

COVID19, Impacto no Ensino e Investigação

Modelos, números, ventiladores

Atenuação de raios cósmicos num edifício

Vieses cognitivos na Ciência

Como Construir Boas Questões?

Entrevistas: FCCN e a pandemia, ventilador Atena

Desde tempos imemoriais que a humanidade se tem debatido com a exposição a doenças infecciosas e o passado está repleto de epidemias graves que, por vezes, mudaram o curso da história. Com a evolução do conhecimento científico e melhor compreensão da origem, desenvolvimento e propagação das doenças, foram sendo desenvolvidas novas estratégias de prevenção e tratamento, que tanto têm contribuído para a melhoria da saúde pública.

A natureza, no entanto, é dinâmica e promove desafios constantes. O ano de 2020 fica marcado pela pandemia provocada pelo vírus SARS-CoV-2, que origina a doença COVID-19. Este novo vírus e a sua capacidade de se propagar facilmente na população têm provocado um impacto substancial nas nossas vidas e a ciência não é estranha a esse fenómeno. De um momento para o outro, tivemos que fechar laboratórios e salas de aula, limitar acessos e passar para o trabalho remoto. Aqui, neste número da Gazeta, refletimos sobre a propagação deste novo coronavírus e sobre o seu impacto no ensino e na investigação. Debates, também, algumas propostas que a ciência e a tecnologia podem oferecer para o combater.

A COVID-19 foi inicialmente identificada, em 2019, na cidade de Wuhan, na República Popular da China. Entretanto, propagou-se para a Europa, tendo aparecido em Portugal a partir do mês de março, data em que começaram a ser tomadas as medidas mais restritivas. Neste contexto, também os estabelecimentos de ensino começaram a fechar portas e a praticar aulas à distância. De acordo com os dados da FCCN, o número de acessos e de novos utilizadores ocorrido no primeiro semestre do ano foi particularmente alto em comparação com anos anteriores, refletindo a nova realidade. Pensar nos desafios e nas consequências sobre a formação dos mais jo-

vens, bem como nas assimetrias que os novos modos de ensino podem provocar, é particularmente importante neste contexto. Neste número da Gazeta, Carlos Herdeiro, na sua crónica, fala-nos destes aspetos, dando algumas pistas sobre as consequências do ensino à distância nas famílias, nas aprendizagens e no impacto sobre os grupos mais frágeis da nossa sociedade, adiantando, também, potenciais soluções que poderão mitigar as referidas dificuldades.

Entretanto, também em resultado da pressão social evidente, a comunidade científica mobilizou-se, começando cedo a atacar os problemas originados pelo vírus, nomeadamente nos equipamentos ligados aos sistemas de saúde. Nesse âmbito, Paulo Fonte fala-nos de como foi possível desenvolver um ventilador minimalista de emergência, que pode ser construído com materiais e equipamentos comuns. Envolvendo métodos de fabrico simples e de fácil massificação, tal implementação é particularmente adequada para regiões com menos recursos económicos. Ainda nesta edição, são entrevistados membros do CEIIA – Centro de Desenvolvimento, que, aproveitando as suas competências tecnológicas bem estabelecidas, desenvolveram o ventilador Atena, premiado pela Sociedade Portuguesa de Autores enquanto projeto que se distinguiu no combate à pandemia e à sua expansão. Este é um ventilador inovador, desenvolvido em conjunto com a Universidade do Minho, e que se encontra já em utilização em cuidados intensivos, não só em hospitais portugueses, mas também em unidades de saúde internacionais. O desenvolvimento do Atena sublinha o papel das sinergias e da interdisciplinaridade entre saberes e equipas, permitindo criar soluções capazes de vencer desafios e trazer benefícios para a sociedade em geral.

Boas leituras



Ficha Técnica

Statuto 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

Filipe Moura
Francisco Macedo
Nuno Peres
Olivier Pellegrino

Secretariado

Maria José Couceiro - mjose@spf.pt

Comissão Editorial

Conceição Abreu - 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

Fid'algo - Print Graphic Design Lda.
Rua da Nau Catrineta, nº 14, 2º Dto. | 1990-186 Lisboa

NIPC 501094628

ISSN 0396-3561

Tiragem 1 000 Ex.

Registo ERC 110856

Depósito Legal 51419/91

Publicação Trimestral

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.

COVID em modelos e números

Jorge Buesco

Departamento de Matemática, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Muito se falou, nestes tempos impensáveis, de “modelos matemáticos” para a COVID. Esses modelos não são mais do que sistemas de equações diferenciais (ou às diferenças) para modelar a dinâmica da epidemia.

O modelo fundamental para o estudo da dinâmica de doenças infecciosas foi formulado em 1927 por Kermack e McKendrick. Conhecido como modelo SIR (Susceptíveis-Infetados-Removidos), está na base de todos os modelos mais sofisticados para doenças específicas, chamados modelos de compartimentos. Embora seja neste contexto um *toy model*, é muito instrutivo descrevê-lo.

Em face de um agente infeccioso, a população total divide-se em três grupos (ou compartimentos): os susceptíveis $S(t)$ são os elementos da população que podem contrair a doença; os infectados $I(t)$ são os que estão infectados e contagiosos; os removidos $R(t)$ são os que recuperaram da doença e desenvolveram imunidade, ou morreram. Há uma sobressimplificação em relação a uma doença como a COVID; por exemplo, não existe período de latência (ou pré-infecciosidade). Isso pode ser modelado incluindo um compartimento extra (geralmente designado por $E(t)$, de expostos: infectados que ainda não estão contagiosos) num modelo mais sofisticado.

Vamos agora modelar a dinâmica das transições entre os compartimentos S, I e R. Como o risco de um susceptível ser infectado é tanto maior quanto maior for o número de infectados, parece razoável supor que a taxa a que surgem novos infectados por unidade de tempo é proporcional tanto a $S(t)$ como a $I(t)$; vamos supor que esta taxa é $\beta S(t) I(t)$ onde β , o coeficiente de transmissão, é uma constante. Por outro lado, os infectados acabam por recuperar (ou morrer) ao fim de um certo tempo característico da doença; vamos designá-lo por $1/\alpha$, de forma a que α tenha, tal como β , por dimensão, o inverso da grandeza tempo.

Assim, a dinâmica das transições entre classes no modelo SIR é descrita pelo sistema de equações diferenciais

$$\begin{cases} S' = -\beta S I \\ I' = \beta S I - \alpha I \\ R' = \alpha I \end{cases} \quad (1)$$

correspondente à figura 1.



Figura 1 - Dinâmica do modelo SIR.

Há muitos pressupostos subjacentes a esta formulação, entre os quais a mistura homogénea dos indivíduos e contactos aleatórios, não muito diferentes dos correspondentes a modelar um fluido em Física como um meio contínuo.

Podemos explorar o modelo SIR para responder a algumas perguntas cruciais. Suponhamos, como foi o caso da COVID, que temos uma nova doença infecciosa, para a qual a imunidade é nula. Vamos designar por N a população total (note-se que se tem sempre $N = S(t) + I(t) + R(t)$), e supor que em $t = 0$ surgem $I(0)$ indivíduos infectados. Será que vai haver um surto? E como se propagará a doença?

É simples, a partir do sistema (1), responder a esta pergunta. Se no instante inicial $t = 0$ não há imunidade, todos os indivíduos são susceptíveis; ou seja, $S(0) = N$ (menos o número inicial de infectados $I(0)$ que se supõe desprezável face a N). Nesse caso, enquanto o número de infectados $I(t)$ for muito pequeno face a N , $S(t)$ é aproximadamente igual a N .

Substituindo, na segunda equação do sistema (1), e resolvendo, obtemos

$$I(t) = I(0)e^{(\beta N - \alpha)t} = I(0)e^{rt}. \quad (2)$$

Daqui segue-se que o número de infectados tende para zero se $r = (\beta N - \alpha) < 0$, não havendo surto. Por outro lado, $I(t)$ cresce exponencialmente se $r = (\beta N - \alpha) > 0$, ou seja, se

$$R_0 = \frac{\beta N}{\alpha} > 1.$$

O primeiro caso de COVID foi detectado em Portugal a 2 de Março. Mostra-se a seguir, na figura 2, a evo-

lução dos casos detectados até 22 de Março: uma exponencial quase perfeita, com uma taxa de crescimento diário de 32 %. Isto correspondia aproximadamente a duplicar os casos todos os dois dias e meio.

$$\beta = p \cdot c,$$

onde c é o número de contactos per capita e p é a probabilidade de transmissão por contacto. Para baixar β o mais rapidamente possível a receita é simples: reduzir o mais possível ambos os factores.

Foi esse o objectivo das medidas tomadas. Reduzir o número de contactos foi conseguido através do confinamento. A redução da probabilidade de transmissão por cada contacto conseguiu-se através do distanciamento físico, do uso de máscaras, da higienização de superfícies, etc. Baixando os dois factores do produto reduziu-se enormemente o parâmetro β trazendo R para baixo de 1.

O resultado deste processo foi controlar a curva de infectados activos $I(t)$ interrompendo a fase exponencial. A curva inflectiu a 31 de Março, crescendo cada vez mais devagar e

encaminhando-se para um pico (fig. 3). Embora os números da DGS não permitam este cálculo directamente devido à falta de fiabilidade do número de recuperados, um método desenvolvido em paralelo com João Seixas (IST) e em colaboração com José Carlos Pereira permite-nos estimar a curva de infectados activos; o pico terá acontecido entre 9 e 15 de Abril, com cerca de 15 000 infectados activos em simultâneo.

Número de Infectados em Portugal

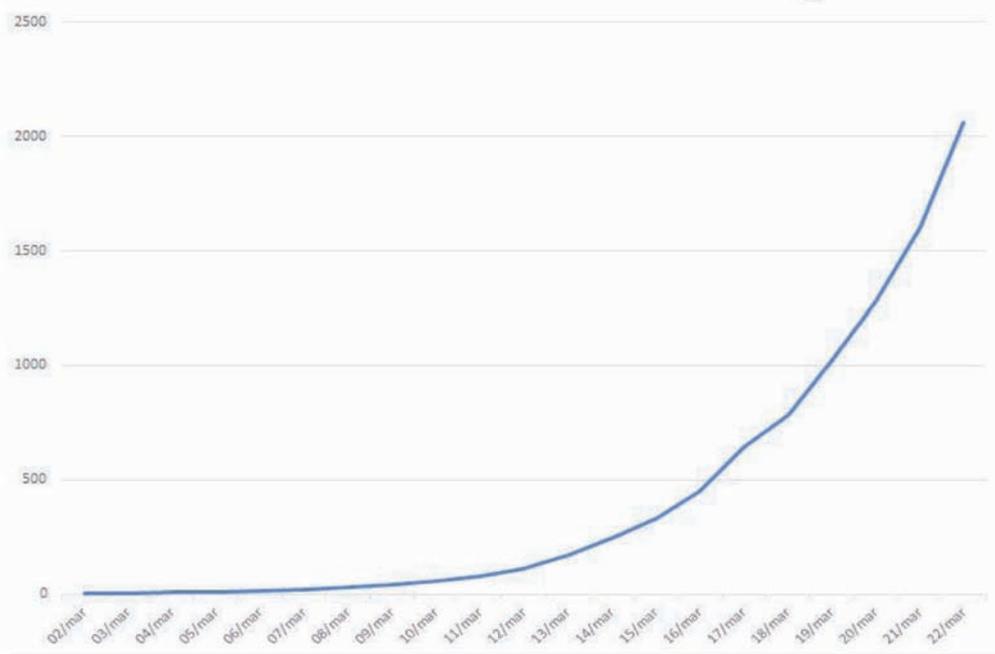


Figura 2 - Evolução dos casos nas primeiras 3 semanas

O modelo SIR permite utilizar estes dados para estimar o R_0 de Portugal. Com efeito, a partir da definição de R_0 o expoente r em (2) escreve-se $r = (R_0 - 1) \alpha$ em que $1/\alpha$ é o tempo médio em que um doente está infeccioso – o que para a COVID é, em média, de 10 a 14 dias. Resolvendo para R_0 obtemos uma estimativa de 3,77, o que está de acordo com o valor actualmente aceite na literatura (valor mais provável 3,68, intervalo de confiança [2,86; 4,75]).

Como todos hoje sabemos, os objectivos das medidas de contenção adoptadas tiveram o objectivo de “baixar o R ”, diminuindo o número de reprodução do seu valor original para um valor abaixo de 1 e controlando o surto. Também este processo tem uma interpretação matemática muito clara. Recordemos que $R_0 = \frac{\beta N}{\alpha}$, onde N é a população total e $1/\alpha$ é o período em que um doente permanece infeccioso. Sobre N não é possível agir; quanto a α , o aumento da eficácia de detecção de casos e o seu isolamento permitem aumentar progressivamente o seu valor. Contudo, para uma acção de choque é necessário intervir no parâmetro β .

Ora, por construção do modelo SIR, o coeficiente de transmissão tem a expressão

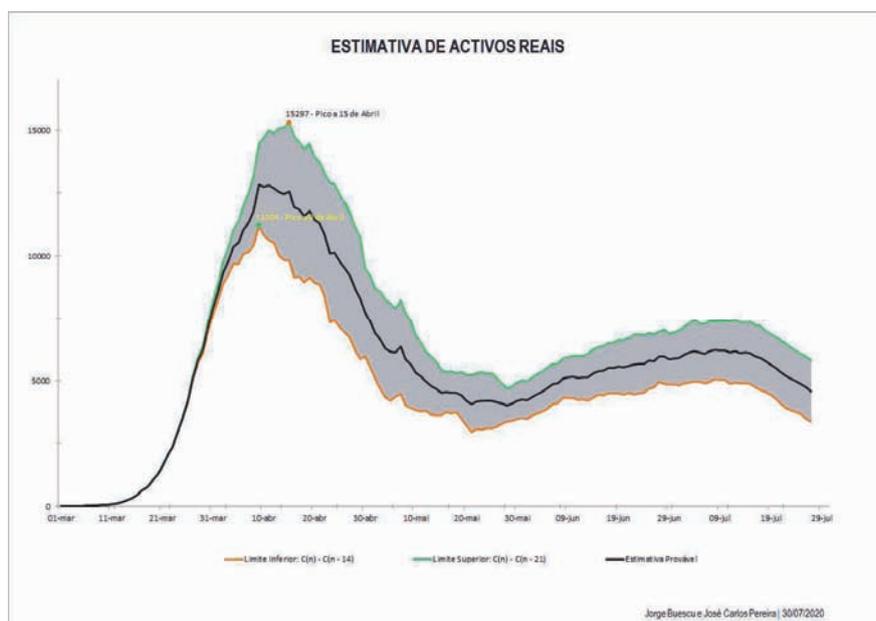


Figura 3 - Modelação do número de infectados activos em Portugal (Julho 2020)

O período que se seguiu ao desconfinamento (iniciado a 4 de Maio) trouxe novas incógnitas; apesar das medidas de distanciamento, uso generalizado de máscaras e restrições, o acréscimo de mobilidade trouxe inevitavelmente o aumento da probabilidade de contágio. Assistimos assim, como previsto no final de Maio por Manuel do Carmo Gomes (professor da FCUL e colaborador da DGS), à formação de uma nova onda no Verão, de mais baixa amplitude e muito maior comprimento de onda. Essa onda, concentrada na zona da Grande Lisboa, teve o seu pico por volta de 10 Julho e, se tudo se mantivesse na mesma, teria a sua conclusão em final de Agosto.

No entanto, as condições fronteira estão sempre a mudar: as fases de desconfinamento progrediram, e a 1 de Julho o País abriu as fronteiras, o que pode em particular ter como efeito um aumento dos casos importados. Esse aumento ainda não é visível no final de Julho, mas é possível que venha a sentir-se à medida que o Verão progride. Praticamente certa é a existência de uma segunda vaga do vírus na Europa na estação de Outono-Inverno; Manuel do Carmo Gomes receia um ressurgimento da doença a partir de Outubro. Esse ressurgimento, sob a forma de uma segunda vaga pode já ter chegado, em finais de Julho, a alguns países europeus.

Se isso acontecer, estamos neste momento essencialmente tão vulneráveis como em Março passado. Com efeito, terão passado pela infecção, estando imunes a uma segunda vaga do vírus, talvez 300 000 pessoas, no máximo 500 000 pessoas, o que representa entre 3 % e 5 % da população nacional. Dito de outra forma, entre 95 % e 97 % da população continua susceptível. Isto significa que aproximação $S \cong N$ que levou ao crescimento exponencial previsto na eq. (2) continua válida, pelo um novo surto global será novamente exponencial.

Por outro lado, uma segunda vaga não nos apanhará tão impreparados. O parâmetro R_0 desta nova fase exponencial será substancialmente inferior ao de Março passado: estamos todos práticos em distanciamento social (baixando o parâmetro c), e toda a população utiliza intensivamente máscaras e higienização portanto a probabilidade de transmissão p). Teremos seguramente stocks de testes e EPI e capacidade de reconversão industrial para produção de material de qualidade médica. E, sobretudo, estamos todos mais conscientes dos riscos. Talvez seja possível controlar uma segunda onda exponencial com medidas parciais, sem recorrer a um novo confinamento total.

Difícilmente uma segunda vaga terá o impacto que teve esta primeira. Mas a solução definitiva para a pandemia reside na imunidade de grupo, que parece impossível de atingir sem uma vacina. Até lá, teremos de viver com este “novo normal”.



Jorge Buescu, é Licenciado em Física (FCUL, 1986), Doutor em Matemática (Warwick, 1995) e Agregado em Matemática (IST, 2007). É actualmente Professor na FCUL. Realiza investigação em várias áreas da Matemática, tem uma dezena de livros publicados e é vice-Presidente da European Mathematical Society.

Ventilador minimalista de emergência para COVID-19

Paulo Fonte^{1,2,3}

¹ ICNAS – Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

² Instituto Politécnico de Coimbra – ISEC, Coimbra, Portugal

³ LIP – Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas, Departamento de Física da Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal

fonte@coimbra.lip.pt

Resumo

Um extenso grupo de voluntários de diversas instituições, enquadrados no Project OpenAir, procuraram nos meses de Março e Abril de 2020 conceber um ventilador simples e seguro que permitisse acudir em última instância às necessidades do pico da pandemia em Portugal. O dispositivo esteve disponível para replicação a partir de meados de Abril, coincidentemente com o pico da pandemia.

Foram centrais no seu desenho os constrangimentos logísticos que se viviam na época, ditando sobretudo a escolha de componentes comuns, que existissem já no País em quantidade, e métodos de fabrico simples, facilmente massificáveis. Esta abordagem permite-nos imaginar que o conceito (open-source) possa ser útil e implementável localmente em regiões do Mundo com menores recursos e/ou dificuldades logísticas acentuadas.

Introdução

COVID-19 é o nome atribuído pela Organização Mundial da Saúde à doença provocada pelo coronavírus SARS-COV-2, identificado pela primeira vez em humanos no final de 2019. O vírus pode causar infecção respiratória grave, e uma percentagem significativa dos doentes necessita de ventilação mecânica. Em 2020, em situação de pandemia, as necessidades superaram a capacidade instalada, pondo em risco a sobrevivência dos pacientes, mesmo em alguns países com índices elevados de desenvolvimento. Por outro lado, é de esperar que as situações mais críticas aconteçam em regiões onde a compra de materiais e componentes técnicos seja difícil ou impossível.

Agregados no Project OpenAir [1] um extenso grupo de voluntários de diversas instituições [2] procurou, face aos constrangimentos logísticos do momento, uma forma realista de fornecer aos profissionais de

saúde uma última alternativa viável e segura de ventilação mecânica invasiva, capaz de salvar vidas caso o pior acontecesse.

