor pedagógico, encontra-se no YouTube [procurar “Double-slit interference pattern from the Hitachi experiment”].

A ideia de que um objeto microscópico evolui como uma onda de probabilidade, ou seja numa sobreposição de estados, e que colapsa de uma maneira aleatória quando uma mediação é feita, incomoda os físicos há cerca de um século. A escola pragmática observa a notável capacidade da MQ de descrever o mundo atómico e sub-atómico e segue o mantra de Feynman “Cala-te e calcula!”. A escola céptica, por outro lado, procura outra hipotética realidade por detrás desta aparente aleatoriedade. Einstein famosamente encabeçou esta atitude nas décadas de 1920 e 30 e a sua oposição culminou no seu célebre artigo de 1935 com Podolsky e Rosen [*EPR, Phys. Rev.* 47 (1935) 777], onde expõe um argumento de uma lógica cristalina que conclui que a MQ ou é inconsistente ou é incompleta. Na base desta conclusão, está a noção local e realista de causalidade da (sua) teoria da relatividade restrita: dois sistemas separados não podem comunicar instantaneamente. O argumento de EPR foi algo desvalorizado por Bohr, mas Schrödinger [*Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, 31 (1935) 555–563; 32 (1936) 446–451] reconheceu a sua profundidade e cunhou o termo “entanglement” (emaranhamento ou entrelaçamento) para descrever os sistemas quânticos com as propriedades descritas por EPR.

O emaranhamento quântico foi caracterizado por Schrödinger como “o traço definidor da MQ;” transcende o realismo local de EPR sem contradizer a causalidade relativista, porque não é manipulável para transmitir informação a velocidades super-luminais. Está na base da ideia que permitiu refutar a existência da tal outra hipotética realidade (as variáveis escondidas) por detrás da aparente aleatoriedade da MQ, quantificada pelas desigualdades de Bell, que as experiências de Clauser e Aspect - os outros dois laureados com o Nobel da Física 2022 - mostraram ser violadas. Estas experiências confirmam a não-localidade quântica como um traço inescapável - esta “fantasmagórica ação à distância” (nas palavras de Einstein) é um enorme desafio conceptual para a nossa intuição clássica.

Por outro lado, também baseado no emaranhamento quântico, Zeilinger tem liderado as experiências para demonstrar como mover um estado quântico de uma partícula para outra, longe da primeira. Não se pode observar um estado quântico sem interferir com ele - o que em geral o altera - e, nesse sentido, não se pode fotocopiar um estado quântico. O trabalho pioneiro de Zeilinger tem mostrado a praticidade de copiar o estado quântico (à custa de destruir o original) numa outra localização - um processo que é conhecido pela apelativa designação de teletransporte quântico. Mas desengane-se quem pensa no “Caminho das Estrelas” e numa viagem praticamente instantânea para paragens longínquas ao som de “*Beam me up Scotty*”. A velocidade deste processo de transmissão de informação quântica está limitada pela velocidade da luz (pois existe um elemento clássico na transmissão). O teletransporte quântico pode ser fundamental para futuras tecnologias, como a comunicação entre computadores quânticos.

O Nobel da Física 2022 premeia o inimaginável mundo quântico. Sem os dados experimentais que a motivaram, a MQ jamais teria sido proposta por puras excursões intelectuais, matemáticas ou teóricas. É demasiado estranha. Perguntar, por exemplo, pela física dos átomos em 1850, teria sido uma pergunta à frente do seu tempo, destinada ao falhanço na ausência da informação experimental, por exemplo, sobre os espectros atômicos. É legítimo questionar

se hoje não existem perguntas à frente do nosso tempo, que terão de aguardar por dados observacionais/experimentais para poderem ser atacadas com alguma hipótese de sucesso enquanto modelos da realidade física, por exemplo, as questões da gravitação quântica. Felizmente vivemos numa época de extraordinários desenvolvimentos observacionais, que nos faz acreditar que tais dados podem estar ao virar da esquina.

Entretanto, podemos adoptar a boa disposição de Zeilinger para encarar o que realmente acontece na experiência das duas fendas, adicionando a espirituosidade do basebolista norte-americano Yogi Berra (com desculpas por mais um anglicanismo): “*When You Come to a Fork in the Road ... Take It*”.

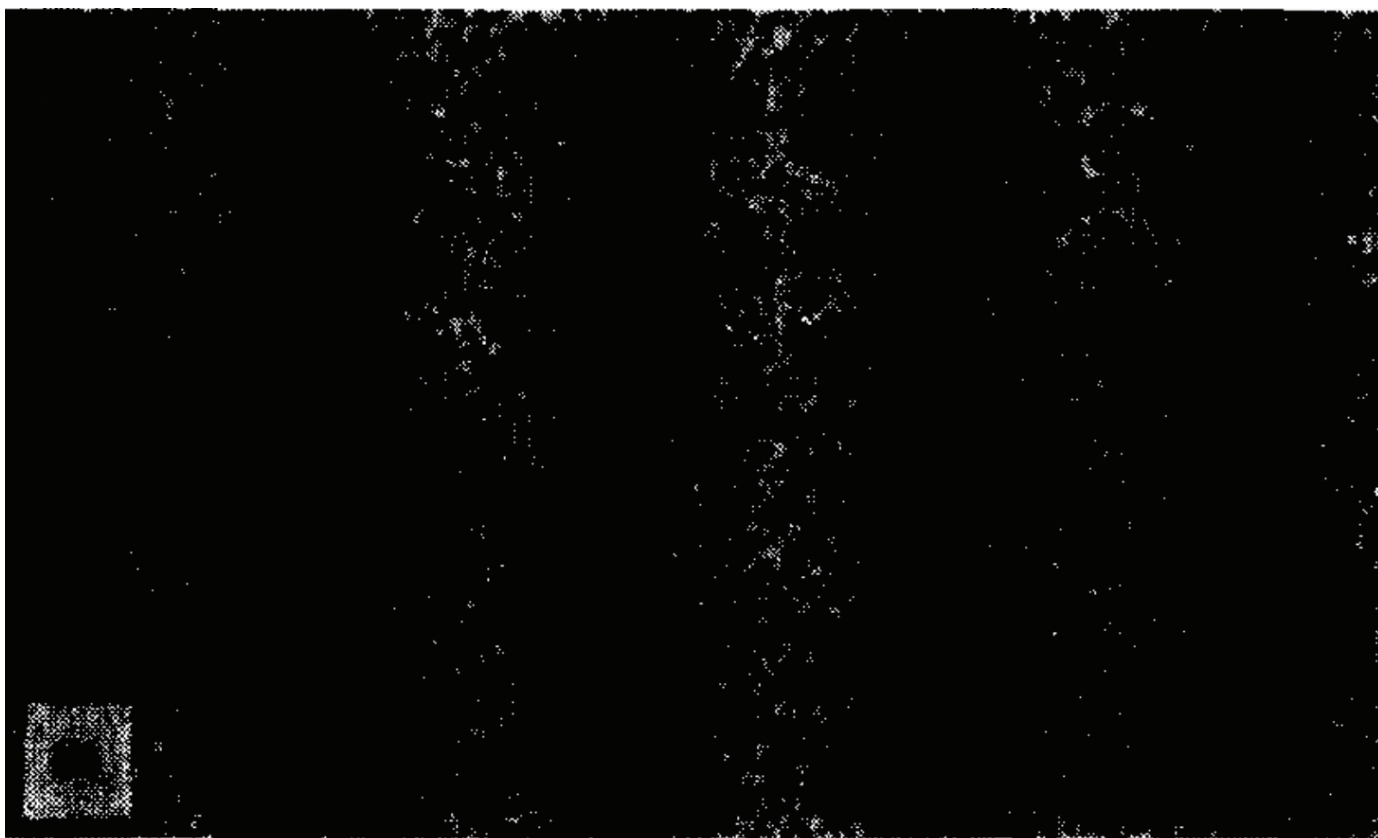


Figura 1 - Figura da experiência real de duas fendas com electrões, American Journal of Physics 57, 117 (1989)

O equilibrista do Gabinete de Física

Helena Arede¹, Joana Pancas¹, Constança Providência^{1,2}, Rita Wolters³

¹ Rómulo - CCVUC, Universidade de Coimbra

² CFisUC, Departamento de Física, Universidade de Coimbra

³ Ilustradora

Material

- 1 mola de roupa
- 1 rolha
- arame
- 2 porcas, conchas ou pedras
- 2 garfos
- papel e cola

Equilíbrio estável

É com o Marquês de Pombal que o ensino da Física como ciência experimental tem início em Portugal, mais precisamente com a inauguração em 1766 do Colégio dos Nobres, em Lisboa. Contudo, na sequência da Reforma Pombalina da Universidade, em 1772, o Marquês de Pombal mandou transferir para Coimbra toda a coleção de instrumentos de Física, assim como o professor italiano António Dalla Bella, que chegaram a esta cidade no dia 3 de Fevereiro de 1773, há precisamente 250 anos!

A Física é uma ciência que tem como objetivo principal perceber como o Universo funciona. E para percebermos o Universo precisamos de observar, experimentar, medir e explicar o comportamento dos constituintes do Universo. Para isso é necessário criar laboratórios e equipá-los com os melhores instrumentos científicos.

Se ainda não foste ao Gabinete de Física da Universidade de Coimbra convido-te a visitar este local maravilhoso, onde a ciência se liga harmoniosamente com a arte. Uma das peças mais bonitas é o equilibrista, na Figura 1. É um acrobata muito bem vestido e que apoia a ponta do pé num suporte. Segura nas mãos uma vara dobrada em forma de U com duas bolas pesadas presas em cada uma das extremidades. Se lhe dermos um pequeno empurrão ele oscila até voltar a ficar parado na sua posição de equilíbrio. Porque será que não cai?

Para perceber porque se comporta assim o equilibrista, constrói os teus próprios equilibristas. Observa os brinquedos da Figura 2, que se equilibram apoiados na rolha de uma garrafa: o pássaro na ponta do bico, tal como a

libelinha e o palhaço com uma vara arqueada e duas bolas uma em cada ponta apoia-se no seu chapéu. Consegues perceber o que é comum a todos? Vamos descobrir!



Figura 1 - O Equilibrista do Museu de Física da Universidade de Coimbra (fotografia de José Meneses)



Figura 2 - Equilibristas: o pássaro, a libelinha e o acrobata

Tenta equilibrar uma rolha na ponta do dedo. É difícil, certo? Espeta agora dois garfos na rolha, um de cada lado como mostra a Figura 3. Volta a tentar equilibrar a rolha na ponta do dedo. Consegues? Tal como o equilibrista do Gabinete de Física também esta montagem se equilibra facilmente na ponta do dedo.

Podes construir o teu próprio equilibrista com uma mola da roupa. Tal como a rolha, também a mola é difícil de equilibrar na ponta do dedo. Para teres um equilibrista terás de acrescentar um arco em U com um objeto pesado em cada ponta. Pega num pedaço de arame com cerca de 15-20 cm de comprimento e enfia duas porcas de parafuso nas extremidades, uma em cada ponta. Dobra em forma de U tal como o equilibrista e enfia no buraco da mola tendo o cuidado de centrar o arame. Volta a tentar equilibrar a mola. Desta vez consegues?

Desenha um equilibrista em cartolina e pinta-o. Cola-o à mola ou à rolha. Construístes o teu próprio equilibrista!

Consegues perceber porque é que ele se equilibra? Repara que para conseguires que a mola e a rolha se equilibrem precisaste de prender em ambos os objetos dois pesos, um de cada lado, que ficam pendurados para baixo do ponto de apoio. E esse é o segredo: se o centro do objeto ficar acima do ponto de apoio ele desequilibra-se facilmente mas se ficar abaixo do ponto de apoio conseguimos equilibrar o objeto. Para determinares o centro do objeto (que é o seu centro de massa) tens que considerar todas as partes que o formam: primeiro consideraste apenas a rolha ou apenas a mola, e não conseguiste equilibrar nenhum facilmente; depois juntaste à rolha dois garfos e à mola com o arame dois pesos, e nestes dois casos conseguiste equilibrar os objetos.

Observa novamente os brinquedos da Figura 2, representados com mais pormenor na Figura 5, que se equilibram na rolha de uma garrafa. Repara que todos têm um peso que fica abaixo do ponto de apoio: as pontas das asas do pássaro têm dentro um peso, a libelinha tem as asas viradas para baixo de modo que as suas pontas ficam abaixo do bico da libelinha, e as bolas do palhaço ficam bem abaixo da ponta do pé.