Dentre estas instituições salientam-se a Escola de Medicina e a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa, o LIP - Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas e o ICNAS - Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde da Universidade de Coimbra, bem como engenheiros portugueses afiliados a equipas de Fórmula 1 e médicos das Forças Armadas. É de salientar a enorme disponibilidade que encontramos a nível nacional e internacional para contribuir para este projecto.

Um frutuoso intercâmbio entre os médicos, físicos e engenheiros da equipa permitiu identificar o modo de ventilação mandatária de pressão controlada (PC-CMV) como aquele que permitiria intersectar os constrangimentos com as exigências médicas.

Conceito

Dados os constrangimentos temporais e materiais, a elegância teve de ceder lugar à viabilidade, tendo-se chegado ao circuito pneumático representado na Figura 1, a que corresponde a implementação visualizável na Figura 2.

Tendo em consideração a gama de pressões requeridas, foi possível utilizar componentes pneumáticos geralmente utilizados em instalações de gás em edifícios (P1, P2, V1, V2, M2), amplamente disponíveis, e de colunas de água, precisas, fiáveis e fáceis de fabricar, como válvulas de pressão (C1,C2) e manómetro (M1).

O regulador de pressão P1, ajustável de 5 a 40 cm H₂O¹, define a pressão máxima de inspiração (PIP), que é aplicada ao ramo inspiratório por accionamento da electroválvula V1. A válvula de segurança C1 assegura que em caso nenhum é possível aplicar ao paciente uma sobrepressão perigosa. A este fluxo inspiratório em oxigénio é possível misturar um fluxo de ar, via regulador P2 e válvula V3, para regulação da fracção de oxigénio inspirado (FiO₂).

A expiração é desencadeada pela abertura da electroválvula V2, passando o fluxo expiratório através da coluna de água C2, regulada para proporcionar uma contrapressão denominada pressão expiratória final (PEEP) entre 0 e 20 cmH₂O, importante para evitar o colapso dos alvéolos pulmonares durante a expiração. Um sensor de oxigénio externo pode ser aplicado ao ar exalado para estimativa da FiO₂.

Os circuitos electrónicos são puramente analógicos e utilizam apenas componentes muito comuns, compreendendo um temporizador para accionamento das electroválvulas e alarmes de apneia e perda de energia eléctrica [2]. O alarme de apneia baseia-se na detecção da falta de oscilação do manómetro de água através de um sensor capacitivo aplicado no tubo, visível no painel direito da Figura 2.

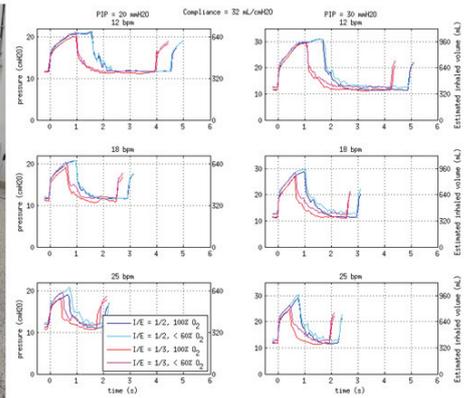


Figura 3 - Painel esquerdo: dispositivo em teste, com o sensor de oxigénio aplicado à saída de ar exalado. Painel direito: perfis de pressão medidos à entrada do tubo traqueal em função do tempo para taxas respiratórias de aproximadamente 12, 18 e 25 por minuto, razões tempo de inspiração/expiração (I/E) de 1/2 e 1/3 e complacência pulmonar de 32 mL/cmH₂O. A PIP foi definida em 20 cmH₂O ou 30 cmH₂O (colunas esquerda ou direita) e a PEEP foi definida em 12 cmH₂O em todos os casos. Foram consideradas duas fracções de O₂ exalado: 100 % ou menos de 60 %. O volume inalado correspondente, estimado a partir da calibração do "pulmão", pode ser lido na escala do lado direito.

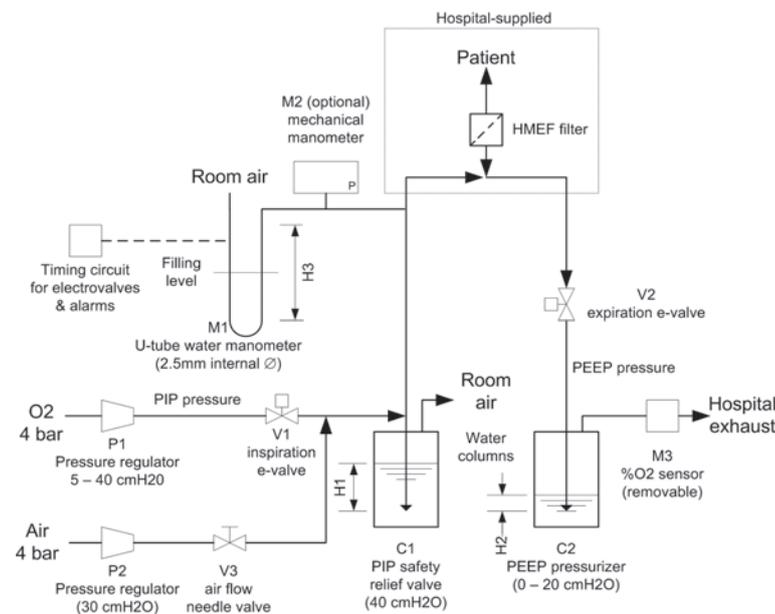


Figura 1 - Circuito pneumático do ventilador de emergência.



Figura 2 - Painel à esquerda: vista global do ventilador. Painel central: parte superior, com identificação dos componentes (ver Figura 1 para os componentes pneumáticos e [2] para os componentes electrónicos). Painel direito: idem, para a parte inferior. Os tubos finos nas colunas de água são para ajuste do nível e os tubos centrais podem mover-se verticalmente para ajuste rápido das pressões.

Resultados

O ventilador foi testado com um modelo pulmonar mecânico de complacência ajustável, como se pode visualizar no painel esquerdo da Figura 3. No painel direito da mesma figura estão apresentadas curvas de pressão à entrada do tubo traqueal em função do tempo, para uma escolha de parâmetros de funcionamento plausíveis.

Foram realizados testes químicos e bacteriológicos que demonstraram que os componentes utilizados não introduzem no fluxo inspiratório qualquer componente volátil pernicioso [2].

No momento de redação, o ventilador tinha estado sujeito a 35 dias completos de operação contínua com oxigénio puro a uma taxa de 120 respirações por minuto, correspondendo a 140 dias de operação normal, sem qualquer problema de funcionamento.

Trabalho derivado

Modelos derivados deste (Figura 4). foram desenvolvidos entretanto pelas equipas da Universidade NOVA de Lisboa e do LIP, com o objectivo de melhorar a funcionalidade e a portabilidade do dispositivo, tendo em vista a sua possível utilização em locais remotos tirando partido da sua robustez, facilidade de manutenção e baixo custo.

Para além dos testes de bancada, estes dispositivos serão em breve testados em animais de grande porte, no sentido da sua acreditação como ventiladores de emergência COVID-19.

1 mbar.



Figura 4 - Painel da esquerda: modelo MiniVent (Minimalist Ventilador for COVID-19) desenvolvido pela Universidade NOVA de Lisboa e (direita) modelo EVEN (Emergency VENTilator) desenvolvido pelo LIP e ICNAS.

Agradecimentos

A Maria Catarina Espírito Santo pela sua inestimável contribuição para a preparação do manuscrito.

Este trabalho foi parcialmente financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia no quadro do programa RESEARCH FOR COVID-19, projeto nº. 96.

Referências

- [1] Project Open Air (<https://projectopenair.org>)
- [2] Américo Pereira, Luís Lopes, Paulo Fonte, Pedro Póvoa, Telmo G. Santos et al., "Prototype of an affordable pressure-controlled emergency mechanical ventilator for COVID-19", arXiv:2004.00310v3 (2020).



Paulo J. R. Fonte, é licenciado em Engenharia Física Tecnológica pelo Instituto Superior Técnico (1987) e doutorado em Física da Radiação pela Universidade de Coimbra (1993). É desde 2000 professor coordenador no Instituto Superior de Engenharia do Instituto Politécnico de Coimbra.

A sua actividade científica tem-se centrado nos detectores gasosos de partículas elementares com especial incidência nas Câmaras de Placas Resistivas (RPC). O grupo RPC do LIP tem desenvolvido a tecnologia destes detectores e realizado aplicações em Física Nuclear, Astropartículas e Imagiologia Médica.

Medida da atenuação de raios cósmicos num edifício

José Alves¹, Nuno Castro^{1,2,3}, Raul Sarmento^{1,3}

¹ Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas - LIP

² Departamento de Física, Escola de Ciências da Universidade do Minho

³ Divisão de Física de Partículas da Sociedade Portuguesa de Física

Introdução

O fundo de radiação ambiente tem duas componentes predominantes, com origens distintas: a terrestre e a cósmica. Há ainda uma terceira componente, com origem humana, significativa apenas em alguns locais específicos do planeta: a radiação proveniente de reatores ou explosões nucleares [1].

A radioactividade terrestre tem origem nos radionuclídeos presentes no solo e nas estruturas dos edifícios. Estes radionuclídeos são produzidos nas cadeias de decaimento dos elementos pesados que, por sua vez, foram produzidos em processos de nucleossíntese estelar há mais de 4500 milhões de anos e integraram a nébula solar. Há quatro cadeias de decaimento radioactivo: as séries do tório, do neptúnio, do urânio e do actínio. Um exemplo conhecido é o radão, que é produzido na série do urânio e escapa dos seus locais de produção para a atmosfera, formando um gás.

A radiação emitida pelos radionuclídeos é maioritariamente constituída por partículas alfa (núcleos de hélio) com energias típicas da ordem dos MeV, partículas beta (electrões ou positrões, com centenas de keV), e partículas gama (fotões, com energia que varia entre os keV e os MeV), estas últimas emitidas em processos de desexcitação nuclear [2].

A outra componente relevante do fundo de radiação ambiente é originada por raios cósmicos. Estas partículas de origem astrofísica são maioritariamente prótons que se propagam no universo com energias que em alguns casos (raros) atingem valores extremos, acima dos 100 EeV. Ao atingirem a Terra, interagem na atmosfera e iniciam a produção de um número grande de partículas secundárias, maioritariamente fotões, electrões (e positrões), neutrinos, muões, nucleões, piões e outros hadrões.

Devido à absorção na atmosfera terrestre, e se exceptuarmos os neutrinos, ao nível do mar o fluxo de energia dos raios cósmicos secundários é dominado pelos muões, com um fluxo de aproximadamente 1 muão por segundo e por dm^2 horizontal (sensivelmente a área da palma da mão) e uma energia média de 4 GeV [3].

Dadas as características da sua produção ao longo da atmosfera, os muões têm direções em torno da vertical, com o sentido de cima para baixo. Assim sendo, e uma vez que os muões com energias mais baixas perdem toda a sua energia ao atravessarem os pisos de um edifício, será de esperar que o fluxo de muões cósmicos nos pisos inferiores de um edifício seja menor do que nos superiores.

No âmbito deste trabalho, propomos fazer medidas do fundo de radiação ambiente com o objectivo de observar a atenuação de raios cósmicos num edifício.

Procedimento experimental

As medidas foram feitas no LIP-Minho, no campus de Gualtar da Universidade do Minho, em Braga. O edifício em causa tem cinco andares, separados por pisos de betão, cuja espessura se estima ser de 40 cm.

Para a realização da experiência foram utilizados os seguintes componentes, mostrados na Fig. 1:

- 1 - *Arduino Nano* [4];
- 1 - *Radiation board* da Libelium, que inclui um tubo de Geiger com 1,1 cm de diâmetro, 11,1 cm de comprimento e que funciona a uma tensão de 350 V;
- 1 - Leitor Micro SD Card para Arduino;
- 1 - *Breadboard*;
- Cabos *jumper* para *breadboards*;
- 1 - *Power Bank*;
- Papel de alumínio;
- 6 - Placas de chumbo.

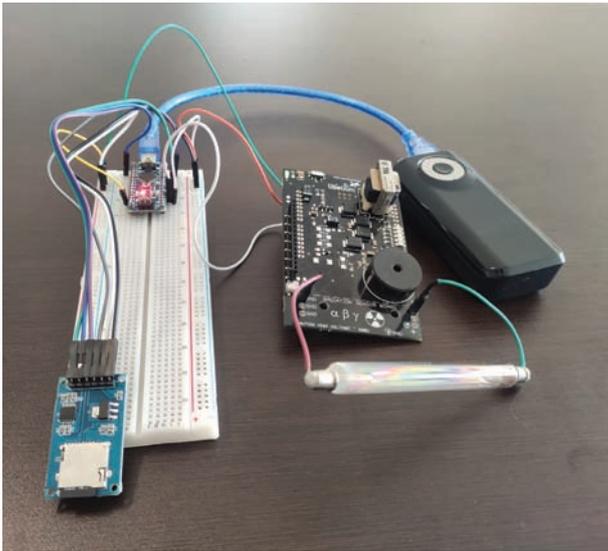


Figura 1 - A *breadboard* com o *arduino nano* e o leitor de cartão MicroSD, a *Radiation board* com o tubo de Geiger, e a fonte de alimentação.

Após obtermos todo o material, cujo custo rondou os 150 € (excluindo as placas de chumbo), utilizámos as bibliotecas disponíveis no *arduino* e o código fornecido pelo Libelium [5] para programar o nosso contador de Geiger e fazer com que os dados obtidos ficassem guardados num cartão MicroSD, para posterior tratamento.

Entretanto, fizemos uma caixa com as placas de chumbo, para que fosse possível colocar o tubo detector dentro desta e utilizá-la como um escudo da radiação ambiente com origem terrestre. Utilizámos seis placas de chumbo: quatro placas com 1 cm de espessura, uma com 0,5 cm de espessura e uma outra com 5 cm de espessura.

A aquisição de dados processou-se da seguinte forma:

- Em primeiro lugar, recolhemos amostras de uma hora fazendo variar o ângulo de inclinação do tubo de Geiger em relação à vertical. Isto serviu para verificar se haveria alguma dependência proveniente p.ex. da distribuição angular da componente muónica da radiação.
- Seguidamente, realizámos medições de uma hora em diferentes pisos do edifício, sem isolar o detector, para vermos se haveria alguma atenuação causada pelo edifício. Note-se que tivemos o cuidado de manter sempre o tubo detector a um ângulo de 90° em relação à vertical.
- Depois, recolhemos dados de uma hora no mesmo piso, mas desta vez utilizámos o papel de alumínio e as placas de chumbo para ver se era possível detectar uma redução do fundo de radiação ambiente. Nesta parte, foram isoladas as extremidades do tubo detector, pois poderíamos causar um curto-circuito no nosso sistema.

- Finalmente, efetuámos medidas de cinco horas em três pisos diferentes usando a caixa de chumbo, para verificarmos se haveria ou não uma atenuação da componente muónica provocada pelo edifício.

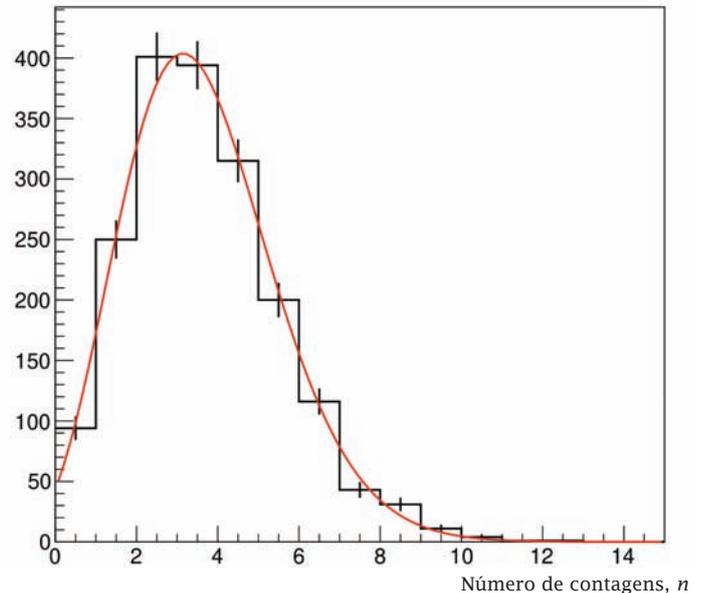


Figura 2 - Histograma das contagens cada 10 s, com o ajuste de uma distribuição de Poisson.

Na Fig. 2 podemos ver um exemplo de um histograma que contabiliza as contagens no detector cada 10 segundos. Foi ajustada ao histograma uma distribuição de Poisson, que o descreve quase na perfeição.

Resultados e discussão

Para podermos interpretar os resultados, temos de perceber como são geradas as contagens no detector. O tubo de Geiger utilizado é sensível a todas as partículas da radiação ambiente que atravessam o vidro e provocam uma ionização no gás de néon, existente no seu interior, com potencial de ionização de 21,6 eV [6].

As partículas alfa, assim como os prótons e restantes núcleos atômicos, não penetram no vidro e não são detectadas. As partículas beta e os muões atravessam o vidro e ionizam o gás. As partículas gama atravessam o vidro, mas a pressão no gás (~0,1 atm) é demasiado baixa para que as interações com este sejam significativas. No entanto, há uma pequena fracção de gamas que interage no vidro, por efeito fotoelétrico ou de Compton, gerando carga que, por sua vez, ioniza o gás. Como valores indicativos, a eficiência de detecção de partículas gama e beta com 1 MeV e de muões com 1 GeV é, respectivamente, de 0,5 %, 60 % e ~100 %, obtida a partir de uma simulação do aparato experimental feita com o programa Geant4 [7]. Estes valores foram obtidos através da injeção dos diferentes tipos de partículas ao longo da área activa do tubo de Geiger e dizem respeito a eficiências médias.

A Fig. 3 mostra o valor médio (e o desvio padrão) da taxa de contagens no tubo de Geiger, obtido do ajuste à respectiva distribuição de Poisson, para diferentes inclinações do tubo, em que 0° corresponde ao tubo disposto na vertical e 90° corresponde ao tubo disposto na horizontal. Foram fei-

tos dois conjuntos de medições, com e sem alumínio, mas a diferença entre os dois conjuntos no ponto de ângulo coincidente não é estatisticamente significativa.

Observa-se o aumento da taxa de contagens com o ângulo. Este aumento é compatível com um fluxo anisotrópico das partículas que dão as contagens. Mais ainda, indica um fluxo com predominância vertical, pois a área do tubo projectada no plano horizontal aumenta com o ângulo. Em todas as medições seguintes, o tubo de Geiger esteve disposto na horizontal.

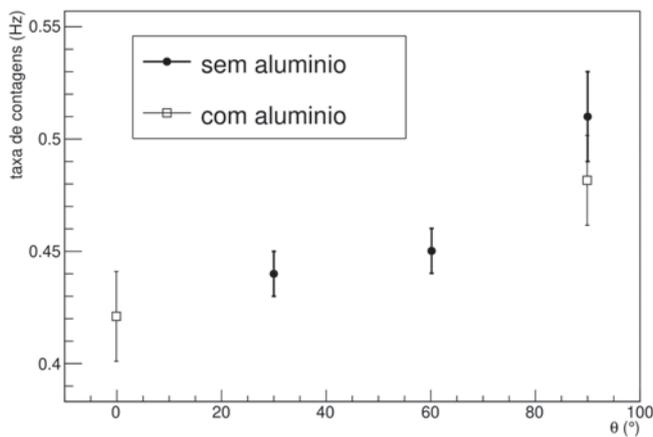


Figura 3 - Taxa de contagens no tubo de Geiger em função da inclinação do tubo relativamente à vertical.

A Fig. 4 mostra os resultados de um primeiro conjunto de medições feitas em diferentes pisos do edifício. A única consideração prévia foi a escolha do tempo de aquisição, de uma hora, com base numa estimativa do tempo necessário para se obter uma incerteza estatística de 2%. Não se observa uma variação do número de contagens em função do piso do edifício, nestas condições de medição.