E se quiseres construir outras figuras equilibristas convidote a visitar a página do Rómulo Centro Ciência Viva da Universidade de Coimbra

<https://www.uc.pt/iii/romuloccv/emcasa/atividade17>
e mãos à obra!

Agora que já sabes o segredo constrói outras montagens equilibristas!

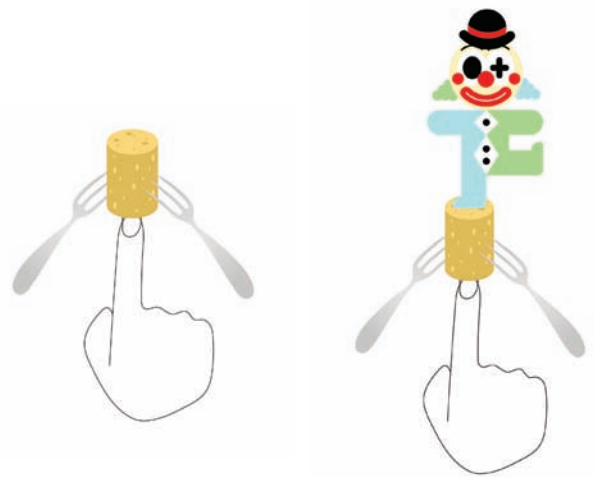


Figura 3 - Equilíbrio de uma rolha

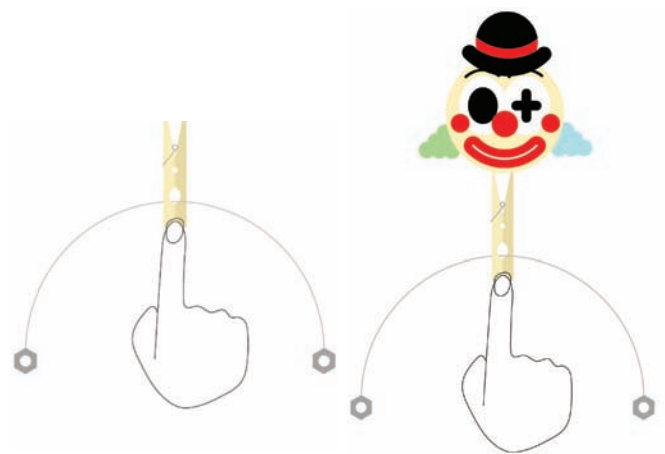


Figura 4 - Equilíbrio de uma mola

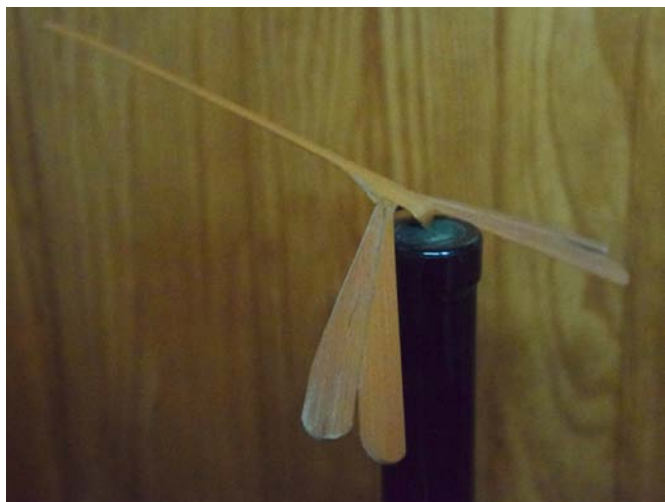
Agradecimentos

Agradecemos ao Gilberto Pereira pelos dados históricos relativos aos instrumentos do Gabinete de Física e à Lucília Brito pela leitura atenta e as sempre ótimas sugestões.

Bibliografia

- [1] Ermelinda Ramos Antunes e Catarina Pires, O Gabinete de Física da Universidade de Coimbra, in Coleções Científicas Luso-Brasileiras: património a ser descoberto, Organização: Marcus Granato e Marta C. Lourenço. - Rio de Janeiro: MAST, 2010, pg 157. https://www2.ufjf.br/farmacia/wp-content/uploads/sites/161/2009/01/colecoes_cientificas_luso_brasileiras_patrimonio_a_ser_descoberto.pdf
- [2] Constança Providência, Helena Alberto e Carlos Fiolhais, Ciência a Brincar, Editorial Bizâncio, 1999.
- [3] Em Casa com Ciência (2023, Janeiro 11). 17 Equilibrista de Papel, RÓMULO Centro Ciência Viva da Universidade de Coimbra. <https://www.uc.pt/iii/romuloccv/emcasa/atividade17>

Figura 5 - Pormenor dos objetos da Figura 2. O Equilibrista da Figura 1 aparece noutra posição.



Equilibrista do Museu de Física da Universidade de Coimbra
(fotografia de José Meneses)

notícias

Olimpíadas de Física 2022

No ano de 2022, as atividades desenvolvidas pela Sociedade Portuguesa de Física no âmbito das Olimpíadas Regionais e Nacionais de Física 2022 e da preparação e participação de equipas de jovens estudantes do 11º e 12º anos na Olimpíada Internacional de Física 2022, na Olimpíada Europeia de Física 2022, e na Olimpíada Ibero-americana de Física 2022 são aqui descritas. As atividades relacionadas com as Olimpíadas de Física são promovidas, na Sociedade Portuguesa de Física (SPF), pela Comissão Nacional das Olimpíadas de Física constituída por:

- Rui Travasso, do Dep. de Física da FCTUC, Diretor das Olimpíadas de Física
- Presidente da Del. Regional do Norte da SPF, André Pereira
- Presidente da Del. Regional do Centro da SPF, Fernando Amaro
- Presidente da Del. Regional do Sul e Ilhas da SPF, José Manuel Marques
- Representante da Divisão de Educação da SPF, Maria Deolinda Campos
- Filipa Borges, do Dep. de Física da FCTUC
- José António Paixão, do Dep. de Física da FCTUC
- Orlando Oliveira, do Dep. de Física da FCTUC
- Rui Vilão, do Dep. de Física da FCTUC
- Helena Vieira Alberto, do Dep. de Física da FCTUC
- João Carlos Carvalho, do Dep. de Física da FCTUC
- Isabel Lopes, do Dep. de Física da FCTUC
- Paulo Gordo, do Dep. de Física da FCTUC