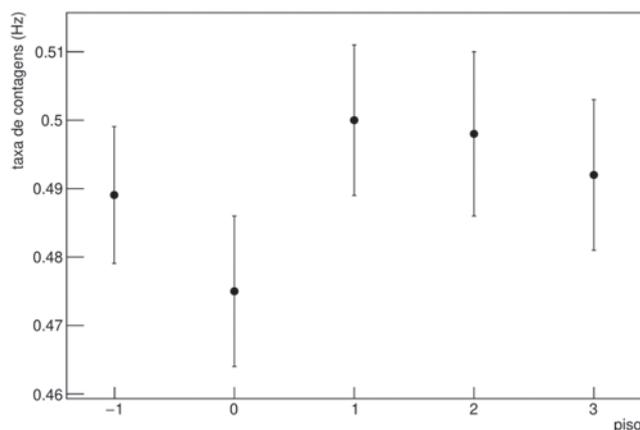


Figura 4 - Medições de uma hora, sem blindagem, em que não há observação da atenuação.

Para explicar a ausência de sensibilidade à atenuação dos muões cósmicos na Fig. 4, colocámos as seguintes hipóteses: a taxa de contagens tem uma contribuição importante de outras partículas que não os muões cósmicos, de modo que a variação no fluxo destes é diluída pelas flutuações estatísticas associadas à medição, ou a redução esperada na

taxa de contagens dos muões é pequena quando comparada com a incerteza estatística da medição.

De modo a testar estas hipóteses, procurámos compreender as componentes do sinal no nosso detector usando dois tipos de blindagem:

- de alumínio, usando uma folha de papel de alumínio enrolada numa espessura total de poucos mm, para bloquear as partículas beta;
- de chumbo, usando placas, para bloquear uma fracção importante das partículas gama.

A quantidade de matéria usada é, mesmo no caso do chumbo, demasiado pequena para que haja uma atenuação assinalável no fluxo de muões cósmicos por efeito da blindagem.

A Fig. 5 mostra os resultados das medições efectuadas com blindagem. É visível a forte diminuição na taxa de contagens quando o detector foi envolvido em completo por chumbo.

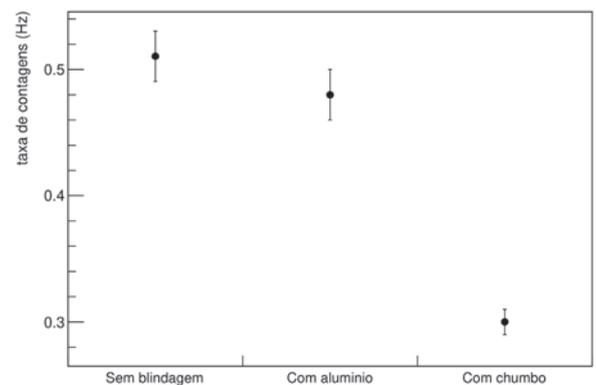


Figura 5 - Medições com as blindagens de alumínio e de chumbo.

Uma vez que a espessura de alumínio usada absorve as partículas beta, podemos concluir que a contribuição destas para a taxa de contagens é pequena. Por outro lado, o número de gamas de 1 MeV de um feixe que incide em 1 cm de chumbo é reduzido aproximadamente para metade. Podemos assim inferir as fracções de contagens provenientes dos betas e dos gamas, sendo o restante a fracção de contagens proveniente dos muões.

A taxa de contagem de muões que estimamos com base nestas considerações (i.e. a blindagem de chumbo absorve as partículas beta e metade das partículas gama) - pouco rigorosas, pois usam valores aproximados e não têm em conta múltiplos fatores, tais como os espectros de energia ou as distribuições angulares - é equivalente a 0,12 Hz. Curiosamente, esta grandeza coincide com a taxa estimada diretamente a partir da multiplicação da área de secção horizontal do tubo de Geiger, a pelo fluxo de muões ao nível do mar, ϕ ,

$$\tau = \phi \times a = 0,01 \text{ cm}^2\text{s}^{-1} \times 1,1 \text{ cm}^2 = 0,12 \text{ Hz} \quad (1)$$

Estas observações são compatíveis com as hipóteses anteriormente colocadas. Para reduzir o efeito das flutuações estatísticas associadas às contagens de outras partículas que não os muões, a estratégia seguida consistiu em realizar medições com a blindagem de chumbo e um tempo de aquisição maior. A questão que então se coloca é saber, nestas condições, qual é o tempo de aquisição necessário para que a redução na taxa de contagens devida à atenuação dos muões pelo edifício tenha significância estatística.

A equação de Bethe-Bloch fornece uma expressão para o valor médio da energia perdida, por unidade de distância percorrida, por uma partícula com carga elétrica ao atravessar um meio material, devido à excitação ou ionização dos átomos deste. Para os muões cósmicos, que são partículas relativistas e mip (do inglês “minimum ionizing particles”), este valor corresponde a cerca de $2 \text{ MeV g}^{-1} \text{ cm}^2$. A espessura de betão (com densidade de $2,3 \text{ g cm}^{-3}$) que um muão atravessa entre o piso superior e o piso inferior do edifício é de 160 cm, pelo que perde, em média, um total de 736 MeV nesse percurso. Note-se que este valor é relativo a um muão vertical e que uma análise mais rigorosa teria de considerar o ângulo médio de incidência dos muões.

A Fig. 6 mostra a simulação do espectro de energia dos muões cósmicos, adaptado para uma altitude de 200 m.

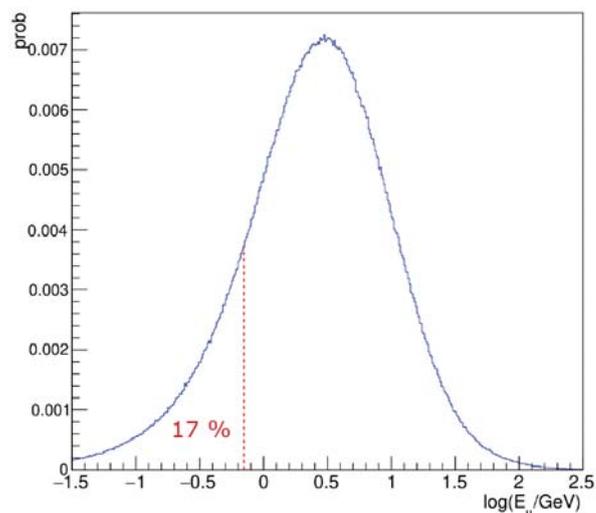


Figura 6 - Simulação do espectro de energia dos muões cósmicos a 200 m de altitude (adaptado de [8]).

A fracção de muões com energia inferior a 736 MeV é 17 %, sendo esta também a redução que estimamos para a taxa de contagens de muões, entre o piso superior e o piso inferior do edifício. Uma vez mais, estas são considerações directas, que nos permitem apenas estimar valores aproximados. Resulta daqui que a variação esperada na taxa de contagens é da ordem de 0,02 Hz. Para o valor de taxa de contagens com blindagem de chumbo, o desvio padrão de uma medida feita durante uma aquisição de cinco horas é

cerca de cinco vezes inferior à variação referida.

Repetimos as medidas no edifício, com a blindagem de chumbo e com um tempo de aquisição de cinco horas. Devido ao tempo de aquisição ser agora maior, só se fizeram medidas nos pisos extremos e no piso intermédio. Estas medidas ocorreram entre as 12 e as 17 horas para o piso superior e inferior, e entre as 10 e as 15 horas para o piso intermédio, em condições de pressão e temperatura semelhantes.

A Fig. 7 mostra os resultados deste conjunto de medidas. Observa-se uma redução na taxa de contagens para os pisos inferiores, compatível com a atenuação da componente cósmica do fundo de radiação ambiente no edifício.

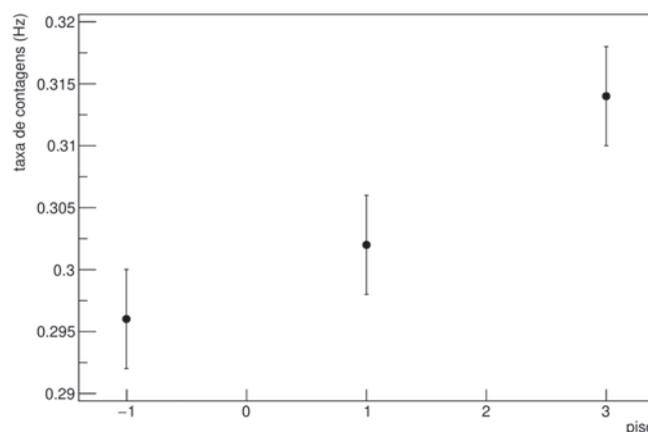


Figura 7 - Observação do efeito de atenuação na taxa de contagens medidas em intervalos de 5 horas, com o detector blindado a chumbo.

Conclusão

O objectivo deste trabalho é a observação da atenuação de raios cósmicos num edifício, tal como esperado teoricamente. Para tal, foram realizadas várias medidas em pisos diferentes de um edifício. Fizeram-se medidas com e sem blindagem, sendo a blindagem composta por barras de chumbo. Após a conclusão da experiência, verificámos que existe uma atenuação na radiação detectada, e que esta tem origem na atenuação dos raios cósmicos ao longo do edifício.

No futuro, medidas diferentes poderiam ser feitas utilizando o mesmo conceito, tais como a medida do espectro de energia dos muões num edifício com mais pisos, os efeitos que o Sol ou as condições climatéricas podem provocar nestas medidas, ou a medida da distribuição angular dos muões. Tal implica fazer um estudo prévio da sensibilidade deste tipo de experiência aos efeitos mencionados e eventualmente adaptar o procedimento adotado.

É de salientar que este trabalho pode ser feito em contexto de sala de aula ou em contexto de um clube de ciência, por alunos do Ensino Secundário, permitindo explorar diversos conteúdos de Física de Partículas com uma montagem experimental de custo relativamente baixo. Os autores deste artigo desde já se disponibilizam para fornecer as informações necessárias a quem quiser reproduzir esta demonstração experimental, bem como para apoiar na medida do possível as Escolas Secundárias que queiram implementar trabalhos relacionados.

Referências

- [1] "Sources and Effects of Ionizing Radiation", United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2008 Report, Volume I;
- [2] T. Ichimiya et al., "Natural background Gammaray spectrum; List of Gamma-rays ordered in energy from natural radionuclides", JAERI-DATA-CODE-98-008;
- [3] M. Tanabashi et al. (Particle Data Group), "Review of Particle Physics", Phys. Rev. D **98**, 030001 (2018);
- [4] "Getting Started with the Arduino Nano", (<https://www.arduino.cc/en/Guide/ArduinoNano>);
- [5] "Libelium Geiger Counter - Radiation Sensor Board for Arduino and Raspberry Pi", (<https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/geiger-counter-radiation-sensor-board-arduino-raspberry-pitutorial/index.html>);
- [6] NIST Chemistry WebBook, (<https://webbook.nist.gov/cgi/inchi/InChI%3D1S/Ne>);
- [7] S. Agostinelli et al., "Geant4-a simulation toolkit", Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. **506** (2003), pp. 250-303;
- [8] H. Asorey, L. A. Núñez and M. Suárez-Durán, "Preliminary results from the latin american giant observatory space weather simulation chain", Space Weather **16** (2018) 461.



José Alves, é Web Developer e Gestor de Conteúdos Científicos no LIP – Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas. Licenciou-se em Física na Universidade do Minho, onde se encontra a realizar o seu Mestrado. Desenvolve projectos de divulgação para escolas secundárias, que levam a física de partículas aos mais jovens.



Nuno Castro, é Professor Auxiliar no Departamento de Física da Universidade do Minho e Director do LIP – Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas. Doutorou-se na Universidade de Coimbra e foi Investigador de pós-doutoramento no Departamento de Física Teórica e do Cosmos da Universidade de Granada, Espanha, tendo também sido Professor Convidado no Departamento de Física e Astronomia da Universidade do Porto. Desenvolve a sua investigação na pesquisa de novos fenómenos de física em colisionadores de partículas, em particular no sector do quark top. É membro da Colaboração ATLAS do CERN desde 2004 e Investigador Principal do projeto BigDataHEP (PTDC/FIS-PAR/29147/2017, financiado por fundos OE/FCT, Lisboa2020, Compete2020, Portugal 2020 e FEDER).



Raul Sarmiento, é Investigador no LIP – Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas, no pólo do Minho. Licenciou-se na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Doutorou-se no Instituto Superior Técnico, tendo desenvolvido a sua actividade no Instituto Tecnológico e Nuclear e no CERN, como membro da Colaboração n_TOF. Desde 2013, desenvolve a sua investigação em medidas de muões e pesquisas de multi-mensageiros, sendo membro da Colaboração Pierre Auger.

Vieses cognitivos na Ciência

Andrés Redondo-Cubero

Dep. Física Aplicada, Faculdade de Ciências, Universidade Autónoma de Madrid, Av. Francisco Tomás y Valiente 7, 28049 Madrid

andres.redondo@uam.es

Nota

Nota: este artigo foi publicado na Revista Española de Física 34 (2), 18 (2020) e traduzido com a ajuda do Dr. José Marques.

Resumo

Enquanto investigadores estamos sujeitos a vieses cognitivos significativos e, devido à natureza da nossa profissão, esses preconceitos podem ser especialmente perigosos para a qualidade e o rigor do nosso trabalho. Quais são esses vieses e quão sérios podem ser se não lhes prestarmos atenção? Por que nos afetam e como podemos evitá-los?

“The first principle is that you must not fool your self, and you are the easiest person to fool.”

Richard P. Feynman

Introdução

Em janeiro de 2020, vários meios de comunicação social relataram uma triste notícia científica: Frances H. Arnold, galardoada com o Prémio Nobel de Química em 2018, anunciou que tinha decidido retirar um artigo publicado na revista Science alguns meses antes [1]. O motivo invocado foi a falta de reprodutibilidade dos resultados, acompanhada pela constatação de ausência de registos e dados para algumas experiências importantes. Quatro anos antes, a revista Nature tinha publicado um artigo alertando precisamente sobre uma crise de reprodutibilidade na ciência [2]. No inquérito da Nature, que abrangeu 1576 investigadores, 90 % destes afirmaram que a ciência atual sofre de problemas de reprodutibilidade. Para além disso, 52 % consideraram que esses problemas eram significativos. Mas, a parte mais interessante deste o estudo, é que as causas subjacentes a esta crise também foram determinadas. Algumas delas eram expectáveis: pressão para publicar,

má análise de dados, estatística insuficiente ou baixa reprodutibilidade no laboratório. Mas o mais surpreendente é que a primeira razão de todas foi o relato seletivo ou tendencioso dos cientistas. Como isto é possível?

A ciência é uma atividade humana e, como tal, herda inevitavelmente as nossas próprias falhas. Isto acontece, apesar dos nossos esforços para seguir um método científico, porque o verdadeiro mecanismo da ciência é muito mais complexo do que geralmente é aceite [3]. Muitas decisões importantes sobre as experiências realizadas (e aquelas que não são realizadas), bem como os resultados publicados (ou mantidos numa gaveta) não respondem realmente a um método objetivo, mas sim a forças como a interação com os nossos colegas ou a nossa confiança nas nossas intuições.

Na procura da verdade, os cientistas geralmente esquecem um fato importante sobre as nossas mentes: que podemos não só estar cegos para o óbvio, mas também para a nossa própria cegueira [4]. Este artigo tem como objetivo ajudar os investigadores a reconhecer os vieses cognitivos mais perigosos para as nossas tarefas, aproveitando três exemplos históricos concretos que dão uma boa ideia da sua dimensão em trabalhos importantes. Mas, antes disso, é conveniente esclarecer o que são e qual a origem desses vieses.

Os dois sistemas

Um viés cognitivo é qualquer processo que, em algum estado de inferência, tende a produzir resultados ou conclusões que diferem sistematicamente da verdade [5]. Os seres humanos (e não vamos esquecer que os cientistas o são) têm muitos vieses, e atualmente existem pelo menos 154 catalogados [6]. Estes preconceitos respondem à nossa necessidade de interpretar informações e tomar decisões rapidamente, mesmo quando as informações disponíveis são excessivas ou insuficientes. Os preconceitos afetam capacidades especialmente críticas no mundo científico: a capacidade de decidir corretamente, fazer estimativas justas, fazer julgamentos objetivos, atribuir relações causais ou estabelecer hipóteses.

A origem de muitos desses efeitos psicológicos reside no que é conhecido como os dois sistemas [4]. Sabe-se que o nosso cérebro possui um sistema de decisão rápida, inconsciente, associativo e automático, que usamos cerca de 95 % do tempo. Felizmente, também temos outro sistema, lento e racional, que exige esforço e usa lógica. Como esse sistema requer mais esforço, raramente o usamos: apenas cerca de 5 % do tempo. Para dar um exemplo, o primeiro sistema é o que nos permite decidir se confiamos, ou não, na pessoa da Figura 1 (a). Essa decisão levará apenas alguns milissegundos e a resposta provavelmente será “não”, mesmo que o leitor não saiba a razão. O segundo sistema é aquele que nos permite resolver um problema complexo como o jogo de xadrez da Figura 1 (b), no qual as brancas jogam e ganham. A menos que o leitor seja um jogador de xadrez profissional, esta ação levará alguns segundos.

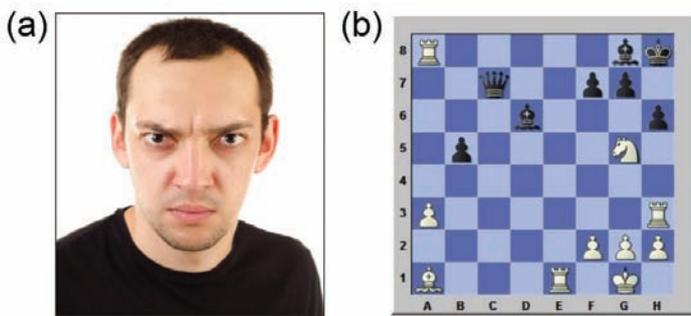


Figura 1 - (a) Você confia nele? (b) As brancas jogam e ganham. Dois problemas diferentes para os quais o nosso cérebro usa diferentes sistemas. (© Roman Gorielov, © expert-chess-strategies.com)

Em geral, todos nós tendemos a usar o primeiro sistema o máximo possível, pois exige menos esforço que o segundo. Enquanto investigadores, apesar de nos gabarmos de ser mais racionais do que a maioria das pessoas, não somos exceção a esse fato. Agora, quais são os vieses cognitivos que nos afetam mais no nosso trabalho?

Encontre o inimigo

De todos os vieses cognitivos existentes, apenas seis foram selecionados aqui, com base no grau de risco envolvido. Esta simplificação não significa que não haja outros vieses que possam alterar a nossa percepção da realidade, mas julgo que é preferível concentrar a nossa atenção naqueles a que nos sentimos (erroneamente) imunizados. É, ao mesmo tempo, uma escolha pessoal que não pretende ser sistemática, mas sim sintomática, ou seja, tem como objetivo ilustrar os sintomas gerais de vieses para ajudar a reconhecê-los. Em ordem de importância, a classificação dos vieses que devem alertar qualquer investigador seria a seguinte:

1. Viés de confirmação: Tendemos a aceitar detalhes que confirmam as nossas próprias crenças. Tratamos desproporcionalmente alternativas que não atendem às nossas expectativas, no que é um erro sistemático do raciocínio indutivo.
2. Viés de ilusão de validade: tendemos a encontrar histórias e padrões mesmo em dados dispersos ou aleató-

rios. Ao mesmo tempo, tendemos a superestimar a nossa capacidade de interpretar dados e prever o seu comportamento.

3. Viés de sobrevivência: tendemos a desconsiderar os eventos que não ocorreram. Isso pode levar a conclusões falsas, porque inconscientemente estabelecemos relações entre os efeitos e as possíveis causas conhecidas, sem atender a outras causas possíveis ainda não determinadas.

4. Viés da retrospectiva: Acreditamos que os eventos foram previsíveis, mas somente após a ocorrência destes. Isso geralmente modifica as nossas próprias memórias, para criar a ilusão de que a nossa opinião é, de fato, confirmada.

5. Viés de ancoragem: tendemos a notar apenas alterações relativas e a confiar demasiado nas primeiras informações recebidas. Em particular, somos especialmente maus a estimar quantidades absolutas e precisamos de proporções e comparações para fazer julgamentos críticos.

6. Viés do estereótipo: tendemos a descartar o específico para formar generalidades. A generalização é talvez uma das qualidades mais reconhecíveis da ciência, mas, como seres humanos, usámo-la muito facilmente, esquecendo ou negligenciando detalhes importantes.

Vale a pena realçar que os vieses podem operar de várias maneiras e em diferentes escalas. Em particular, muitos preconceitos podem funcionar simultaneamente. Por exemplo, pode acontecer que o viés de confirmação e o de sobrevivência “cooperem” para levar o investigador à mesma conclusão. Mas os preconceitos também podem operar em direções opostas. Por exemplo, o viés de confirmação tende a rejeitar ideias (que não se encaixam no nosso pensamento), enquanto o viés de a ilusão de validade tende a aceitar ideias (que não estão suficientemente comprovadas). Ambas as funções são importantes na disciplina científica e desempenham um papel importante na elaboração e aprovação de hipóteses.

Felizmente, os investigadores têm ferramentas para combater esses preconceitos, mas isso não significa que as usemos com frequência. Assim, uma maneira de acabar com a ilusão de validade (reconhecimento de padrões inexistentes) é usar métodos matemáticos cegos para a análise de dados, aumentar o tamanho da amostra e considerar todos os dados com o mesmo peso. No entanto, é mais fácil eliminar um ponto que não corresponde à tendência (afinal, todos sabemos que tem que ser uma linha reta, não é?). Isso significa que, na prática, a qualidade de nossa investigação está mais condicionada pelos nossos métodos do que pelos nossos próprios dados [7]. Vamos agora ver três exemplos concretos em histórias científicas, que poderiam ter um final diferente se não fosse a influência dos vieses cognitivos.

Três histórias com mensagem

O buraco de ozono e o viés de confirmação

Em 1985, Joseph C. Farman (1930-2013) e a sua equipa publicaram um artigo que revelava perdas significativas de ozono na Antártica [8]. Pouco tempo antes, eles tinham decidido substituir o seu equipamento experimental na Base Halley porque achavam que este estava a funcionar mal devido à recolha de dados anormalmente baixos. Entre outras coisas, os dados da NASA não mostraram esse tipo de anomalia e, portanto, o mais lógico era que o equipamento da equipa de Farman, já desatualizado, estivesse a medir incorretamente. A equipa calibrou novos equipamentos e levou-os para a base, mas a perda de ozono continuava. Quando a equipa reviu os seus dados, constatou que essa perda realmente começou muito antes, já em 1977. Por que razões os cientistas da NASA, com satélites que recolhiam dados 24 horas por dia, não o tinham conseguido detetar? Acontece que, precisamente devido à grande quantidade de dados que precisavam de ser tratados, os cientistas da NASA tomaram a decisão de fazer um programa que filtrasse os dados, ou seja, um programa que estabelecesse um limite de valores admissíveis [3]. Todos os valores que não estavam dentro dos limites estabelecidos foram considerados erros de medição e não foram analisados! Num caso claro de viés de confirmação, os cientistas já tinham decidido o resultado, perdendo assim uma quantidade valiosa de informações. Graças a Farman, a equipa da NASA reviu adequadamente os dados e descobriu não apenas que o nível de ozono tinha baixado, mas que havia um enorme “buraco” no Pólo Sul (Figura 2).

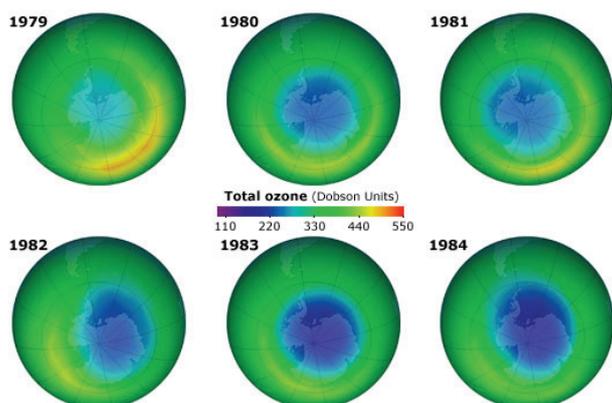


Figura 2 - Imagens da NASA mostrando a evolução do “buraco” na camada de ozono na década de 1980, um problema que passou despercebido por um viés de confirmação. (© NASA)

A lei de Hubble e a ilusão de validade

A lei de Hubble-Lemaître é um dos testes científicos mais importantes da teoria do “Big Bang” e também é uma das melhores maneiras de estimar a idade do Universo. Estabelece que existe uma relação linear entre o desvio para o vermelho

das galáxias e a distância a em que estão; isto é, quanto mais distante estiver uma galáxia, mais rapidamente ela se afasta. Edwin Hubble (1889-1953) usou o telescópio mais poderoso do mundo na época, o do Observatório Mount Wilson, para fazer observações de estrelas variáveis (Cefeidas) em galáxias distantes e, assim, relacionar o seu efeito Doppler com a sua distância. Combinando os seus dados com as medidas de Vesto Slipher (1875-1969), Hubble encontrou um valor conflituante de cerca de $500 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$, o que implicava uma idade para o Universo menor que a da Terra. A Figura 3a mostra os dados originais do Hubble [9], incluindo alguns com velocidades negativas que, de maneira exemplar, Hubble não removeu da sua lista [10]. No entanto, olhando para essa nuvem de pontos, podemos perguntar se Hubble foi vítima de uma certa ilusão de validade. Os seus dados eram suficientes para demonstrar uma lei linear entre velocidade e distância?

Hoje é fácil responder a essa pergunta comparando com dados recentes [11], representados na Figura 3b. As escalas são tão diferentes que é quase impossível ver onde ficam os dados de Hubble, que mal alcançavam 2 Mpc de distância (1 parsec $\sim 3,26$ anos-luz). Nesta perspetiva, parece claro que Hubble não possuía dados suficientes para concluir que existia uma relação linear, algo que também se refletia no valor sobrestimado de sua constante (atualmente estão a ser feitos esforços para reduzir a incerteza no valor, cerca de $70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ [12]).

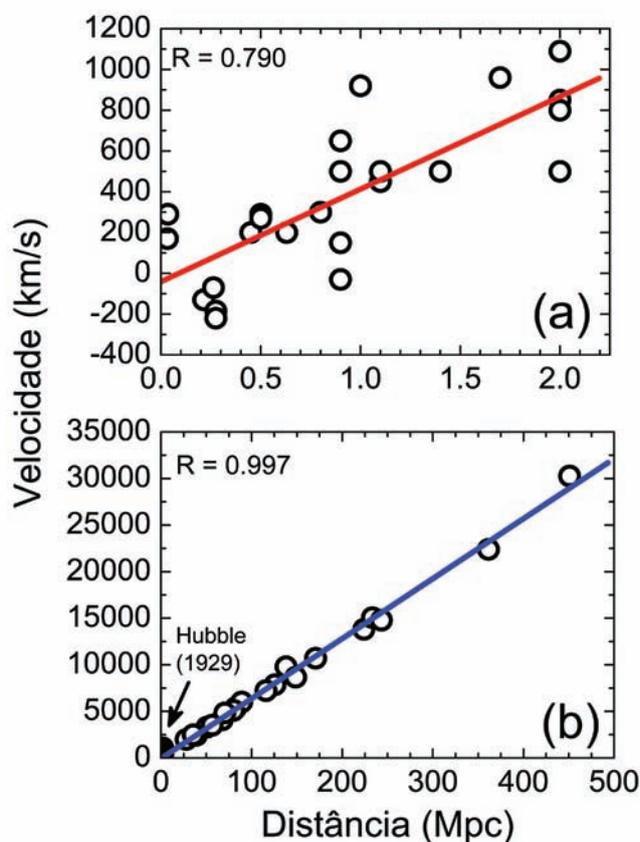


Figura 3 - (a) Dados usados por Hubble [9] em 1929. (b) Dados de Riess et al. [11] obtidos com supernovas do tipo Ia em 1996. Observe a escala diferente nos gráficos e o coeficiente de correlação R de ambos os casos.

Ao avaliar o viés de Hubble, devemos ter cuidado para não cair num julgamento anacrônico. É verdade que Hubble não possuía estatística suficiente na época para poder declarar a sua lei com uma garantia absoluta, mas também é verdade que não se poderia ter saído muito melhor nessa época, em que fez a suposição mais simples possível que era compatível com os seus dados (ou seja, ele ficou preso corretamente no início da navalha de Ockham). De fato, Hubble estava ciente de suas limitações e menciona que “para uma quantidade tão pequena de material, tão mal distribuída, os resultados são bem definidos”. Portanto, pode-se dizer que a lei de Hubble é um bom exemplo de um caso de sucesso, onde um viés cognitivo operou sem consequências negativas. Nesse sentido, a história mostra-nos que a ciência não só avança apesar dos preconceitos dos cientistas, mas às vezes através deles, e que a intuição e a confiança desempenham um papel fundamental em muitas descobertas pioneiras.

Contaminação por pesticidas e viés de sobrevivência

O viés de sobrevivência é um dos mais sutis e indetetáveis que podem afetar as conclusões científicas. A sua origem remonta à Segunda Guerra Mundial, quando foi realizada uma análise da sobrevivência de aeronaves envolvidas em batalhas aéreas, coligindo informação sobre os danos à fuselagem nos aviões que tinham conseguido regressar. Os investigadores decidiram reforçar as partes mais danificadas, como mostrado no exemplo da Figura 4. No entanto, o estatístico Abraham Wald (1902-1950) propôs o oposto: reforçar só as partes não danificadas [13]. O argumento dele é que estava a ser analisada informação apenas de aviões que tinham sobrevivido a ataques, mas não daqueles que tinham sido perdidos. Em outras palavras, a pergunta a ser respondida não devia ser “onde está danificada a aeronave que consegue regressar?” mas “por que não regressam as outras?” E a resposta lógica é: porque estão danificadas em áreas mais críticas, que não podem ser as que as aeronaves que retornam mostram, ou estas não conseguiriam regressar. O viés de sobrevivência mostra excelentemente que “os erros mais graves não são cometidos como resultado de respostas erradas, mas como resultado de fazer perguntas erradas” [14].

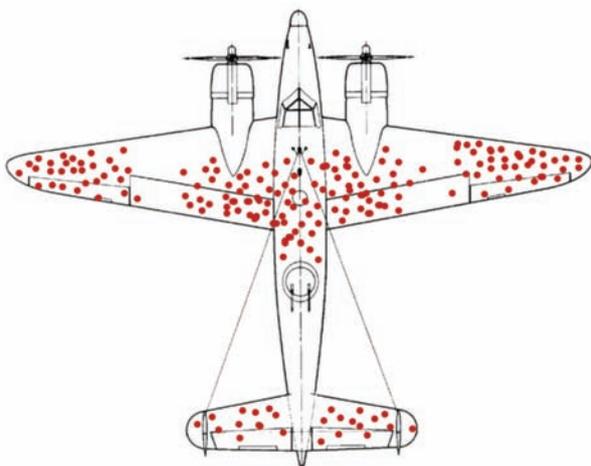


Figura 4 - As batalhas aéreas na Segunda Guerra Mundial são um bom exemplo de como o viés de sobrevivência opera na análise científica. A imagem mostra danos hipotéticos a um bombardeiro. (© Cameron Moll)

Outro ótimo exemplo de viés de sobrevivência é o caso do pesticida Aldrin. Este inseticida é um composto organoclorado sintético, extremamente tóxico que foi amplamente utilizado entre as décadas de 1950 e 1970 em culturas de milho e algodão nos Estados Unidos. Causa danos nos rins e no fígado mas, durante alguns anos acreditou-se que não havia motivo para preocupação com o consumo humano. O motivo é que os investigadores mediam um conteúdo muito baixo de Aldrin nos produtos recolhidos. Contudo, o Aldrin transforma-se em Dieldrin [15], outro composto organoclorado igualmente tóxico, no solo e nos tecidos vivos, mas como os investigadores analisaram apenas o teor de Aldrin, não apuraram este facto [16]. Novamente, os investigadores estavam a fazer a pergunta errada e analisaram apenas os dados que possuíam. O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos acabou por terminar a utilização de Aldrin e Dieldrin em 1970.

Conclusões

Grande parte do trabalho de um investigador é tomar decisões sobre experiências, dados, hipóteses e conclusões. O método científico é influenciado, na prática, por um jogo variado de forças que separam os investigadores da objetividade necessária para realizar essas tarefas. Neste artigo, vimos que algumas vezes essas decisões são distorcidas por vieses cognitivos, muitos dos quais passam despercebidos. É nossa missão, enquanto investigadores, conhecer e controlar esses vieses, para que a qualidade dos nossos relatórios aumente e, assim, limite as possíveis falhas de reprodutibilidade na ciência. As histórias que analisamos mostram-nos que, apesar de alguns casos de sucesso, como a lei de Hubble, esses preconceitos podem representar sérios riscos na interpretação dos resultados. Para melhorar a qualidade da ciência e, em particular, a sua reprodutibilidade, os investigadores devem incentivar o uso de métodos de trabalho mais lentos, que permitam uma tomada de decisão mais racional e calma. Como os vieses que nos atingem são impossíveis de eliminar, a maneira mais eficaz de minimizar os seus efeitos é através da autocrítica. Nesse sentido, o mais importante é lembrar, como indica o princípio de Feynman que encabeça este artigo, que nós próprios somos a pessoa mais fácil de enganar.

Referências

- [1] Cho, Z.-J. Jia, F. H. Arnold, "Site-selective enzymatic C-H amidation for synthesis of diverse lactams", *Science* Nº 364, p. 575 (2019); I. Cho, Z.-J. Jia, F.H. Arnold, "Retraction", *Science* Nº 367, p. 155 (2020).
- [2] M. Baker, Is there a reproducibility crisis?, *Nature* Nº 533, p. 452 (2016).
- [3] R. Caldwell, D. Lindberg, "Understanding Science", University of California Museum of Paleontology (2019). (<http://www.understandingscience.org>)
- [4] D. Kahneman, "Thinking, fast and slow", Penguin (2012).
- [5] D.L. Sackett, "Bias in analytic research", *J. Chron. Dis.* Nº 32, p. 51 (1979).
- [6] E. Dimara, S. Franconeri, C. Plaisant, A. Bezerianos, P. Dragicevic, "A task-based taxonomy of cognitive biases for information visualization", *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* Nº 26, p.1413 (2018).
- [7] É importante realçar que os vieses não afetam só a metodologia do trabalho científico, mas também o processo de revisão deste trabalho, uma vez que são cientistas que julgam a validade dos artigos. Alguns exemplos notáveis de revisão, como a rejeição do artigo da revista *Nature* sobre a hipóxia de Peter John Ratcliffe (Prémio Nobel de Medicina 2019), poderiam ser melhor compreendidos à luz de alguns vieses cognitivos.
- [8] J.C. Farman, B.G. Gardiner, J.D. Shanklin, "Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClO_x/NO_x interaction", *Nature* Nº 315, p. 207 (1985).
- [9] E. Hubble, "A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae", *PNAS* Nº 15, p. 168 (1929).
- [10] Sabe-se que a considerável dispersão de dados do Hubble se deve, entre outras coisas, ao efeito da velocidade peculiar das estrelas em relação a uma galáxia usada como sistema de referência.
- [11] A.G. Riess, W.H. Press, R.P. Kirshner, "A precise distance indicator: type Ia supernova multicolor light curve shapes", *Astrophysical Journal* Nº 473, p. 88 (1996).
- [12] A.G. Riess et al., "A 2.4% determination of the local value of the Hubble constant", *Astrophysical Journal* Nº 826, p. 56 (2016).
- [13] A. Wald, A reprint of "A method of estimating plane vulnerability based on damage of survivors" by Abraham Wald, Statistical Research Group, CRC 432 (1980).
- [14] A citação original é atribuída a Peter F. Drucker (1909-2005).
- [15] M. Honeycutt, S. Shirley, "Dieldrin", *Encyclopedia of Toxicology* Nº 2, p. 107 (2014).
- [16] R. Carson, "Primavera silenciosa", *Crítica* (2010).



Andrés Redondo Cubero, é investigador "Ramón y Cajal" da Universidade Autónoma de Madrid, onde completou o seu doutoramento em Física em 2010. Foi bolseiro de pós-doutoramento da Fundação para a Ciência e Tecnologia no Campus Tecnológico e Nuclear do Instituto Superior Técnico entre 2010 e 2013. Dedicou-se a investigação em nanotecnologia de semicondutores, com análise e modificação de materiais com feixes de iões. É membro da Sociedade Portuguesa de Física e da Real Sociedade Espanhola de Física.

Como Construir Boas Questões?

Uma introdução à Teoria Clássica dos Testes

Ana Rita Mota e J. M. B. Lopes dos Santos

CF/UM/UP, Departamento de Física e Astronomia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto

Resumo

Uma parte muito significativa do tempo dos professores é ocupada por tarefas relacionadas com a avaliação. Apesar da diversidade de meios e instrumentos, o teste ou questionário continua a ser uma componente essencial do processo de avaliação. Mas que confiança temos na nota que atribuímos ao resultado do teste de um estudante? Será uma medida fiável das suas competências e conhecimentos? Ainda que tenhamos elaborado o teste com cuidado e sentido crítico, não seria útil dispor de critérios que nos permitissem aferir a qualidade e utilidade das perguntas?

Este artigo tem como objetivo divulgar um processo de análise de testes, desenvolvido no contexto das Ciências Sociais - a Teoria Clássica dos Testes - que pode ser aplicado com vantagem ao contexto educativo. A análise clássica de um teste é feita à posteriori, com base nos resultados obtidos pelos estudantes e aborda quer a questão da fiabilidade global do teste quer a da qualidade e utilidade de cada uma das questões (itens). Pode, pois, constituir um complemento ao processo de elaboração de um teste e promover a melhoria contínua da qualidade da avaliação.

1 Introdução

Indicadores internacionais são unânimes ao considerar que a avaliação é um dos fatores que mais condiciona o processo de aprendizagem [1,2]. Apesar da importância dos testes de avaliação sumativos, sabemos hoje que, no contexto ensino-aprendizagem, a grande utilidade da avaliação se prende mais com o seu carácter formativo, isto é, com a capacidade de se tornar num instrumento de aprendizagem. Diferentes tipos de avaliação, com feedback permanente, permitem desenvolver diferentes tipos de competências num menor espaço de tempo, para além de estimularem os estudantes a serem mentalmente mais ativos na sala de aula e proporcionarem uma aprendizagem significativa [2]. Um rápido e sistemático feedback é a chave da avaliação pedagógica, porque permite que os alunos saibam em que patamar estão e o que é preciso fazer para atingir os seus objetivos.

Qualquer metodologia de ensino que se pretenda implementar deverá ser pensada e construída com base num modelo de avaliação sólido, contínuo e diversificado [1]. Esta mudança

de paradigma carece de um pensamento estruturado por parte dos professores, tornando-se necessário um esforço coletivo para pensar e preparar, com rigor, novos instrumentos de avaliação. Desta reflexão surgem, inevitavelmente, algumas inquietações: dado o elevado número de alunos numa turma e consequente trabalho de correção, como operacionalizar um modelo de avaliação formativa com feedback rápido? Neste contexto, os testes de escolha múltipla aparecem como uma alternativa atraente. Mas, como sabemos se estamos a construir bons itens?