Olimpíadas Regionais de Física


A XXXVIII edição das Olimpíadas de Física, de forma presencial no dia 23 de abril de 2022 nas cidades de Coimbra, Covilhã, Faro, Funchal, Lisboa, Ponta Delgada, Porto, e Vila Real. Contou com uma componente teórica e uma componente experimental. O número de alunos aumentou em relação aos anos de pandemia, estando envolvidos nesta atividade 464 alunos do 9º ano (escalão A), e 450 alunos do 11º ano (escalão B). A participação no escalão B foi feita a título individual, enquanto no escalão A os alunos concorrem em equipas com um


máximo de três elementos. Os vencedores da Olimpíada Regional foram:

Escalão A


Escalão A - Norte Litoral


 Mariana Isabel da Silva Martins Ribeiro
José Eduardo Coelho e Cunha
Tomás Azevedo Louro
Colégio Luso Francês, Porto


 Joana Catarina Cerqueira Pereira
Rafaela Silva Coelho
Ricardo José Magalhães Ferreira
Escola Secundária de Penafiel

 Beatriz Queirós Coutinho Brenha
Sara Isabel Domingues Pereira
Vasco Pereira Barbosa
Escola Secundária de Valongo


Escalão A - Norte Interior

 António José da Silva Santos Noites
Diogo Rodrigues Catalino
Francisco David Fernandes Oliveira
EB S. João da Pesqueira


 Ana Luís Gonçalves de Sá
Hugo Manuel Pereira Bento Vaz Fernandes
João Carlos Sendim Almeida
Escola Secundária Emídio Garcia, Bragança

 Gil Marques Morais
Gonçalo Gomes Pereira
Adelino Fernando Sousa Nunes
EB S. Júlio Martins, Chaves


Escalão A - Centro Litoral


 Ada Geovanna Tristão Ferreira
Bernardo Correia Pinheiro
Pedro Miguel Santos Silva
Escola Secundária Emídio Navarro, Viseu


 Marta Nogueira Tavares Pereira
Leonor Costa Santos
Leonor Perestrelo Merendeiro
Escola Secundária José Estevão, Aveiro

 Camila Albuquerque Ramires Ferreira da Costa
Rodrigo Tomasio de Jesus
Tiago Simões Azevedo
EB dos 2.º e 3.º Ciclos de S. Bernardo, Aveiro


Escalão A - Centro Interior


 Bernardo João Baltasar Simões
Filipe Nicolau Pedro
Rafael Santos Silva
EB e Secundária de Alcains, Castelo Branco


 Afonso Cavalheiro Galvão
David João Santos Domingos
Luis Filipe Russell Ferreira Oliveira
EB Integrada de Castelo Branco

 Francisco Abrantes Pena Martins Fazenda
Martim Afonso Ramalho
Esc. Sec. com 3.º Ciclo do Ensino Básico do Fundão


Escalão A - Região Lisboa


 João Pedro Rodrigues Caiado
Sara Custódio da Rocha
Escola Secundária do Bocage, Setúbal


 Tomás Ferreira Faria
Matilde Domingos Piedade Braga Luís
Rodrigo Salvado Gama
Colégio Moderno

 Cristóvão Correia
Pedro Cavaca
Diogo Almeida
Colégio Marista de Carcavelos


Escalão A - Região Açores

 Afonso Enes Benevides
Francisco Botelho Teixeira
Francisco Nascimento Almeida
Escola Secundária Domingos Rebelo


 Beatriz Enes Xavier da Silva Mendonça
Simão Fontes Silva
Daniel Oliveira Brasil
EB e Secundária da Calheta, Açores

 Duarte Areia Freitas
Luís Miguel Simões Ferreira
Pedro Galo Mendes Costa
Esc. Sec. Jerónimo Emiliano de Andrade

Escalão A - Região Madeira


 Gonçalo da Silva Faria
Pedro dos Santos Conceição
Rui David Gonçalves Pinto
Escola Básica 23, Caniço


 André Afonso Coelho Freitas
André Lopes Rodrigues de Pão
Shantall Angelith Camacho Apolinário
EB e Secundária Gonçalves Zarco

 Manuel António Sousa Dória
João Pedro Freitas Câmara
Madalena Leal Nunes Vieira Rosa
EB e Secundária Bispo D. M. F. Cabral

Escalão A - Região Faro

 Pedro Manuel Mendes Martins
Afonso Miguel T. Bispo
Mara Filipa Duarte Monteiro
EB dos 2.º e 3.º Ciclos de D. Martim Fernandes


 Tiago Filipe Calado Mestre
Tomaz Fernandes Serrão Gonçalves
Margarida dos Reis Fonseca
Esc. Sec. com 3.º Ciclo de Ensino Básico de Gil Eanes

 Afonso Coelho Alexandre
Mariana Fazenda Figueiredo Santos Silva
Nicole Leal Correia
EB dos 2.º e 3.º Ciclos D. Martinho Castelo Branco

Escalão B

Escalão B - Norte Litoral

 Duarte Luís Malheiro Duarte
Colégio D. Diogo de Sousa, Braga


 Pedro Miguel Sousa Coelho
Escola Secundária do Castelo da Maia, Maia

 Margarida de Oliveira Figueiredo
EB e Secundária de Santa Maria da Feira


 André Rodrigues
Escola Secundária Alberto Sampaio, Braga

 Cláudio Daniel Ferreira Meireles
Escola Secundária c/ 3.º Ciclo de Paredes

 Ivan Romeu Pereira Pinto
Escola Secundária c/ 3.º Ciclo do Ensino Básico de Fafe

 Laura Sofia Martins Vieira
EB e Sec. de Arga e Lima, Viana do Castelo


 Pedro Bruno T. Sobral do Vale Peixoto
Esc. Sec. Dr. Joaquim Gomes Ferreira Alves, V. N. Gaia

 Simão Pedro Moreira Araújo
Escola Secundária José Régio, Vila do Conde

 Sofia Monteiro de Melo Cardoso
Escola Secundária Aurélia de Sousa, Porto

Escalão B - Norte Interior

 Miguel Borges Pereira
Esc. Sec. Emídio Graça, Bragança




 Luís Miguel Costa Gonçalves
EBS Fernão de Magalhães, Chaves

 Beatriz Sanches Arribada
EBS Fernão de Magalhães, Chaves

Escalão B - Centro Litoral




-  Miguel Barra de Almeida
Escola Secundária de São Pedro do Sul
-  José Miguel Maltez Xavier
Escola Secundária de Nelas
-  Dinis Anjos Cândido
Escola Secundária da Lousã
-  Constança Pires Vala e Oliveira Marques
Escola Secundária de Porto de Mós
-  Rodrigo Costa Almeida
Escola Secundária de São Pedro do Sul
-  Gonçalo Diogo Gomes França
Escola Secundária Alves Martins, Viseu
-  Dinis Chaves Sousa Marques da Costa
Escola Secundária Alves Martins, Viseu
-  Gabriel Mourato Henriques
Escola Secundária Alves Martins, Viseu
-  Henrique Canteiro Malva
EB e Secundária de Montemor-o-Velho
-  Afonso Miguel Tomás Domingos
Externato Cooperativo da Benedita, Alcobça

Escalão B - Centro Interior




-  Rafael Oliveira David Santos
Esc. Sec. c/ 3.º Ciclo do Ensino Básico do Fundão
-  Bernardo José Mendes Malheiro
EB e Secundária de Alcains, Castelo Branco
-  Guilherme de Andrade Tavares
Esc. Sec. c/ 3.º Ciclo do Ensino Básico do Fundão

Escalão B - Região Lisboa




-  Samuel Esteves Gomes
Externato de Penafirme
-  João Filipe Rodrigues Galdes
Escola Secundária da Amadora
-  Maria Galvão
Colégio Salesiano Oficinas de S. José
-  Francisco André Martins
Colégio Manuel Bernardes
-  José Martins e Costa
Colégio Manuel Bernardes
-  Pedro Filipe Lopes Caldeirinha
Escola Secundária do Bocage, Setúbal
-  Maria Eduarda de Ó Passos Pereira
Externato "Frei Luis de Sousa"
-  Inês Silva Cruz
Externato de Penafirme
-  Nuno Miguel Martins Aurélio
Escola Secundária de São João da Talha, Loures

-  Vasco Manuel Chaves Marques
Escola Secundária da Amadora
-  Guilherme dos Santos Rodrigues
Escola Secundária do Bocage, Setúbal
-  Rafael Gomes
Escola Secundária Damião de Goes, Alenquer




Escalão B - Região Açores

-  Rodrigo Carreiro Santos
Escola Secundária Domingos Rebelo
-  Maria Teresa Souto Carneiro Sousa Pires
Escola Secundária Antero de Quental
-  Matilde do Couto Massa
Escola Secundária Domingos Rebelo

Escalão B - Região Madeira

-  Santiago Alexandre Pedras Louzeiro Pires
Escola Secundária Jaime Moniz
-  Laura Sofia Gonçalves Jesus
Escola da APEL
-  Maria Eduarda da Silva Costa
Escola da APEL



Escalão B - Região Faro

-  Rui Pedro Lameira Rodrigues
Escola Secundária Diogo Guveia, Beja
-  Diogo Grilo Alves
Escola Básica e Secundária de Albufeira
-  Eleazar Ramos Pereira
Escola Secundária de Loulé

Olimpíadas Nacionais de Física

A segunda e última etapa das XXXVIII Olimpíadas de Física, as Olimpíadas Nacionais de Física, decorreu a 28 de maio de 2022 no Departamento de Física da Universidade de Coimbra. Contou com uma componente teórica e uma componente experimental. Participaram na etapa nacional os premiados da etapa regional, isto é, 41 alunos do escalão A e 47 alunos do escalão B. Os vencedores foram:

Vencedores do Escalão A

-  Tomás Ferreira Faria
Rodrigo Salvado Gama
Colégio Moderno, Lisboa
-  Ada Geovanna Tristão Ferreira
Bernardo Correia Pinheiro
Pedro Miguel Santos Silva
Escola Secundária Emídio Navarro, Viseu

Afonso Enes Benevides
Francisco Botelho Teixeira
Francisco Nascimento Almeida
Escola Secundária Domingos Rebelo, P. Delgada



Medalha de Ouro do Escalão A: Tomás Ferreira Faria e Rodrigo Salvado Gama do Colégio Moderno, Lisboa













Medalha de Prata do Escalão A: Pedro Miguel Santos Silva, Bernardo Correia Pinheiro e Ada Geovanna Tristão Ferreira, Escola Secundária Emídio Navarro, Viseu



Medalha de Bronze do Escalão A: Afonso Enes Benevides, Francisco Botelho Teixeira e Francisco Nascimento Almeida, Escola Secundária Domingos Rebelo, Ponta Delgada

Vencedores do Escalão B

-  José Martins e Costa
Colégio Manuel Bernardes, Lisboa
-  Cláudio Daniel Ferreira Meireles
Escola Secundária c/ 3.º Ciclo de Paredes
-  Francisco André Martins
Colégio Manuel Bernardes, Lisboa
-  Afonso Miguel Tomás Domingos
Externato Cooperativo da Benedita, Alcobça

-  André Rodrigues
Escola Secundária Alberto Sampaio, Braga
-  Pedro Bruno T. Sobral do Vale Peixoto
Esc. Sec. Dr. Joaquim Gomes Ferreira, V. N. Gaia
-  Pedro Miguel Sousa Coelho
Escola Secundária do Castelo da Maia, Maia
-  Rafael Fernandes de Almeida Gomes
Escola Secundária Damião de Goes, Alenquer
-  Rui Pedro Lameira Rodrigues
Escola Secundária Diogo de Gouveia, Beja
-  Samuel Esteves Gomes
Externato de Penafirme



Escalão B: José Martins e Costa, do Colégio Manuel Bernardes, Lisboa (Medalha de Ouro); Cláudio Daniel Ferreira Meireles, da Escola Secundária com 3.º ciclo de Paredes (Medalha de Prata) e Francisco André Martins, do Colégio Manuel Bernardes, Lisboa (Medalha de Bronze)


Olimpíadas Internacionais de Física

A Sociedade Portuguesa de Física esteve, em 2022, envolvida na participação portuguesa em três olimpíadas internacionais: a LII Olimpíada Internacional de Física (IPhO), a XXVII Olimpíada Ibero-americana de Física (OIbF) e a Olimpíada Europeia de Física 2022 (EuPhO). A IPhO e a OIbF foram edições virtuais de olimpíadas, em cuja participação implicou um grande esforço de organização por parte da SPF. A EuPhO teve lugar em Ljubljana, na Eslovénia de forma presencial.