Quando medimos o comprimento de uma mesa ou o período de oscilação de um pêndulo, temos uma ideia clara da natureza da grandeza que medimos e da adequação dos instrumentos que usamos. Mas, se pretendemos medir um coeficiente de inteligência, um traço de personalidade, ou, até, o grau de conhecimento em Física Newtoniana, a situação é muito diferente. No contexto das Ciências Sociais ou no contexto educativo, as variáveis que pretendemos medir são habitualmente designadas por latentes, para dar ênfase à sua inacessibilidade. A sua própria validade conceptual é reforçada pela qualidade do processo de medição. Por isso, os investigadores em ciências sociais e os psicólogos, em particular, sempre dedicaram muita atenção à análise dos processos de medida, que, em geral, tomam a forma de administração de testes. A Teoria Clássica dos Testes (TCT) é uma das respostas a esta problemática; apesar de existirem alternativas mais recentes e complexas, que beneficiam do aumento do poder computacional, a TCT continua a ser largamente utilizada [3,4].

A análise de um teste em TCT tem duas componentes fundamentais: (a) avaliação da fiabilidade do teste como um todo; (b) avaliação da qualidade individual de cada pergunta (item), usando dois índices, um de dificuldade e outro de poder de discriminação. Faremos uma apresentação muito sucinta destas componentes com alguns exemplos. Para uma exposição mais detalhada, recomendamos um dos textos de referência da área,

com o título sugestivo “Introduction to Measurement Theory” [5]. Começaremos pela análise de itens.

2. Análise de itens

A TCT [3,4] realça as propriedades psicométricas dos itens de uma prova que correspondem aos parâmetros índice de dificuldade e índice de discriminação.

2.1 Índice de dificuldade

O índice de dificuldade, com valores entre 0 e 1, é definido pela fração de acerto nesse item, ou seja, é a razão entre a soma das pontuações obtidas pelos estudantes e a pontuação máxima que poderiam obter (pontuação máxima do item vezes o número de estudantes). Um item é tanto mais difícil quanto menor é o seu índice de dificuldade. Não parece uma nomenclatura feliz, mas está consagrada na literatura. Para que um instrumento de avaliação tenha um nível ideal de dificuldade, Pasquali [6] recomenda uma distribuição de níveis de dificuldades de itens de um teste dentro de uma curva normal, conforme a Tabela 1.

Quantidade ideal de itens na avaliação (em %)	Índice de dificuldade do item	Classificação do item em relação ao índice de dificuldade
10%	Superior a 0,9	Muito fáceis
20%	De 0,7 a 0,9	Fáceis
40%	De 0,3 a 0,7	Medianos
20%	De 0,1 a 0,3	Difíceis
10%	Inferior a 0,1	Muito difíceis

Tabela 1 - Distribuição sugerida de itens por índice de dificuldade ([6])

A Tabela 2 apresenta as cotações de 10 alunos a duas questões, Q1 e Q2, e mostra como se calcula o índice de dificuldade de cada item. A questão Q1 é de escolha múltipla (0 ou 6 pontos) e a questão Q2, com maior índice de dificuldade, é uma resposta restrita (máximo 10 pontos).

	A	B	C	D
1				
2			Q1	Q2
3		Aluno 1	0	8
4		Aluno 2	6	10
5		Aluno 3	6	6
6		Aluno 4	6	3
7		Aluno 5	6	4
8		Aluno 6	6	10
9		Aluno 7	0	6
10		Aluno 8	0	0
11		Aluno 9	0	8
12		Aluno 10	0	4
13		Índice de dificuldade	0,50	0,59
14			$SOMA((C3:C12)/(10*6))$	$SOMA((D3:D12)/(10*10))$

Tabela 2 - Cálculo do índice de dificuldade. O fundo amarelo refere-se às fórmulas

2.2 Índice de discriminação

O índice de discriminação de um item compara o sucesso obtido nesse item de dois grupos de estudantes: os que obtiveram maior classificação na prova com os que obtiveram menor classificação, isto é, mede a capacidade do item diferenciar os alunos de acordo com o seu desempenho global no teste. É habitualmente definido como a diferença entre as frações de acerto¹ de dois grupos de estudantes: os 27 % respondentes

com pontuações mais altas (grupo A) e os 27 % respondentes com pontuações mais baixas (grupo C). O item é tanto mais discriminativo quanto maior for o valor do índice de discriminação. Este pode assumir qualquer valor entre -1, caso todos os estudantes do grupo C tenham cotação máxima e os do grupo A cotação nula e, +1, caso todos os estudantes do grupo A tenham cotação máxima e os do grupo C cotação nula. Quando as percentagens de respostas certas no grupo A e C são muito próximas, o índice de discriminação será próximo de zero. Itens com índice de discriminação superior a 0,3 são habitualmente considerados discriminativos [7,8] (Tabela 3).

Valor do índice de discriminação	Classificação
Inferior a 0,2	Item deficiente, deve ser rejeitado
De 0,2 a 0,3	Item marginal, sujeito a reformulação
De 0,3 a 0,4	Item bom, sujeito a aprimoramento
Superior a 0,4	Item bom

Tabela 3 - Classificação dos itens com base no índice de discriminação ([7])

Consideremos novamente as respostas de 10 alunos às questões Q1 e Q2, à qual acrescentámos uma terceira coluna com a cotação total no teste (admitindo que o teste é constituído apenas pelas questões Q1 e Q2). O primeiro passo é identificar o percentil 27 e o percentil 73 (Tabela 4, coluna C-16 e C-17).

	A	B	C	D	E
1					
2			Q1	Q2	TOTAL
3		Aluno 1	0	8	8
4		Aluno 2	6	10	16
5		Aluno 3	6	6	12
6		Aluno 4	6	3	9
7		Aluno 5	6	4	10
8		Aluno 6	6	10	16
9		Aluno 7	0	6	6
10		Aluno 8	0	0	0
11		Aluno 9	0	8	8
12		Aluno 10	0	4	4
13					
14					
15					
16		Percentil 27	6,86	$PERCENTIL(E3:E12;0,27)$	
17		Percentil 73	11,14	$PERCENTIL(E3:E12;0,73)$	
18					
19					

Tabela 4 - Cálculo do índice de discriminação - Parte I

O próximo passo é reordenar os alunos por ordem crescente (ou decrescente) de cotação total da prova para melhor identificar os alunos que pertencem a cada um dos percentis e calcular o índice de discriminação (Tabela 5). Neste caso, verificamos que a questão Q1 é a mais discriminadora.

A	B	C	D	E	F
			Q1	Q2	TOTAL
		Aluno 8	0	0	0
		Aluno 10	0	4	4
		Aluno 7	0	6	6
		Aluno 1	0	8	8
		Aluno 9	0	8	8
		Aluno 4	6	3	9
		Aluno 5	6	4	10
		Aluno 3	6	6	12
		Aluno 2	6	10	16
		Aluno 6	6	10	16
		PERCENTIL 27	0,000	0,333	
			$SOMA(D4:D6)/(CONTAR(D4:D6)*6)$	$SOMA(E4:E6)/(CONTAR(E4:E6)*10)$	
		PERCENTIL 73	1,000	0,867	
			$SOMA(D11:D13)/(CONTAR(D11:D13)*6)$	$SOMA(E11:E13)/(CONTAR(E11:E13)*10)$	
		Índice de discriminação	1,000	0,533	
			$D17-D14$	$E17-E14$	

Tabela 5 - Cálculo do índice de discriminação - Parte II

¹ Soma das cotações obtidas pelos estudantes sobre a cotação máxima que poderiam obter.

3. Fiabilidade

3.1 O conceito de fiabilidade

Uma das características mais relevante de um teste é sua fiabilidade [9]. A fiabilidade é uma avaliação da reprodutibilidade dos resultados de um teste. Ao contrário do que acontece em medidas físicas, em que podemos realmente repetir em condições invariantes, não podemos, na prática, repetir a administração de um teste, e, mesmo que o pudéssemos fazer, é duvidoso que o pudéssemos considerar como uma nova medida, independente da primeira. Como a medida não pode ser repetida, fica claro que a tarefa avaliar a fiabilidade de um teste tem de ser conseguida com os resultados de uma única medida, com base em hipóteses sobre os erros. A discussão do conceito de fiabilidade requer o recurso a alguns conceitos de estatística. Para tornar a apresentação mais acessível, usaremos, preferencialmente, exemplos concretos, em vez de formulações mais gerais.

O ponto de partida é um questionário (teste) administrado a um grupo de $m = 6$ respondentes, cujos resultados estão reproduzidos na Tabela 6. O investigador (professor) apura a pontuação (score) de cada respondente no teste, expresso por um número X_α , em que $\alpha = 1, \dots, 6$ é um índice que percorre todo os sujeitos do teste. A média das pontuações na amostra dos respondentes no teste está calculada na célula B8:

$$\bar{X} := \frac{1}{6} (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6) = 12,17 \quad (1)$$

	A	B	C	D
1	Estudante	Pontuação, X_α	$X_\alpha - \bar{X}$	$(X_\alpha - \bar{X})^2$
2	A1	8,00	-4,17	17,36
3	A2	9,00	-3,17	10,03
4	A3	13,00	0,83	0,69
5	A4	17,00	4,83	23,36
6	A5	13,00	0,83	0,69
7	A6	13,00	0,83	0,69
8	Média, $\bar{X} = 12,17$		Variância, $\Delta X^2 = 8,81$	
9	=MEDIA(B2:B7)		=MEDIA(D2:D7)	

Tabela 6 - Resultados de 6 estudantes num teste

Os desvios da pontuação de cada estudante em relação a média, $X_\alpha - \bar{X}$, representados na coluna C, dão-nos uma ideia da variação de pontuações de cada respondente em relação à média. Por definição, a média destes desvios é nula, ou seja, a soma dos valores da coluna C é nula.

$$\overline{(X_\alpha - \bar{X})} = \frac{1}{6} [(X_1 - \bar{X}) + (X_2 - \bar{X}) + (X_3 - \bar{X}) + (X_4 - \bar{X}) + (X_5 - \bar{X}) + (X_6 - \bar{X})] = \bar{X} - \frac{1}{6} (6 \times \bar{X}) = 0 \quad (2)$$

Na coluna D, calculámos os quadrados dos valores dos desvios $(X_\alpha - \bar{X})^2$ e, por baixo, a respetiva média, designada por variância, que, no caso presente, é 8,81; os desvios positivos e negativos contribuem agora com o mesmo sinal e o resultado é um valor positivo (ou nulo, apenas no caso em que todos as pontuações são iguais):

$$\Delta X^2 = \frac{1}{6} [(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + (X_3 - \bar{X})^2 + (X_4 - \bar{X})^2 + (X_5 - \bar{X})^2 + (X_6 - \bar{X})^2] \quad (3)$$

O desvio padrão é definido por $\Delta X := \sqrt{\Delta X^2}$.

A hipótese de base da CTC é que a pontuação X_α de um respondente ao questionário é a soma de um valor verdadeiro (*true score*), T_α , a grandeza que o teste pretende medir, com um erro aleatório,

$$X_\alpha = T_\alpha + E_\alpha, \quad (4)$$

um conceito muito semelhante ao de uma medida física. Ao classificar o erro como aleatório, estamos a imaginar que, em hipotéticas repetições da administração do teste, em circunstâncias invariantes, a pontuação verdadeira seria a mesma, mas o erro variaria. Contudo, em cada teste só temos acesso à pontuação total, X_α , não a cada uma das suas componentes. A pontuação verdadeira T_α é um constructo hipotético, por vezes, designado por variável latente. A TCT baseia-se em algumas hipóteses acerca dos erros E_α para inferir propriedades deste processo de medição. As mais importantes são: **(a)** A média do erro para cada respondente (média numa hipotética população de testes repetidos) é nula, $\langle E_\alpha \rangle$; **(b)** A respetiva variância é a mesma para todos os respondentes, $\Delta E_\alpha^2 = \langle (E_\alpha - \langle E_\alpha \rangle)^2 \rangle = \Delta E^2$. Com algumas hipóteses adicionais sobre os erros² chega-se a um resultado fundamental da TCT:

$$\Delta X^2 = \Delta T^2 + \Delta E^2 \quad (5)$$

em que ΔT^2 é a variância dos scores verdadeiros.

$$\Delta T^2 = \frac{1}{m} \sum_{\alpha} (T_\alpha - \bar{T})^2 \quad (6)$$

e \bar{T} é a média das pontuações verdadeiras

$$\bar{T} := \frac{1}{m} \sum_{\alpha} T_\alpha \quad (7)$$

O índice de fiabilidade de um teste, Φ , é definido, simplesmente, como a razão entre a variância das pontuações verdadeiras e a das pontuações observadas

$$\Phi = \frac{\Delta T^2}{\Delta X^2} = \frac{\Delta X^2 - \Delta E^2}{\Delta X^2} = 1 - \frac{\Delta E^2}{\Delta X^2} \quad (8)$$

A fiabilidade toma valores no intervalo [0,1], uma vez que $\Delta X^2 \geq \Delta E^2$.

Esta definição é acompanhada de um certo desconforto: na Eq.(8) só temos acesso a ΔX^2 (Eq. 3), o que não nos permite determinar Φ . Não podemos inserir na Tabela 6, uma coluna com as verdadeiras pontuações; se as soubéssemos, o conceito de fiabilidade seria inútil.

Coloquemos de lado, por um momento, a questão de como estimar Φ e investiguemos o seu significado, supondo que sabemos o seu valor. Da Eq. (8) tiramos $\Delta E = \sqrt{1 - \Phi} \Delta X$.

² Para uma listagem detalhada das hipóteses da TCT, ver [5].

Tal como acontece numa medida física, quando indicamos, além do valor medido, a incerteza na forma de mais ou menos, um desvio padrão, podemos expressar a pontuação do sujeito como

$$S_\alpha = X_\alpha \pm \Delta E = X_\alpha \pm \sqrt{1 - \Phi} \Delta X. \quad (9)$$

Por exemplo, para $\Phi = 0,5$, $S_\alpha = X_\alpha \pm 0,71\Delta X$, o erro de medida é cerca de 70 % do desvio padrão da população.

Para percebermos a pouca utilidade de um tal teste, tomemos o exemplo de um exame nacional com distribuição normal de classificações, em que o score médio é $\bar{X} = 11$ valores (percentil 50) e o desvio padrão é $\sigma = \Delta X = 3,5$. Um cálculo simples mostra um erro nas classificações de $\pm 2,5$; um estudante com 13 valores teria uma classificação verdadeira entre 10,5, que é o percentil 44 da distribuição de classificações, e 15,5 que é o percentil 90! Sabemos realmente pouco sobre a competência deste estudante como resultado da administração do teste. A Tabela 7 ilustra o significado de diferentes valores de fiabilidade.

Φ	$\Delta E / \Delta X = \sqrt{1 - \Phi}$
1	0
0,90	0,32
0,80	0,45
0,70	0,55
0,60	0,63
0,50	0,72

Tabela 7 - Valores de fiabilidade e razão entre o erro da medida da pontuação de cada estudante (desvio padrão, ΔE) e o desvio padrão do conjunto de pontuações de todos os estudantes (ΔX).

3.2 Estimar Φ

Suponhamos que temos a possibilidade de fazer duas administrações de testes paralelos, A e B e conhecermos as pontuações de cada respondente nos dois testes, $X_\alpha(A)$ e $X_\alpha(B)$. Os valores de $X_\alpha(A)$ e $X_\alpha(B)$ não são iguais, devido ao erro de medida, mas estão naturalmente correlacionados, uma vez que, por hipótese, cada sujeito do teste tem a mesma pontuação verdadeira nos dois testes. Uma representação gráfica da pontuação do segundo teste em função da do primeiro ajuda-nos a visualizar esta relação.

Se os erros fossem nulos ($\Delta E = 0$), teríamos os pontos $(x, y) = (X_\alpha(A), X_\alpha(B))$ sobre uma reta de declive 1, pois $X_\alpha(B) = X_\alpha(A) = T_\alpha$. Se usarmos a relação $\Delta E = \sqrt{1 - \Phi} \Delta X = \sqrt{(1 - \Phi) / \Phi} \Delta T$, podemos simular os resultados de dois testes.

A Figura 1 mostra a simulação do resultado de dois testes para diferentes valores de fiabilidade. A amostra de 30 pontuações verdadeiras é gerada de uma distribuição normal com média $\bar{T} = 11$ e desvio padrão $\Delta T = 3$. Os erros são gerados de uma distribuição de média nula e desvio padrão $\Delta E = \sqrt{(1 - \Phi) / \Phi} \Delta T$. Esta figura mostra dois resultados possíveis, para

dois valores de Φ . Em cada caso, usamos os mesmos valores de pontuações verdadeiras nos dois testes, com média $\bar{T} = 11$ e desvio padrão $\Delta T = 3$; para cada teste geramos erros aleatórios $E_\alpha(A)$ e $E_\alpha(B)$ e com desvios padrões $\Delta E = \sqrt{(1 - \Phi) / \Phi} \Delta T$.

Os resultados simulados dos testes são:

$$X_\alpha(A) = T_\alpha + E_\alpha(A), \quad (10)$$

$$X_\alpha(B) = T_\alpha + E_\alpha(B). \quad (11)$$

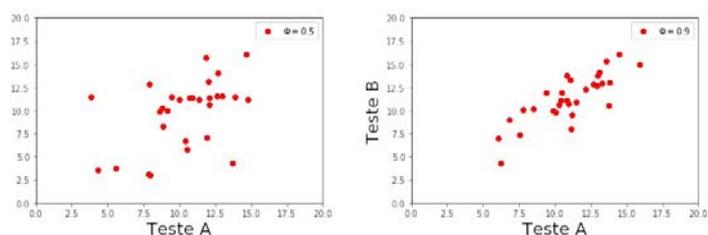


Figura 1 - Simulação de resultados de dois testes para diferentes valores de fiabilidade. A amostra de 30 pontuações verdadeiras é gerada de uma distribuição normal com média $\bar{T} = 11$, e desvio padrão $\Delta T = 3$. Os erros são gerados de uma distribuição de média nula e desvio padrão $\Delta E = \sqrt{(1 - \Phi) / \Phi} \Delta T$.

É claro que quanto maior for Φ , maior é a correlação entre as pontuações dos dois testes. Se fizéssemos uma regressão linear entre os valores dos dois testes, o coeficiente de regressão R^2 seria mais próximo de 1 no caso de maior valor de Φ . As hipóteses da TCT permitem concluir, precisamente, que Φ é a raiz quadrada de R^2

$$\Phi = \sqrt{R^2}. \quad (12)$$

Parece que não estamos mais próximos do nosso objetivo, pois, desde o princípio, afirmámos a impossibilidade prática de administrar dois testes paralelos. Mas, suponhamos, por um momento, que os diferentes itens do teste medem a mesma competência. Se dividirmos o teste em duas metades, as pontuações verdadeiras de cada respondente em cada metade, normalizadas ao mesmo valor máximo (20 valores ou 100 pontos), devem ser iguais. Ou seja, o teste em si já consiste em dois testes paralelos com metade das perguntas, cujas respostas conhecemos.

Com base neste conceito, num artigo extremamente influente [10], L. Cronbach propôs uma estatística para estimar Φ , conhecida como o parâmetro α de Cronbach, e mostrou que ele constituía uma média da estimativa da fiabilidade sobre todas as partições possíveis do teste em duas metades.

Para um teste com k itens (perguntas), o α de Cronbach é dado por

$$\alpha = \frac{k}{k - 1} \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k \Delta p_i^2}{\Delta X^2} \right] \quad (13)$$

em que Δp_i^2 é a variância das pontuações no item i .