Olimpíada Europeia de Física 2022 (EuPhO)

Portugal participou pela terceira vez nas Olimpíadas Europeias de Física, em 2022. A EuPhO 2022 teve lugar na Eslovénia, de 20 a 24 de maio de 2022, tendo participado na competição 182 estudantes do ensino secundário de 37 países. Nesta competição os estudantes sujeitam-se a duas provas (uma experimental e uma teórica) que decorrem em dois dias diferentes e têm uma duração de 5 horas cada. João Carvalho do Departamento de Física da Universidade de Coimbra foi o responsável pela dele-

gação Portuguesa na Eslovénia. O vencedor absoluto foi um estudante da Roménia, Vlad Oros, que obteve 42.3 dos 50 pontos possíveis. A lista dos estudantes portugueses (que obtiveram 1 medalha de prata e 1 menção honrosa) é a seguinte:

-  Jorge Miguel Bastos da Costa
Colégio de Santa Doroteia, Lisboa
-  Tiago Oliveira Marques
Colégio Internato Claret, Vila Nova de Gaia
- Leonardo Tavares
Agrupamento de Escolas Dona Filipa de Lencastre, Lisboa
- Afonso José de Carvalho Bandeira
Escola Secundária Lousã, Lousã



LII Olimpíadas Internacionais de Física (IPhO)



Equipa portuguesa da LII IPhO. Da esquerda para a direita, Afonso Bandeira (Escola Secundária da Lousã, **menção honrosa**), Jorge Costa (Colégio de Santa Doroteia, Lisboa, **medalha de bronze**), Jinghao Ye (Escola Secundária Júlio Dantas, Lagos, **menção honrosa**), Benedita Machado (Colégio Luso-Francês, Porto, **menção honrosa**), e José Silva (Escola Secundária Alberto Sampaio, Braga, **menção honrosa**).

As Olimpíadas Internacionais de Física decorreram de 10 a 17 de julho de 2022, tendo participado na competição estudantes do ensino secundário de 75 países. Nesta competição os estudantes sujeitam-se a duas provas (uma experimental e uma teórica) que decorrem em dois dias diferentes e têm uma duração de 5 horas cada. O vencedor absoluto foi Guowei Xu da China, com uma pontuação de 43,2 pontos em 50. A prestação da equipa de Portugal resultou na obtenção de uma medalha de bronze e de quatro menções honrosas, tendo todos os elementos da equipa sido premiados. A lista dos estudantes portugueses é a seguinte:

-  Jorge Miguel Bastos da Costa
Colégio de Santa Doroteia, Lisboa
-  Benedita Ferreira Machado
Colégio Luso-Francês, Porto
-  Afonso José de Carvalho Bandeira
Escola Secundaria Lousã, Lousã

-  Jinghao Ye
Escola Secundária Júlio Dantas, Lagos
-  José Silva
Agrupamento de Escolas Alberto Sampaio, Braga

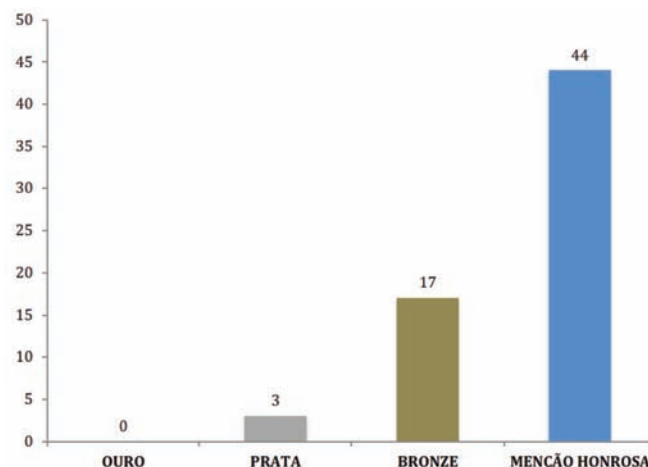





Figura 2 - Prémios obtidos pelos alunos portugueses na IPhO e EuPhO desde a primeira participação (1994)

XXVII Olimpíada Ibero-americana de Física (OIbF)

A Olimpíada Ibero-americana de Física também teve a sua edição virtual que decorreu de 1 a 8 de outubro de 2022. Participaram na competição 60 estudantes de 17 países do espaço ibero-americano. Os participantes realizaram as provas remotamente em suas casas. O vencedor absoluto desta olimpíada foi um estudante brasileiro, Alberto Akira. A equipa de Portugal conquistou três menções honrosas. A lista dos estudantes portugueses e respetivos prémios é a seguinte:

-  João Simões dos Santos
Escola Secundária Domingos Rebelo, P. Delgada
-  João Miguel Cunha Galhardo
Escola Sec. Alves Martins, Viseu
-  André Filipe Magalhães Teixeira
Esc. Sec. Quinta das Palmeiras, Covilhã
- João Manuel da Fonseca Nave
Esc. Sec. Quinta das Palmeiras, Covilhã

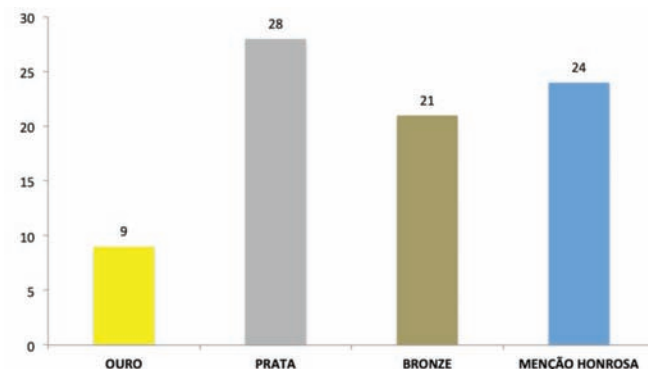


Figura 3 - Prémios obtidos pelos alunos portugueses na OIbF desde a primeira participação (2000)

Professor Pedro Abreu distinguido com o Prémio Ciência Viva Educação



No Dia Nacional da Cultura Científica e Tecnológica, em 24 de Novembro, o Prémio Ciência Viva 2022 na categoria Educação foi entregue ao Professor Pedro Abreu. A cerimónia realizou-se no Pavilhão do Conhecimento, em Lisboa.