Vejamos um exemplo de cálculo deste parâmetro, feito numa folha de cálculo (Tabela 8). O exemplo refere-se a 10 alunos num questionário de 7 perguntas. As somas das pontuações de cada aluno estão na coluna I. Na linha 16, usamos a função VAR() para calcular as variâncias Δp_i^2 de cada questão e das pontuações totais, ΔX^2 (célula I16). A fiabilidade é estimada na célula B17 com a fórmula de Cronbach [Eq.(13)].

A estimativa da fiabilidade, através da correlação entre meios-testes, requer que estes sejam testes paralelos. O α de Cronbach só é uma boa estimativa de Φ se as respostas aos itens tiverem uma correlação elevada, ou seja, num teste homogéneo, em que todos os itens, ou uma boa parte deles, tenham subjacente a mesma competência³. Mas convém salientar que a ausência de correlações diminui o valor de α , e por isso, o valor de fiabilidade de um teste heterogéneo será, em geral, superior a α . Por esta razão, alguns autores escrevem

$$\Phi \geq \alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum_i \Delta p_i^2}{\Delta X^2} \right] \quad (14)$$

Assim, um α de valor razoável ($\alpha > 0,7$, por exemplo), mesmo num teste heterogéneo, é uma boa indicação da fiabilidade do teste. Um α baixo pode simplesmente traduzir a heterogeneidade do teste, cuja fiabilidade (reprodutibilidade) pode ser significativamente superior a α (para uma discussão mais detalhada consultar o artigo de Cronbach [10]).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4	ALUNO	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Score	
5	1	8	10	6	10	6	6	10	54	SOMA(B5:H5)
6	2	5	5	0	0	0	6	0	17	
7	3	6	8	6	10	6	6	10	52	
8	4	6	8	6	10	6	0	5	41	
9	5	6	5	6	10	6	6	8	47	
10	6	6	8	6	10	6	6	8	50	
11	7	6	8	6	10	6	6	10	52	
12	8	6	0	6	0	0	0	8	20	
13	9	6	7	0	10	6	6	10	45	
14	10	0	8	0	10	6	0	0	24	
15										
16	Variancia	3,600	7,789	8,400	17,778	6,400	8,400	15,656	204,84	VAR(I5:I14)
17	Fiabilidade	0,78	7/6*(1-SOMA(B16:H16)/I16)							
18	CorrMedia	0,37	B17/(B17+7*(1-B17))							

Tabela 8 - Exemplo de cálculo de Fiabilidade. As linhas 5 a 14 contêm a pontuação de cada estudante nas 7 questões, somadas na coluna I. A linha 16 calcula as variâncias de cada coluna e na célula B17 é calculada a fiabilidade. A célula B18 calcula a correlação média entre itens.

4. Exemplo de aplicação da TCT

Aplicou-se a TCT a um teste de avaliação de Física e Química, 11.º ano, realizado numa escola portuguesa, em 2018. A prova teve a duração de 120 minutos, a que acresceu a tolerância de 30 minutos. Foi constituída por 28 questões, incluindo itens de seleção (por exemplo, escolha múltipla) e itens de construção (por exemplo, resposta curta e resposta restrita). O teste abordou conteúdos de Física e Química e foi aplicado a 100 alunos no 3.º período.

As respostas aos itens foram tratadas como sendo dicotómicas (0 ou 6 pontos) e politómicas (pontuando também as respostas classificadas com códigos intermédios de 0 a 10 pontos), num total de 20 itens dicotómicos e 8 politómicos. No gráfico da figura 2, os itens da prova, dicotómicos (azul) e politómicos (vermelho), estão registados em função do seu índice de dificuldade e de discriminação. O gráfico mostra que 7 % dos itens são muito fáceis, 50 % fáceis e 43 % são medianos.

A Figura 2 revela, ainda, que 18 itens (cerca de 64 %) têm um índice de discriminação superior a 0,3 pelo que são considerados discriminativos, isto é, bons itens, sendo que cerca de 18 %, precisam de melhorias. Apenas um item deve ser rejeitado e a média dos alunos nesta prova foi de 14,0 valores, o que confirma o elevado número de itens de baixo grau de dificuldade. Contudo, o facto de os itens mais fáceis serem os menos discriminativos confirma a qualidade dos mesmos. A estimativa de fiabilidade, através do alfa de Cronbach, revelou $\alpha = 0,85$, ou seja, uma boa fiabilidade.

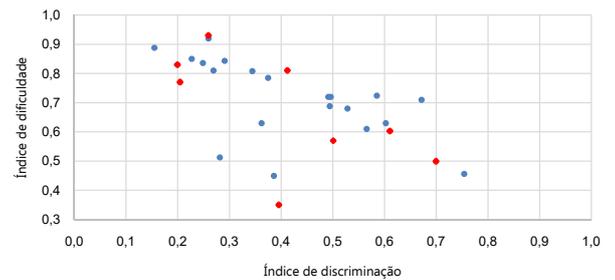


Figura 2 - Índice de dificuldade vs índice de discriminação num teste de 28 questões; a azul as questões dicotómicas e a vermelho as politómicas."

4. Notas finais

A avaliação é, pela sua natureza, subjetiva, mas isso não impede que produza resultados úteis, rigorosos e com significado. O objetivo deste artigo foi apresentar alguns dos conceitos fundamentais da TCT e mostrar que esta abordagem, rápida e simples, pode ser útil no aperfeiçoamento de instrumentos de avaliação, durante a prática letiva no ensino básico, secundário e universitário.

Apesar da Teoria Clássica dos testes ainda ser muito utilizada para analisar a qualidade dos itens, a Teoria de Resposta ao Item (TRI) [3] é a metodologia mais usada, quando se trabalha em larga escala, como, por exemplo, no tratamento estatístico de provas internacionais como o PISA, o TIMMS ou, até, o ENEM (Brasil), uma vez que permite também avaliar o "perfil" do candidato. Por outras palavras, a Teoria Clássica dos testes não permite que o desempenho de estudantes, que fizeram testes diferentes, seja comparado com igualdade, já que a dificuldade da prova poderá interferir diretamente na pontuação de cada um. A TRI, com um modelo mais sofisticado, permite contornar essa dificuldade.

³ Uma nota de cautela: para a mesma correlação média entre itens, o valor de fiabilidade aumenta com o número de itens e testes com mais itens tenderão a ter maior fiabilidade.

Referências

- [1] MICHAELSON, Larry K.; SWEET, Michael; PARMELEE, Dean X. *Team-Based Learning: small group learning's next big step*. New York: Wiley Periodicals, 2008.
- [2] MOTA, Ana Rita; ROSA, C. W. *Ensaio Sobre Metodologias Ativas: Reflexões E Propostas*. *Revista Espaço Pedagógico*, Vol. 25, n.º 2, p. 261-76, 2018.
- [3] SARTES, L. M. A.; SOUZA-FORMINGONI, M. L. O. Avanços na psicometria: da Teoria Clássica dos Testes à Teoria de Resposta ao Item. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, v. 26, n.º 2, p. 241-250, 2013.
- [4] BORGATTO, Adriano Ferreti; ANDRADE, Dalton Francisco de. *Análise Clássica de Testes com diferentes graus de dificuldade*. *Estudos em Avaliação Educacional*, São Paulo, v. 23, n.º 52, p. 146-156, 2012.
- [5] ALLEN, M.J.; YEN, W.M. *Introduction to Measurement Theory*. Waveland Press, 2001.
- [6] PASQUALI, L. *Psicometria: Teoria dos Testes na Psicologia e na Educação*. Petrópolis: Vozes, 2003.
- [7] RABELO, M. *Avaliação Educacional: Fundamentos, Metodologia e Aplicações no Contexto Brasileiro*. Rio de Janeiro: SBM, 2013
- [8] COSTA, P.; OLIVEIRA, P.; FERRÃO, M. E.. *Statistical issues on multiple choice tests in engineering assessment*. SEFI 37th Annual Conference, 2009.
- [9] MAROCO, João; GARCIA-MARQUES, Teresa. Qual a fiabilidade do alfa de Cronbach? *Questões antigas e soluções modernas?* v. 4, n.º 1, pg. 65-90, 2013.
- [10] CRONBACH, Lee J.. *Coefficient alpha and the internal structure of tests*. *Psychometrika*, v. 16, n.º 3, p. 297-334, 1951.



Ana Rita Mota, licenciou-se em Ensino da Física e Química na Universidade de Aveiro e obteve o doutoramento em Física na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, sob orientação do professor João Lopes dos Santos. Em 2015/2016 integrou, na Universidade de Harvard, o grupo de investigação de Eric Mazur. Foi sua professora assistente no curso *Applied Physics*, conhecido pela metodologia *Team & Project-based approach*. Em Harvard, foi também professora assistente do físico David Keith. É autora de artigos publicados em revistas nacionais e internacionais e tem como principal interesse de investigação as áreas de ensino colaborativo, avaliação e metacognição. Atualmente é investigadora pós-doc no Departamento de Física e Astronomia da FCUP. Paralelamente, leciona Física e Química no colégio de Nossa Senhora do Rosário, Porto.



João Lopes dos Santos, é professor de Física na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Doutorou-se em Física Teórica da Matéria Condensada no Imperial College, e desenvolve o seu trabalho científico nesta área. O ensino da Física e a divulgação científica tiveram sempre um papel importante na sua carreira de professor. Foi coordenador do Projecto Faraday de intervenção no ensino secundário, promovido pela Fundação Calouste Gulbenkian. Considera que ser Físico é uma das melhores ocupações para quem tem uma curiosidade que atravessa muitas fronteiras.

Pêndulo em “Quarentena” - Aprender Física em Confinamento!

Cristina Pinho

Escola Secundária Sebastião e Silva, Oeiras

E@D – Física – 12º Ano

No âmbito da Formação Contínua de Professores, no projeto GoStem, organizada pelo Instituto de Educação, foi organizada uma atividade intitulada “Pêndulo Gravitico”, para ser desenvolvida pelas três turmas de 12º ano de Física da Escola Secundária Sebastião e Silva em Oeiras. A sua realização pelas turmas estava prevista para o 2º período. É então que, no dia 13 de março, é decretado o confinamento obrigatório, colocando-se um enorme desafio: Como continuar com esta atividade?

Vamos fazê-la à distância!

O projeto “Pêndulo Gravitico” envolveu os 65 alunos do 12º ano da Escola, organizados em equipas de 4. Começaram a trabalhar ainda no final do 2º período via Zoom, webex e outras plataformas.

Foram construídos 17 pêndulos com materiais que tinham em casa e fizeram-se cartazes, artigos científicos e ainda vídeos que mostraram todo o trabalho realizado. Os trabalhos foram apresentados à turma e alguns alunos participaram ainda no I Seminário Educação STEM Júnior (Edição Web Seminar). A figura 1 mostra o esquema previsto para a montagem com algumas sugestões

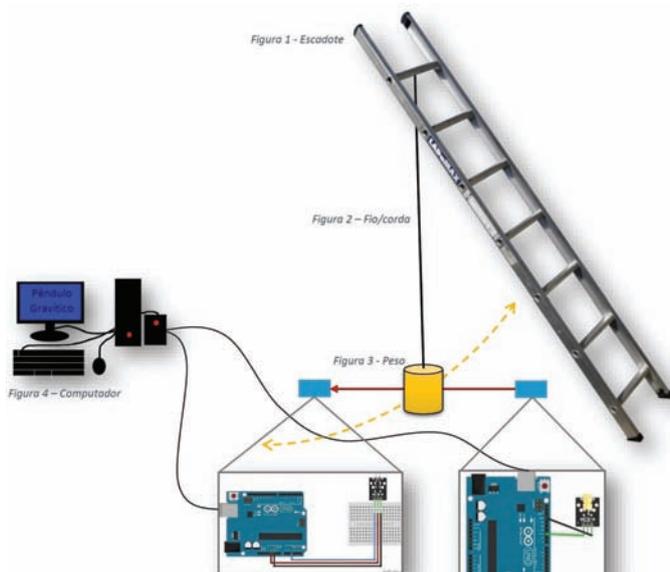


Figura 1 - Esquema da montagem, com sugestões de implementação.

de materiais a usar. A figura 2 mostra alguns dos pêndulos construídos.

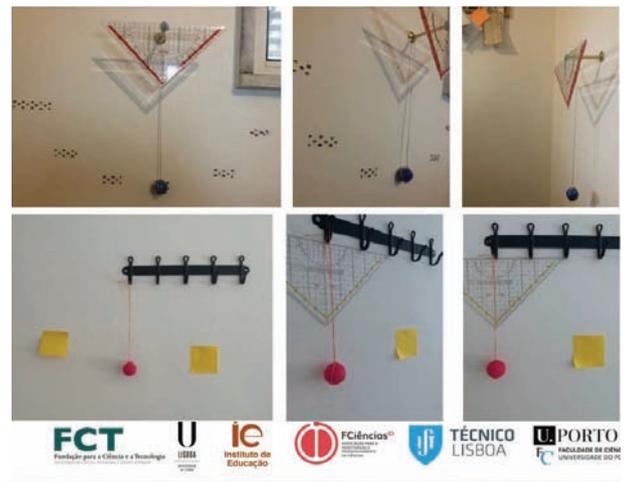


Figura 2 - Alguns dos pêndulos construídos, no projeto GoStem.

A figura 3 mostra uma imagem da implementação da atividade durante uma das aulas remotas em que a experiência decorreu. As figuras 3 e 4 mostram imagens da atividade.



Figura 3 - Implementação da experiência, em aula online.

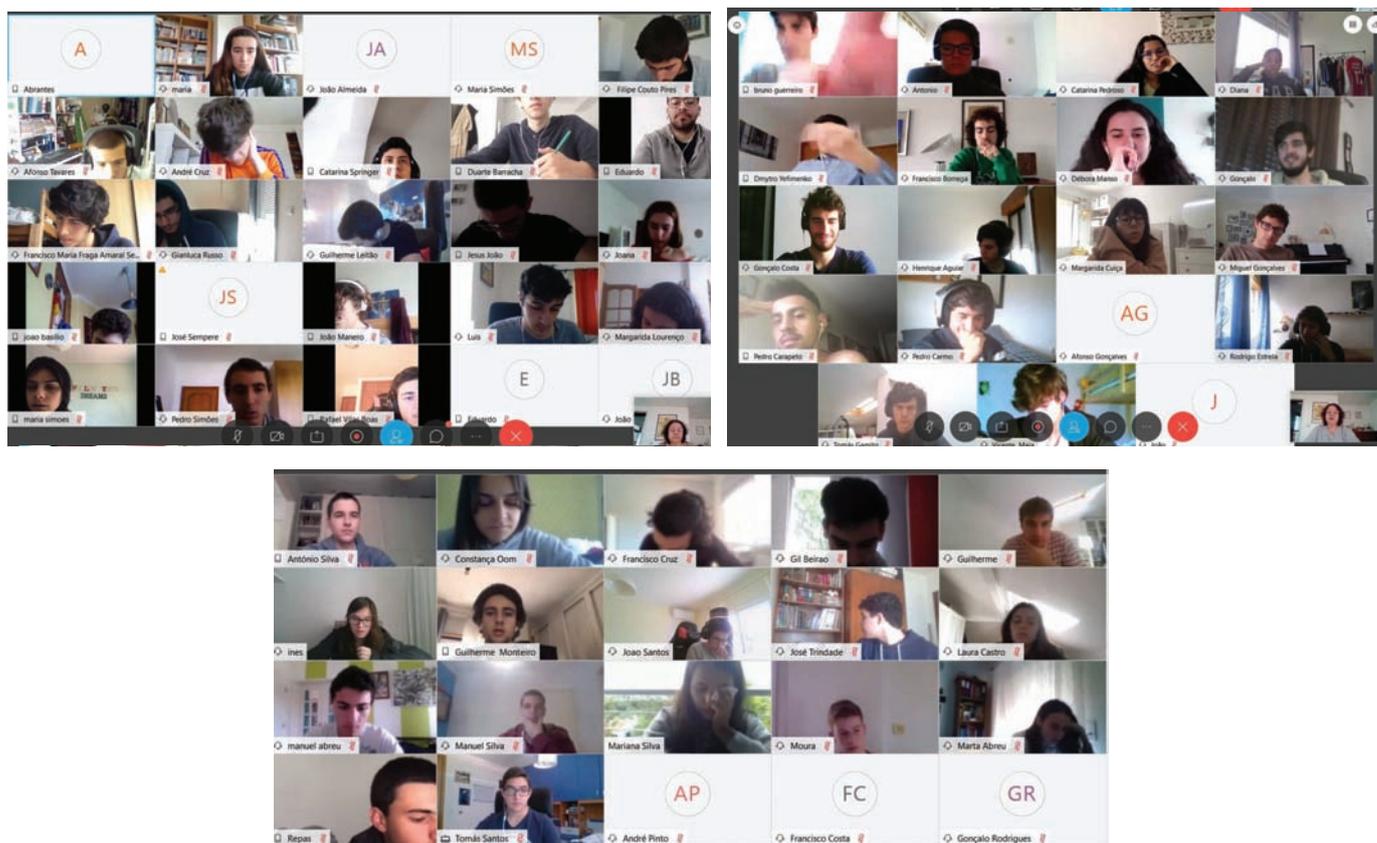


Figura 4 -Alunos das turmas do 12º ano, da Escola Secundária Sebastião e Silva em Oeiras, onde foi desenvolvida a atividade “Pêndulo Gravítico”.

No final do projeto recolhemos alguns depoimentos de alunos e professores, que aqui deixamos.

O projeto do pêndulo foi para mim uma das melhores formas de acabar o ano, principalmente durante um isolamento. Este projeto permitiu-nos distrair do que se passava à nossa volta enquanto ao mesmo tempo desenvolvíamos diversas capacidades muito importantes. O distanciamento físico colocou-nos à prova em todas as etapas do projeto: na construção do pêndulo; no planeamento e execução da atividade experimental; na análise dos resultados e na conceção do relatório, do artigo científico e do vídeo. (Guilherme Monteiro).

Inicialmente, quando o trabalho foi proposto, nós tínhamos em mente usar um determinado tipo de materiais que são só disponibilizados pela escola, e ter de adaptar a mesma experiência usando materiais que temos em casa foi uma das tarefas mais complicadas! No entanto, eu acho que este trabalho foi muito bom porque ajudou-nos a desenvolver competências em termos de medição de grandezas, construção de gráficos elaborados e análise dos mesmos! Para além disso, possibilitou ainda mais o desenvolvimento da capacidade de trabalhar em grupo, uma vez que foi tudo feito através de videochamadas, mensagens e mails (Marta Abreu).

A realização do trabalho do pêndulo gravítico, proposto pelo goSTEM, foi muito gratificante. Apesar de não terem sido possíveis encontros presenciais, o grupo

conseguiu coordenar e organizar tudo de uma forma bastante prática e eficaz. Graças à diversidade de meios de comunicação que foram pedidos (o vídeo, por exemplo), foram desenvolvidas novas capacidades ou aproveitados os pontos mais fortes de cada elemento. Sem dúvida que serviu como preparação para desafios do nosso futuro, tanto académico como profissional (Débora Manso).

A construção do pêndulo gravítico, para além de ter sido uma atividade muito interessante que nos permitiu aplicar na prática conceitos aprendidos em sala de aula, foi uma forma de antevermos como será o trabalho de grupo on-line no ensino superior, pelo que iremos melhor preparados para esta nova fase da nossa vida. (Maria Simões).

O Pêndulo foi um projeto bastante interessante na medida em que nos preparou para enfrentar desafios em equipa, nos quais necessitamos de saber distribuir tarefas entre todos os elementos e fazer gestão da equipa de forma a ser mais eficientes na conclusão do trabalho. Para além disso, também nos ajudou a consolidar vários conhecimentos adquiridos anteriormente nas aulas de física (José Sempere)

Os resultados obtidos foram discutidos, analisados e comunicados usando diferentes suportes (figuras 5 e 6). De acordo com a avaliação que foi feita o resultado foi muito positivo e permitiu vê-los crescer. Potenciou o desenvolvimento de competências importantes para a saída do Ensino secundário – Perfil do Aluno – Século XXI. Agradeço a todos os alunos das turmas E, F e G do 12º ano da Escola Secundária Sebastião e Silva (figura 4).