Os Prémios Ciência Viva são atribuídos anualmente, desde 2012, a personalidades e instituições que se destacam pelo seu mérito excepcional na promoção da cultura científica em Portugal, de acordo com uma seleção feita pelos representantes das instituições científicas associadas da Agência Ciência Viva.

Pedro Abreu é professor no Departamento de Física do Instituto Superior Técnico, investigador do LIP — Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas, co-coordenador da colaboração IPPOG — International Particle Physics Outreach Group e Vice-Presidente da Sociedade Portuguesa de Física. A ele, os nossos Parabéns.

Para mais informações sobre os prémios de 2022 e o sobre o Professor Pedro Abreu, consultar:

<https://www.cienciaviva.pt/semanact/2022/premios-ciencia-viva-2022>

<https://www.lip.pt/?section=press&page=news-details&id=1371>



Projeto MEDEA, 13ª EDIÇÃO, ano de 2022

Com o apoio da REN, Redes Energéticas Nacionais SA, a SPF, Sociedade Portuguesa de Física, implementou, no ano letivo 2021/22 a 13ª edição do projeto MEDEA junto dos alunos de várias escolas secundárias e profissionais do país desafiando-os a medir e a compreender o campo eletromagnético no meio ambiente. O objetivo do projeto MEDEA é perceber e medir os campos eletromagnéticos de muito baixa frequência, 0 a 300 Hz, que são produzidos por qualquer equipamento ou circuito elétrico. Os alunos participantes, com o apoio dos respetivos professores, são encorajados a efetuar medições destes campos na escola, no seu ambiente doméstico e na vizinhança de linhas de transporte de energia elétrica; e após implementação de metodologia científica de análise e interpretação dos resultados obtidos, concluir, com a informação cientificamente credível, sobre os eventuais efeitos destes campos na saúde humana.

Realização da Atividade

O projeto MEDEA13, com a coordenação do Dr. José Pedro Abrantes por parte da REN, com a coordenação científica do Prof. Doutor Horácio Fernandes e do prof. Luís Afonso, por parte da SPF, selecionou 31 instituições de ensino secundário e profissional de entre 32 inscritas, o que totalizou 48 equipas perfazendo um total de 183 alunos e 34 professores. A lista das escolas concorrentes pode ser consultada em <https://registo-medea.spf.pt/participantes/2022>.

O lançamento do MEDEA13 foi realizado por e-mail, cartazes, facebook e páginas internet no dia 21 de outubro de 2021. As inscrições encerraram no dia 24 de janeiro de 2022, tendo sido comunicados os resultados da seleção das escolas/equipas participantes no dia 31 de janeiro de 2022. Todas as escolas participantes no projeto MEDEA13 receberam, por parte da SPF, um medidor de campo eletromagnético (SPECTRAN) para o desenvolvimento do projeto.

De acordo com o regulamento do projeto MEDEA13, disponibilizado em https://medea.spf.pt/objetivo_implementacao_regulamento/, os participantes criaram uma página web dedicada ao projeto MEDEA onde apresentaram todos os resultados obtidos, pesquisas efetuadas e outras informações. Tal como nas edições anteriores, não existia, um formato definido e preferencial, mas apelou-se à criatividade das equipas em conjunto com o rigor científico e a divulgação dos objetivos/resultados do projeto MEDEA para a sociedade. O projeto decorreu até dia 16 de maio de 2022 e o anúncio das equipas vencedoras foi realizado no dia 8 de setembro na Sessão MEDEA do Encontro Física 2022 (23ª Conferência Nacional de Física e 32º Encontro Ibérico para o Ensino da Física, ver programa em <https://fisica2022.sci-meet.net/programa>).

A equipa vencedora do projeto MEDEA13 foi a equipa "ELETROTEAM" da Escola Secundária Dr. João de Araújo Correia, do Peso da Régua. Foi atribuída uma menção honrosa à equipa "Xosmics" da Escola Secundária de Paços de Ferreira. A equipa ELETROTEAM é constituída pe-

los professores Paulo Almeida e Ana Silveira e pelos alunos Bruno Pereira, João Almeida, João Morais, Leandro Souto e Miguel Fonseca. A equipa Xosmics é constituída pela professora Rosa Neto e pelos alunos Ana Castro, Beatriz Silva, Fernanda Coelho, Filipe Sousa e Inês Rocha. A eles, os nossos parabéns.



Homenagem ao Professor Paulo Crawford



No dia 10 de fevereiro, realizou-se no Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (DF-FCUL) uma homenagem ao Professor Paulo Crawford, por ocasião dos seus 80 anos. O encontro reuniu colegas, ex-alunos e amigos que com ele privaram durante décadas

no Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

Paulo Crawford é físico teórico, professor aposentado da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e investigador do Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço. O seu interesse foi sempre a teoria da Relatividade e Cosmologia, tanto ao nível da investigação como do ensino, e a divulgação da obra de Einstein. Estes temas foram discutidos nas aulas na FCUL e em inúmeras palestras e cursos que proferiu em diversas instituições e locais, com especial destaque para o Observatório Astronómico de Lisboa.

O Prof. Paulo Crawford marcou de forma indelével muitos alunos pelo modo cativante como lecionava as suas aulas, tendo despertado algumas vocações para a investigação no ramo da Relatividade e Cosmologia. São de salientar, igualmente, as suas qualidades humanas, enquanto amigo e colega de profissão, assim como a sua excelente capacidade enquanto comunicador de Ciência.

9.º Encontro de Professores de Física e Química, 4 e 5 de setembro 2023

O Encontro de Professores de Física e Química estará de regresso à sua origem, a Universidade do Algarve, que, em abril 2005, acolheu a sua 1.ª edição, a que se seguiu a 2.ª edição, em janeiro de 2006, então como Encontros Regionais. Após um interregno de 5 anos, ressurgiu em outubro de 2011, ainda como Encontro Regional mas já em parceria com a Sociedade Portuguesa de Física, no Instituto Politécnico de Beja, que acolheu também a edição seguinte. Em setembro de 2015 foi a vez de a FCT NOVA acolher a 5.ª edição do já Encontro nacional, tendo também aí sido realizada a 6.ª edição. Em 2019 e 2021, rumou a Sul, tendo as 7.ª e 8.ª edições sido organizadas pela Universidade de Évora e, nos dias 4 e 5 de setembro de 2023, terá lugar a 9.ª edição na Universidade do Algarve.