Entrevista – Nelson Dias, FCCN - Computação Científica Nacional

Nelson Dias tem desempenhado funções na gestão de projetos e serviços para a comunidade académica e científica nacional, na FCCN - Computação Científica Nacional, nas áreas de *e-learning*, audiovisual e multimédia. Atualmente é gestor dos serviços de vídeo, onde é responsável pelo suporte e desenvolvimento de ferramentas e serviços avançados de comunicação e colaboração dirigidos para a comunidade académica nacional, onde se destacam o Colibri, Educast, Videocast e Estúdio de Vídeo. Tendo em conta os desenvolvimentos recentes na necessidade de utilização de recursos online para suporte ao ensino e investigação, a Gazeta aproveitou para lhe fazer uma entrevista e conhecer por dentro os serviços da FCCN.

O que é a FCCN ?

A FCCN é a unidade da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, que tem como missão principal o planeamento e gestão da RCTS – Rede Ciência, Tecnologia e Sociedade.

A RCTS é uma infraestrutura de investigação digital, transversal a todas as áreas do conhecimento e que cobre todo o território nacional.

Os seus serviços são disponibilizados através de uma rede de alto desempenho para instituições de ensino e investigação, assegurando assim os requisitos de comunicações e serviços digitais avançados das diversas comunidades de utilizadores destas entidades. A RCTS constitui-se igualmente como uma plataforma de experimentação para aplicações e serviços avançados de comunicações.

Os serviços prestados pela FCCN estão segmentados em vários pilares nomeadamente, conectividade, computação, colaboração, conhecimento e segurança. Mais informações em fccn.pt.

Que serviços relevantes para o trabalho remoto são disponibilizados e para que fins?

A FCCN fornece uma série de serviços que podem ser úteis no contexto atual de pandemia, não só para o trabalho e aulas em formato remoto como também para a colaboração a distância. Destaco abaixo as principais ferramentas e serviços disponíveis nas áreas da comunicação, colaboração e ensino a distância, que podem ser mais relevantes durante esta fase de pandemia.

Colibri



Colibri

Colaboração a distância

O Colibri permite realizar sessões de videoconferência com vários participantes de múltiplas instituições.

www.fccn.pt
www.colibri.fccn.pt

E-mail: colibri@fccn.pt
Telefone: +351 21 844 01 00

Figura 1 - Serviço Colibri. Endereços: <http://colibri.fccn.pt/>, <https://www.fccn.pt/colaboracao/colibri/>

Com o Colibri (Zoom) é possível colaborar a distância de uma forma simples e intuitiva. O serviço permite realizar sessões de videoconferência, reuniões, trabalhos de grupo, aulas e tutorias a distância entre um ou mais participantes da comunidade académica e científica (figura 1). Fornece um ambiente seguro e intuitivo que inclui ferramentas de gestão, agendamento, partilha e gravação das sessões. O serviço é compatível com os principais sistemas operativos e dispositivos móveis, assim como, com os terminais tradicionais de videoconferência.

- Videoconferência com áudio, vídeo e *chat*
- Reuniões até 300 participantes
- Partilha de ecrã e quadro branco
- *Breakout rooms*
- Compatível com terminais de videoconferência (H.323, SIP)
- Gravação das sessões (computador e *cloud*)
- Serviço de *Webinar* a pedido (eventos com mais de 300 participantes)
- Compatível com computadores, *tablets* e *smartphones*
- Integração com o Educast

Videocast

VIDEOCAST

O seu evento online

Serviço de transmissão de eventos em direto. Projete o seu evento na Internet e partilhe-o nas Redes Sociais.

videocast.fccn.pt
www.fccn.pt

E-mail: servico-videodifusao@fccn.pt
Telefone: +351 21 844 01 00

Figura 2 - Serviço Videocast. Endereços: <https://videocast.fccn.pt/>, <https://www.fccn.pt/colaboracao/videocast/>

Com o Videocast (figura 2) é possível fazer a transmissão de vídeo em direto para todo o mundo, via Internet, sem anúncios ou interrupções. O conteúdo é partilhado de forma simples, através de uma página *web* com *chat* integrado,

sendo possível partilhar uma aula ou formação com todos os que tenham acesso ao *link* de transmissão (com opção de controlo por palavra-chave). O serviço é compatível com os principais *browsers* de internet e dispositivos móveis (*smartphones* e *tablets*).

- Transmissão de eventos em direto
- Página de suporte à criação e gestão de uma videodifusão
- Personalização do *layout* de apresentação
- Integração de vídeo, apresentação e *chat*
- Transcodificação automática para formatos móveis
- Partilha nas redes sociais
- Estatísticas de acesso e monitorização em tempo real
- Acesso controlado por palavra-chave

Educast

educast

Grava, edita, publica

Serviço de gravação, edição e publicação de aulas e eventos institucionais.

www.fccn.pt
www.educast.fccn.pt

E-mail: suporte-educast@fccn.pt
Telefone: +351 21 844 01 00

Figura 3 - Serviço Educast. Endereços: <https://educast.fccn.pt/>, <https://www.fccn.pt/conhecimento/educast/>

Através do Educast (figura 3) poderá gravar, editar e publicar vídeos educativos (aulas, formações, tutoriais, etc). Esta publicação é feita através do *upload* para um portal pesquisável, que agrega mais de 33 mil vídeos educativos.

O Educast permite a edição e publicação, com recurso a *software* próprio, de forma simplificada, garantindo que os vídeos ficam disponíveis aos alunos em múltiplos formatos (*streaming*, *desktop* e *mobile*).

- Gravação de vídeos educativos (aulas, *workshops*, eventos, tutoriais)

- Gestor de conteúdos centralizado
- Recorder para gravação de vídeo e slides
- Editor de vídeos via *browser*
- Publicação em múltiplos formatos (*streaming, desktop e mobile*)
- Portal de acesso aos vídeos produzidos
- Integração com *Learning Management Systems (Moodle, Blackboard, Sakai, Canvas)*
- Acesso controlado aos conteúdos via autenticação federada (RCTSai)

Nau

Lançada a 3 de abril de 2019, a NAU – Ensino e Formação a Distância para Grandes Audiências, permite desenvolver ações de formação em formato MOOC (*Massive Open Online Course*) para um grande número de utilizadores, por meio de entidades reconhecidas e relevantes na sociedade. Resulta da iniciativa nacional para construção e operação de uma plataforma tecnológica de suporte à publicação e dinamização de conteúdos para este tipo de formato, em língua portuguesa. MOOC é um formato de ensino a distância aberto e acessível a todos.

- Criação e disponibilização de cursos online para grandes audiências (MOOC)
- Produção e gestão de conteúdos educativos na forma de cursos
- Conteúdos educativos de alta qualidade
- Certificados de conclusão dos cursos realizados
- Aquisição de novas competências e aprendizagem contínua
- Destinada a entidades académicas e científicas, administração pública e instituições privadas
- Integração com o Educast

Link:

<https://www.nau.edu.pt/>

<https://www.fccn.pt/conhecimento/nau/>

Filesender

O Filesender é a solução ideal para os trabalhos que envolvem a partilha de ficheiros pesados, o serviço permite o envio de ficheiros até ao limite máximo de 100 GB. Esta plataforma exclusiva para estudantes, professores e investigadores assume-se, por isso, como a melhor opção para a partilha segura dos ficheiros de grandes dimensões.

- Destinado à comunidade académica e científica nacional
- Envio e partilha de ficheiros de grandes dimensões (max: 100 GB)
- Acessível via Autenticação Federada (RCTSai)
- Envio de ficheiros para um número máximo de 100 destinatários
- Ficheiros disponíveis para *download* durante 30 dias

Link:

<https://filesender.fccn.pt/>

<https://www.fccn.pt/colaboracao/filesender/>

Qual foi o impacto do COVID em termos de utilização destes serviços ?

A utilização dos serviços de colaboração e conhecimento sofreram, de forma geral, um grande aumento na sua utilização como ferramentas de suporte à realização de aulas, reuniões de trabalho, exames online, eventos institucionais, produção e disponibilização de conteúdos audiovisuais e multimédia, agora todos eles suportados através de ferramentas de comunicação digitais.

Destaco dois dos serviços que mais cresceram durante o período de pandemia, o Colibri (figura 4) e o Educast (figura 5).

Comparativamente ao primeiro quadrimestre de 2019 o serviço Colibri teve um crescimento do número de reuniões na ordem dos 3 956 %, enquanto que o Educast teve um crescimento de 612 % do número de vídeos produzidos na plataforma.

Se analisarmos os dados de utilização destes serviços desde o início do ano o Colibri conta atualmente com um total de 1 257 519 reuniões realizadas, 17 347 133 participantes e um total de 91 202 utilizadores registados no serviço. Já o serviço Educast contabiliza um total de 11 439 vídeos produzidos, 20 587 novos utilizadores, 1 932 canais criados e um total de 1 639 106 visualizações. Estes números continuam a crescer e é expectável que devido ao contexto atual esta situação se mantenha.

Estatísticas mais detalhadas sobre os serviços podem ser observadas através do website da FCCN num conjunto de dashboards criados para esse efeito.

Link: <https://www.fccn.pt/estatisticas/>

Notaram alguma diferença na forma como os serviços são usados ?

Sim, os serviços passaram a ser utilizados de forma massiva pelas instituições aderentes à RCTS, como forma de colmatar as aulas a distância, eventos online, o trabalho remoto e até mesmo como ferramentas de avaliação online. Registámos um aumento de novos utilizadores, como simultaneamente o agendamento de um maior número de sessões simultâneas e registo de gravações em qualquer um dos serviços enunciados.

Por outro lado temos vindo a assistir a um crescimento da comunidade aderente com a adesão de novas instituições, que passaram a conhecer a FCCN através da mediatização dos seus serviços. Este facto tem contribuído também para o alargamento da rede e da consequente utilização dos nossos serviços.

Temos vindo a assistir a uma transformação e conversão digital supersónica, que foi claramente uma consequência da pandemia e do isolamento social da comunidade académica. Para a FCCN tem sido um desafio enorme, tanto humano como tecnológico, mas que tem sido altamente gratificante ao sentir que podemos ajudar a comunidade a ultrapassar os tempos difíceis de atravessamos, através da utilização dos nossos serviços. Sentimos que a nossa missão está a ser cumprida.

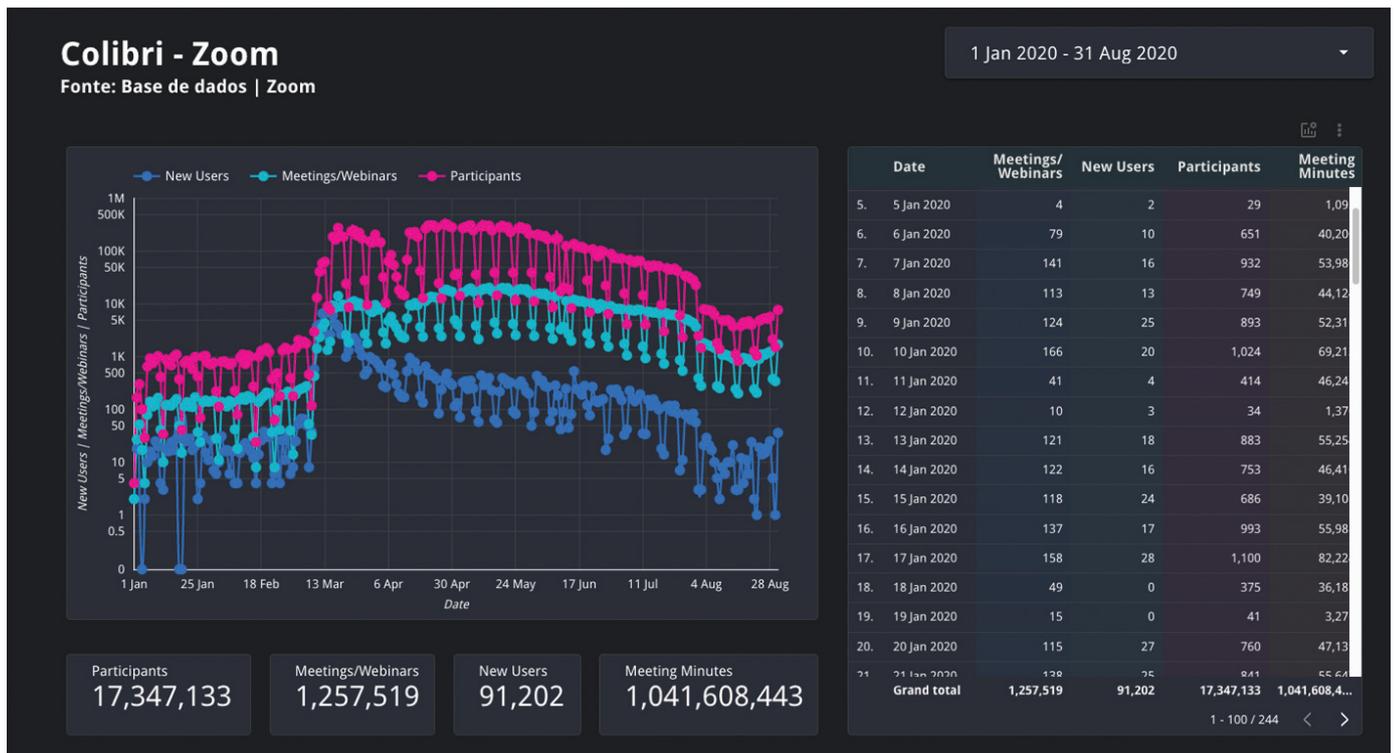


Figura 4 - Evolução do número de novos utilizadores, reuniões online e participantes do Colibri, entre janeiro e agosto de 2020.



Figura 5 - Evolução do número de vídeos produzidos, minutos produzidos e novos utilizadores do Educast, entre janeiro e agosto de 2020.

Que desafios/problemas colocou esta utilização e como estão a ser ultrapassados ?

A crescente utilização dos serviços levou à necessidade de reforço do licenciamento, assim como, de toda a infraestrutura de suporte aos serviços, que foi crescendo exponencialmente de forma a assegurar o

seu funcionamento e disponibilidade para toda a comunidade utilizadora. Foi um enorme trabalho de equipa, que incluiu a colaboração de várias áreas e serviços, de forma a conseguir aumentar toda a infraestrutura de forma transparente para os utilizadores e sem quebras de

serviço. Tivemos uma série de desafios mas que foram sendo ultrapassados de forma rápida e ágil, mantendo sempre a qualidade dos serviços para os utilizadores finais.

No caso do serviço Colibri (Zoom) foi necessário reforçar o licenciamento na ordem dos 1 111 %, assim como, a sua infraestrutura ao nível do front-end, que cresceu 5 vezes relativamente à sua dimensão inicial, de forma a poder comportar o elevado número de acessos da comunidade. No serviço Educast foi também necessário reforçar o número de transcoders para conseguir aumentar a capacidade de processamento de vídeos na plataforma, que passou a produzir num mês mais do que produzia anteriormente num ano inteiro.

Foi também necessário recorrer ao reforço da equipa, principalmente na componente de apoio e helpdesk de forma a conseguir responder ao elevado número de pedidos de suporte da comunidade RCTS. Durante o período de confinamento os pedidos começaram a chegar de forma massiva através dos mais diversos meios de comunicação (tickets, telefone, mensagens, etc.), pelo que foi necessário conseguir assegurar uma boa capacidade de resposta para um número de solicitações nunca antes visto, desde professores, alunos, equipas técnicas, assim como pedidos de informação de entidades não aderentes à RCTS.

Em termos de comunicação também foi importante proceder ao reforço de comunicações mais regulares, de forma informar a comunidade acerca das novidades nos serviços, updates de segurança, boas práticas de utilização e segurança a ter em consideração durante este pico de utilização. Foram utilizados os principais canais institucionais, como o site da FCCN, assim como a partilha de informação através das redes sociais na forma de notícias, infografias e comunicados de imprensa.

Qual tem sido o feedback dos utilizadores ?

O feedback dos utilizadores tem sido positivo, tanto através das mensagens e chamadas telefónicas, assim como dos tickets de apoio e suporte aos serviços. Existe um enorme espírito de entajuda na nossa comunidade. Temos estado a trabalhar em estreita colaboração com os departamentos de informática, audiovisuais e de ensino a distância, no sentido de apoiar as equipas locais com as melhores soluções tecnológicas, boas práticas de utilização e apoio e recomendação na aquisição de soluções dedicadas adaptadas à realidade de cada instituição. Penso que estas medidas

podem ajudar a ultrapassar os desafios educativos e tecnológicos que foram lançados por esta pandemia.

Foi ainda realizado um questionário à comunidade durante o mês de agosto com o objetivo de aferir os níveis de satisfação dos utilizadores dos diversos serviços prestados pela FCCN. Os resultados foram bastante positivos, segundo os dados recolhidos neste questionário durante a fase de pandemia os serviços mais utilizados foram o Colibri (93 %), *b-on* (35 %), RCAAP (18 %), Filesender (17 %), Videocast (10 %), NAU (6 %) e Educast (5 %). Durante a fase de pandemia 86% da comunidade considera que a prestação de serviços por parte da FCCN foi positiva, dando-lhe uma nota de 4 ou 5 numa escala de um a cinco. Segundo o mesmo questionário, 98% dos utilizadores recomendam a utilização dos serviços da FCCN. Penso que estes dados mostram a grande importância dos nossos serviços e mais que tudo da nossa missão para com a comunidade académica nacional.

Que novidades estão a ser planeadas ?

Uma das grandes novidades é o lançamento de um projeto piloto no Colibri, que vem permitir o acesso a licenciamento webinar a pedido, que pode ser utilizado para eventos de grande dimensão que tenham como requisitos mínimos, um número superior a 300 participantes. Esta nova funcionalidade vem permitir a realização de eventos para grandes audiências, que se tornaram cada vez mais solicitados neste contexto de pandemia, onde os eventos presenciais têm vindo a ser evitados.

O licenciamento webinar permite comportar sessões com um limite máximo de 1000 participantes, além de facilitar a gestão das sessões, destacar os oradores, um maior controlo na moderação das sessões com possibilidade de lançamento de questionários, perguntas e respostas, tradução simultânea, entre outras funcionalidades.

Estamos também a preparar o lançamento de um novo site de ajuda do Colibri que vai fornecer informações adicionais sobre o serviço, boas práticas de utilização e segurança, manuais de utilização, equipamentos compatíveis, novidades, novas funcionalidades, FAQ, entre outros conteúdos. O principal objetivo é facilitar o acesso a informação atualizada sobre o serviço.

Foi ainda lançado um novo plugin, que permite uma maior facilidade de agendamento de reuniões Colibri (Zoom) diretamente nas plataformas virtuais de aprendizagem, como por exemplo o Moodle. Esta componente do serviço já está em produção e pode ser solicitada e implementada a pedido nas instituições aderentes.

No serviço Educast estamos a desenvolver um novo editor de vídeo HTML5, que nos vai permitir abandonar a tecnologia Flash até ao final do ano e oferecer um conjunto de novas funcionalidades na produção e

gestão de conteúdos educativos multimédia. Vamos passar a utilizar as tecnologias web standard(HTML5/CSS/Javascript), que permitirão a edição de vídeos *online* com possibilidade de personalização de metadados, *branding* e capítulos, através dos principais *browsers* e sem necessidade de instalação de *software* proprietário.