De cariz eminentemente prático, este evento é composto fundamentalmente por oficinas, onde é feita uma abordagem experimental a diversos temas de Física e de Química, mas também relacionados com o entrosamento entre estas áreas científicas e outras como a Biologia, a Geologia, o Ambiente ou a Informática, em linha com o espírito de interdisciplinaridade e de abordagem dos desafios sociais atuais, patentes nas aprendizagens essenciais dos ensinos básico e secundário. Conta ainda com duas palestras, uma na área da Física e outra na área da Química, nas quais serão abordados temas relacionados com descobertas científicas e desenvolvimentos tecnológicos recentes, com relevância para o corpo de conhecimento destas ciências e impacto nas nossas vidas e no planeta. Este Encontro pretende ser um espaço onde docentes dos ensinos básico e secundário e do ensino superior possam partilhar experiências e discutir temas de ciência, num ambiente descontraído e de sã convivência.

Esperamos contar com a vossa presença em setembro!

Para mais informações consultar:
<http://9enpfq.spf.pt/>



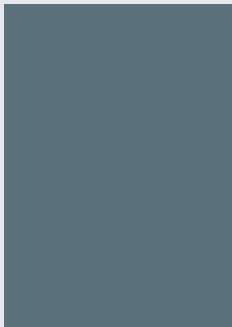
TABELA PUBLICIDADE GAZETA DE FÍSICA



1 - Verso Capa



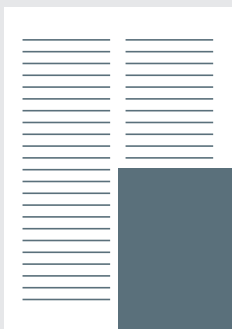
2 - Contracapa



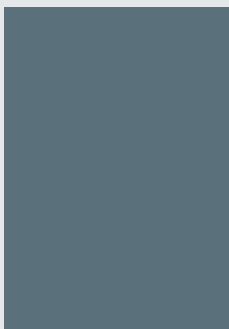
3 - Página



4 - 1/2 Página



5 - 1/4 Página



6 - Destacável/folha



7 - Rodapé



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

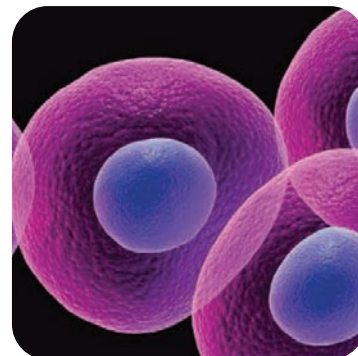
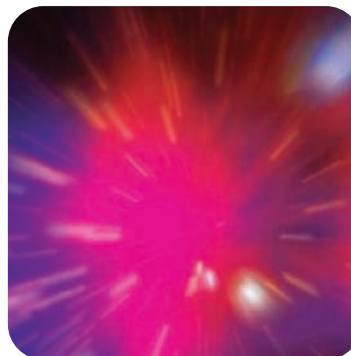
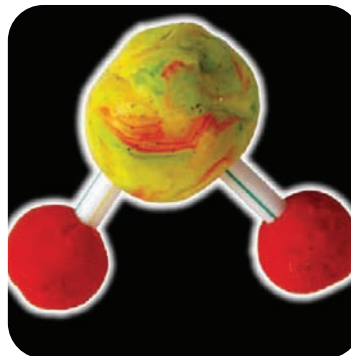
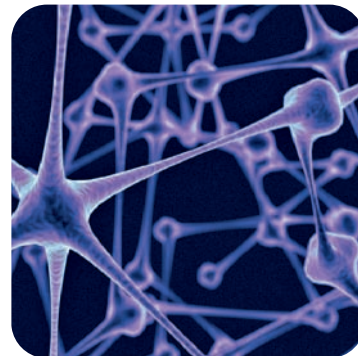
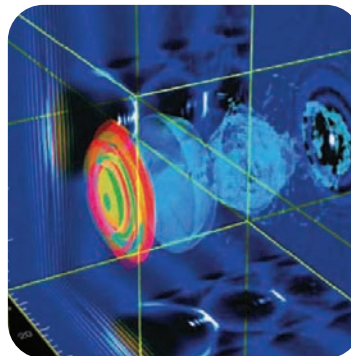
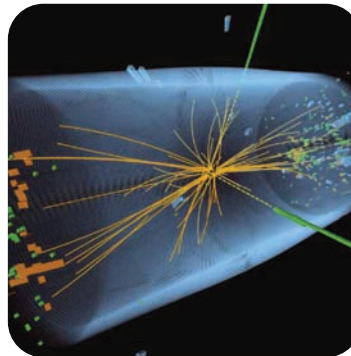


Tabela (acresce IVA)

1 - 1.500,00 €	Descontos
2 - 2.000,00 €	Sócios coletivos - 20%
3 - 800,00 €	Quantidade
4 - 600,00 €	2 x 20% 3 x 30% 4 x 40%
5 - 400,00 €	Tiragem: 3000 exemplares
6 - 1.500,00 €	Consulta online 15000 (C/CPLP)
7 - 100,00 €	Facebook ~40000 (C/CPLP)

CONTACTOS:

Sociedade Portuguesa de Física
Av. da República, 45 - 3º Esq. | 1050-187 Lisboa
Telef.: 217 993 665 | spf@spf.pt

Olimpíadas de Física 2023



Imagem do cartaz: Alain Aspect, John Clauser e Anton Zeilinger foram galardoados com o Prémio Nobel de Física de 2022 pelas suas experiências com fótons entrelaçados que permitiram melhor entender a natureza quântica do nosso universo. Imagem de © Johan Järnstedt da Academia Real Sueca de Ciências.

PROVAS

Regionais: 22/04/2023

Nacionais: 27/05/2023

Internacionais: 7/2024, Irão

Ibero-americanas: 9/2024

Provas Regionais realizadas em:
Coimbra, Covilhã, Évora, Faro,
Funchal, Lisboa, Ponta Delgada,
Porto e Vila Real

Escalão A: alunos até ao 9.º ano
Escalão B: alunos até ao 11.º ano

Inscrições até 6/2/2023
<http://olimpiadas.spf.pt>