Estamos também a trabalhar numa nova versão do Portal Educast de acesso aos conteúdos produzidos pela comunidade, que tem como objetivo facilitar o acesso aos mais de 33.000 vídeos disponíveis, assim como melhorar toda a sua componente de pesquisa e experiência de utilização em dispositivos móveis.

Em conclusão, tem sido um ano cheio de desafios, temos vindo a dar o nosso melhor para estar à altura da responsabilidade que temos para com a comunidade académica nacional e para que juntos possamos superar as adversidades inerentes ao momento único que estamos a atravessar.



Nelson Dias, é licenciado em Ciências da Comunicação com especialização na variante Audiovisual, possui um Mestrado em Audiovisuais e Multimédia na Escola Superior de Comunicação Social (ESCS) e outras especializações nas áreas de comunicação digital

(áudio, vídeo, *web*, fotografia e *motion graphics*). Trabalha na FCTIFCCN desde 2009 onde tem desempenhado várias funções na gestão de projetos e serviços para a comunidade académica e científica nacional nas áreas de e-learning, audiovisual e multimédia. Atualmente é gestor dos serviços de vídeo, onde é responsável pelo suporte e desenvolvimento de ferramentas e serviços avançados de comunicação e colaboração dirigidos para a comunidade académica nacional.

Lidera uma série de serviços multimédia, onde se destacam o Colibri, Educast, Videocast e Estúdio de Vídeo, onde é responsável por ferramentas e serviços de suporte ao ensino a distância, gestão e desenvolvimento de projetos multimédia, estratégia e criação de conteúdos digitais, Produção, Realização e Pós-Produção de Vídeo, consultoria e suporte técnico audiovisual, desenvolvimento web, design e prototipagem e recursos educativos abertos. Durante os últimos 20 anos tem vindo a desenvolver e a implementar vários projetos de disseminação, comunicação e estratégia em várias vertentes digitais. Como membro ativo da rede pan-europeia GÉANT tem participado em vários projetos internacionais (eduOER, eduCONF, UP2U) onde é também atualmente membro do *Steering Committee* do *Special Interest Group* (SIG Multimedia).

Entrevista – Tiago Rebelo, CEIIA – Centro de Engenharia e Desenvolvimento, Projeto Atena, ventilador COVID

Tiago Rebelo é diretor do projeto ventilador COVID Atena, no Centro de Engenharia e Desenvolvimento - CEIIA. O ventilador COVID Atena recebeu o Prémio de Criatividade Tecnológica, da Sociedade Portuguesa de Autores, ganho pela CEIIA e pela Universidade do Minho, em 15 de julho, por realizarem “o feito notável e único de, em apenas 45 dias, desenvolver, produzir e testar um ventilador pulmonar com o intuito de salvar vidas a nível global – o ventilador Atena, que atualmente já está a ser exportado”.

<https://www.publico.pt/2020/07/15/ciencia/noticia/covid19-spa-atribui-premio-ceiia-universidade-minho-criacao-ventilador-1924558>

O que é o CEIIA, Centro de Excelência para a Inovação da Indústria Automóvel? Qual é a sua missão?

O CEIIA – Centro de Engenharia e Desenvolvimento (alterou a sua designação na sequência da sua evolução para outros setores para além do automóvel) – é um centro que concebe, desenvolve e industrializa novos produtos e serviços em setores de alta intensidade tecnológica, como o automóvel e mobilidade, aeronáutica, oceano e espaço. A missão do CEIIA é interpretar tendências, induzir novas oportunidades, integrando ciência e indústria, para o desenvolvimento e industrialização de novos produtos e serviços a partir de Portugal.

Que projetos tem desenvolvido o CEIIA? Que projectos internacionais estão a desenvolver na área da pandemia e outras áreas de actuação do CEIIA?

O CEIIA desenvolve projectos dois tipos de projectos. Os projetos associados à prestação de serviços de engenharia, principalmente no automóvel e na aeronáutica com instituições e empresas internacionais como a PSA, a Leonardo Helicopters, a Dassault e a Embraer. Os projetos associados ao desenvolvimento de produto próprio, induzido a partir do CEIIA e que envolve programas de desenvolvimento e industrialização de novos produtos e serviços, resultando em novas

cadeias de valor associadas ao produto e à operação em setores como a mobilidade urbana e vida urbana, o oceano e o espaço.

Como nasceu a ideia de fazer o ventilador Atena?

A ideia de desenvolver o Atena surgiu nas sessões de trabalho internas de “Intuir o Futuro”. São sessões que ocorrem geralmente de seis em seis meses e nas quais com base em informação limitada projetamos tendências. E, a partir daí, construímos cenários e definimos planos de desenvolvimento e de ação.

Na sequência da análise do atual contexto tínhamos por base uma ameaça associada. Por um lado, a escassez de ventiladores invasivos no mercado internacional e, por outro, a dependência das cadeias de fornecimento centradas essencialmente a partir da Ásia.

Analisámos as competências e capacidades que seriam necessárias para o desenvolvimento de um ventilador que pudesse responder em tempo útil ao tratamento da doença. Considerámos que, sendo um projeto de risco muito elevado, justificava o nosso envolvimento e compromisso. Criámos então uma equipa interna e realocámos 106 engenheiros envolvidos noutros projetos em curso que considerámos que passaram a não ser críticos devido a esta pandemia. Em paralelo, analisámos outras iniciativas que estavam em curso para evitar a sobreposição de recursos e procurar sinergias com outros projetos que nos permitissem acelerar o ciclo de desenvolvimento e de produção.

Quem esteve envolvido no desenvolvimento do ventilador? Que parcerias foram efetuadas e participaram no projeto?

Um produto complexo como um Ventilador Médico Invasivo não pode ser desenvolvido e produzido por uma única organização. Por isso foi determinante envolver desde o início quem sabe e usa. Neste caso, a comunidade médica especializada (intensivistas, pneumologistas, anestesistas e internistas).

O conhecimento dos médicos especializados juntamente com as competências de engenharia do CEiiA permitiu entender e definir os requisitos funcionais essenciais ao quadro de tratamento clínico da COVID-19 e construir um produto com standards de conformidade hospitalar.

O apoio dos primeiros mecenas que acreditaram na importância do projeto, como a EDP, a Fundação La Caixa/BPI, a REN, Gulbenkian, a Família Américo Amorim, a FLAD, e outros que nos solicitaram anonimato, foi determinante para acelerar a fase de desenvolvimento de produto e assegurar a produção de 100 ventiladores.

Para além deste apoio, tivemos outros igualmente determinantes para o desenvolvimento deste projeto, como seja o apoio da SONAE que disponibilizou a sua central de compras para trabalhar connosco na procura de componentes, a EFACEC e a Medinfar na produtização, bem como alguns fornecedores que têm cedido a título gratuito equipamento de teste e dado apoio à produção. Sem esquecer o envolvimento crucial das universidades, em particular da Universidade do Minho, através das Escolas de Medicina e de Engenharia.

Quais as mais valias trazidas pelas instituições participantes no desenvolvimentos do ventilador?

Um projeto com esta dimensão e complexidade apenas pode ser desenvolvido com a multidisciplinaridade de profissionais. No desenvolvimento do ventilador Atena estiveram envolvidos mais de 100 engenheiros e mais de 20 médicos de várias unidades hospitalares de norte a sul do país. Foi determinante juntar à equipa de engenharia, a comunidade médica que é quem usa e sabe. Depois agregar à capacidade de engenharia de produto, a engenharia de produção e a capacidade de escalar associada à indústria.

Falaram/envolveram a comunidade hospitalar no desenvolvimento? Qual foi a receptividade que receberam sobre a ideia?

O envolvimento da comunidade médica no projeto foi in-excedível. A participação destes profissionais de saúde quer na definição de requisitos, quer no acompanhamento, teste e validação do ventilador Atena foi um dos pontos chave que tornou possível a concretização bem-sucedida desta iniciativa. O entusiasmo e a crença de todos aqueles que se envolveram nesta iniciativa fez-nos acreditar que seria possível desenvolver um equipamento que fosse clinicamente aceitável e cujo benefício na sua utilização fosse superior ao risco.

Que desafios/problemas se colocaram no seu desenvolvimentos e implementação? Como foram ultrapassados?

Os principais desafios prenderam-se por um lado com a saturação das cadeias de fornecimento de componentes tipicamente associados a equipamentos médico, e por outro com a falta de tradição nacional no desenvolvimento, teste e validação deste tipo de equipamentos médicos. Para fazer face a estes desafios foi necessário procurar soluções de fabrico local ou alternativas que, sendo seguras, fossem alcançáveis. Foi também necessário envolver desde o primeiro dia a indústria, as universidades, os centros de I&D, as autoridades e os reguladores, no sentido de procurar soluções de compromisso que permitissem uma solução que sendo rapidamente disponibilizada fosse também segura e confiável.

O ventilador encontra-se já em utilização nos hospitais? Quando se prevê que esteja?

O Ventilador Atena já está disponível para uso em vários hospitais nacionais. Os restantes até 100 unidades destinadas ao SNS, serão entregues conforme solicitado pelos mecenas científicos que apoiaram o projeto na condição da entrega gratuita de 100 ventiladores em Portugal.

Qual a receptividade ao ventilador Atena por parte das autoridades de saúde de outros países?

A receptividade ao ventilador Atena é positiva. Em plena fase de desenvolvimento e produtização do Atena, o CEiiA começou a ser contactado pelos países que pouco a pouco iam sendo afetados pela pandemia, particularmente do Brasil e de países de África, mas também dos Emiratos Árabes Unidos. O projeto Atena nasceu para salvar vidas e é dentro deste espírito que estamos a desenvolver contactos com vários países, em particular dos PALOP para transferir a licença de produção para a sua industrialização naqueles países. Até ao momento foram produzidos 400 ventiladores e foram já exportados 100 para o Brasil.

Qual foi a vossa reação quando souberam da atribuição do Prémio de Criatividade Tecnológica, da Sociedade Portuguesa da Autores? O que significa para vocês terem-no recebido?

O ATENA foi distinguido pela SPA com o prémio de criatividade tecnológica atribuído ao CEiiA e à Universidade do Minho. Trata-se do reconhecimento da capacidade de colaboração entre médicos, investigadores, engenheiros, empresas e mecenas, no desenvolvimento e produção em Portugal de produtos críticos para salvar vidas. Para nós CEiiA é um estímulo para continuarmos o percurso que iniciámos há alguns anos atrás,

procurando desenvolver a partir de Portugal produtos e serviços que permitam alavancar uma economia de base em conhecimento.

Que trabalhos científicos conducentes a publicações em jornais científicos estão em preparação ligadas ao COVID-19 e com que instituições estão esses trabalhos a ser desenvolvidos?

As publicações científicas nesta área presente-mente em preparação estão relacionadas essencialmente com o processo de desenvolvimento, industrialização e validação pré-clínica e em laboratório do Ventilador Atena. Estas publicações estão a ser preparados em parceria entre a equipa de engenharia do CEiiA e a comunidade médica envolvida, nomeadamente da Escola de Medicina da Universidade do Minho, do Hospital de Braga, do Centro Hospitalar Universitário do Porto e também do Instituto Superior Técnico.

Que novidades estão a ser planeadas no CEIA?

Os desafios mais recentes do CEiiA estão associados ao programa de desenvolvimento e industrialização do ATL-100 na área da aeronáutica, ao programa de mobilidade e vida urbana que envolve novos modelos de negócio e uso de veículos de forma sustentável, bem como ao lançamento de um programa *end-to-end* na área dos pequenos satélites e dos pequenos lançadores.



Equipa envolvida no projeto Atena, ventilador COVID.



Tiago Rebelo, é atualmente o diretor da Unidade de Desenvolvimento de Produtos e Serviços do CEiiA. No passado, trabalhou na *Airbus Space and Defense*, tendo colaborado ainda com a Agência Espacial Europeia (ESA) e a Universidade Técnica de Munique (TUM). É licenciado em Engenharia Aeronáutica pela Universidade da Beira Interior - Portugal, Mestre em Tecnologia Espacial pela Universidade de Tecnologia de Luleå - Suécia e Mestre em Astronáutica e Engenharia Espacial pela Universidade de Cranfield - Reino Unido.

Ensino/investigação online e assimetrias

Carlos Herdeiro

Departamento de Matemática, Universidade de Aveiro

A pandemia Covid-19 e o conseqüente confinamento exigiram uma mudança para o ensino online e para o tele-trabalho na primavera e verão de 2020. É importante refletir sobre os desafios que este tipo de soluções criam para todos os intervenientes.

1) Em Abril deste ano, no auge do confinamento em muitos países devido à pandemia Covid-19, a Diretora Geral da UNESCO Audrey Azoulay observa que “o ensino online não pode ser a única solução, dado que exacerba as já existentes desigualdades que são parcialmente equilibradas no ambiente escolar.”

2) É amplamente reconhecido que o acesso à educação é a mais importante fonte de oportunidades. A educação, entendida como o angariar de conhecimentos, competências (técnicas, mas também sociais) e qualificações, permite ultrapassar o teto primário, que é estabelecido pelo ambiente socio-cultural em que se nasce. Fornece um elevador social alicerçado na rede de contactos que as escolas criam. Por isso, as sociedades mais justas são aquelas em que o acesso à melhor educação é mais transversal, potenciando o mérito e as qualidades do indivíduo.

3) Barreiras discriminatórias no acesso à melhor educação servirão sempre para desperdiçar talentos e perpetuar privilégios. Em complemento, os direitos trazem responsabilidades. E a responsabilidade associada a ter acesso à melhor educação é, em primeiro lugar, a de não desperdiçar essa oportunidade, uma responsabilidade partilhada por todos os intervenientes no processo educativo: professores, decisores, estudantes e famílias.

4) Será o ensino à distância, onde a qualidade do mesmo irá depender da qualidade do ambiente em cada casa, desde as tecnologias disponíveis à tranquilidade de cada lar bem como o apoio que os familiares podem fornecer, compatível com promover o princípio da igualdade de oportunidades no acesso ao melhor ensino? Creio que a maioria concordará que não. O ensino online é uma mais valia como complemento. No contexto da pandemia foi um recurso. Mas escolas e universidades maioritariamente online serão mais pobres e tornam/tornarão o processo educativo mais desigual.

5) No outro lado da barricada estão os que trabalham em casa, como professores e investigadores. Um artigo na revista Science, “The pandemic is hitting scientist parents hard, and some solutions may backfire”, de 31 de Julho de 2020 assinado por K. Langin, reflete sobre as dificuldades de investigadores com filhos pequenos durante o confinamento, dificuldades certamente partilhadas por professores e outros profissionais, mas

agravada quando a carreira é precária, como é frequentemente o caso na investigação. É relatado um estudo que conclui que nas semanas iniciais da pandemia e confinamento, as exigências parentais levaram a que, em média, investigadores com filhos até 5 anos trabalhassem menos 38% do que o seu normal, valor que desce para 32% para aqueles que têm filhos entre 6 e 11 anos. O estudo baseado em 4500 investigadores a trabalhar nos EUA e Europa compara estes números com a descida de 16% para todos os outros investigadores sem filhos nestas faixas etárias.

6) Num artigo publicado no bioRxiv, “Gender, race and parenthood impact academic productivity during the COVID-19 pandemic: from survey to action”, de F. Staniscuaski et al., que analisa o impacto da pandemia num universo de 3345 investigadores Brasileiros, conclui-se que os académicos do sexo masculino, especialmente os que não têm filhos, foram o grupo menos afetado na sua produtividade científica, enquanto que as mulheres académicas, especialmente as que são mães e negras, são o grupo mais afetado.

7) Num mundo que permanece sob a ameaça de novas vagas da pandemia, Universidades de referência mundial como Cambridge, Harvard ou Princeton já anunciaram que terão as suas aulas total ou maioritariamente online no ano letivo de 20/21. Será um erro copiar esta decisão, particularmente em realidades diferentes.

8) É fundamental que todos, e em particular os decisores, reflitamos sobre as assimetrias amplificadas pelo recurso a ensino ou trabalho à distância, e que estas sejam objetivamente consideradas em processo de avaliação de estudantes e profissionais. No caso da investigação, equiparar os períodos de confinamento a períodos de licença parental, ainda que com algum peso, poderia ajudar nesse sentido. Mas é preciso refletir e tomar medidas para tentarmos evitar que, para além de todas as outras conseqüências nefastas, esta pandemia contribua para criar um mundo ainda mais desigual.

Endereços:

[https://www.sciencemag.org/careers/2020/07/pandemic-hitting-scientist-parents-hard-and-some-solutions-may-backfire?](https://www.sciencemag.org/careers/2020/07/pandemic-hitting-scientist-parents-hard-and-some-solutions-may-backfire?fbclid=IwAR3JZ5hxqmp2fDlqn4Rv4rNcx9AAAn3wUZRQvzgaSgl8ZmYxH1uZE1eje9n0)

fbclid=IwAR3JZ5hxqmp2fDlqn4Rv4rNcx9AAAn3wUZRQvzgaSgl8ZmYxH1uZE1eje9n0

Quando estarão todos doentes?

Constança Providência

Centro de Física, Universidade de Coimbra

Material

- caderno e lápis
- duas cartolinas A3 de cor diferente
- cola e tesoura
- calculadora

Crescimento exponencial

A física é uma ciência que tem como objetivo explicar o Universo onde vivemos. Para conseguir essa tarefa tão complexa os físicos usam vários instrumentos, como telescópios para observar o Universo, e microscópios e aceleradores para olhar para o infinitamente pequeno. Mas para conseguirem interpretar o que observam utilizam outras ciências como a matemática e as ciências de computação. Vamos ver como a matemática nos pode ajudar a interpretar o que vemos e a prever o que se vai passar.

Nestes últimos meses temos passado por um período complicado devido ao modo como a COVID-19 se espalhou por todos os países do mundo. Em Portugal, tivemos de ficar confinados em casa até ao início de Maio e mesmo depois continuámos a ter aulas à distância ou a trabalhar remotamente usando os meios informáticos. E porquê?

Com uma experiência simples vais perceber. Precisas de um caderno e lápis para registares o que observas. Constrói uma tabela como as que estão ao lado: três colunas por doze linhas. Se precisares acrescenta mais linhas. Na primeira linha, o cabeçalho da tabela, escreve em cada uma das colunas: dia, número de alunos que adocece, número total de alunos doentes. Por baixo de "dia" escreve em cada célula os números 0,1,2,3,4, ... que indicam o dia a que se referem os números que vais escrever nas colunas 2 e 3. Tens a tabela preparada para tomares nota das tuas observações.

Cola duas folhas de cartolina de cores diferentes, por exemplo uma azul e outra vermelha: ficarás com uma cartolina dupla com uma cor diferente de cada lado. Corta-a em pequenos quadrados de 1,5 cm x 1,5 cm. Deves conseguir fazer pelo menos 144 quadra-

dia	número de alunos que adocece	número total de alunos doentes
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Tabela 1 - Tabela para anotar as observações

dos. Agora distribui-os todos sobre uma mesa com o vermelho para baixo, de modo a fazeres doze linhas de doze quadrados (fig. 1). Todos os quadrados têm o lado azul para cima. Supõe que os quadrados representam os alunos que frequentam a tua escola. Um dia, a que chamaremos o dia 1, um dos alunos fica doente com a COVID-19. Representa-o por um quadrado vermelho virando um dos quadrados e anota no caderno no dia 1, 1 aluno na coluna 2 e 1 aluno na coluna 3. Vamos agora supor que cada aluno doente vai contagiar em média dois alunos. Dizer que é em média significa que pode ser que um só contagia um colega mas há outro que contagia três, e, por isso, em média cada um contagia dois alunos. Assim, no dia seguinte, dia 2, há mais dois alunos com COVID-19 que foram contagiados pelo primeiro aluno com COVID-19, ao todo já há 3 alunos doentes. Vira mais dois quadrados e toma nota no caderno, no dia 2 colocas um 2 na coluna 2 e um 3 na coluna 3.

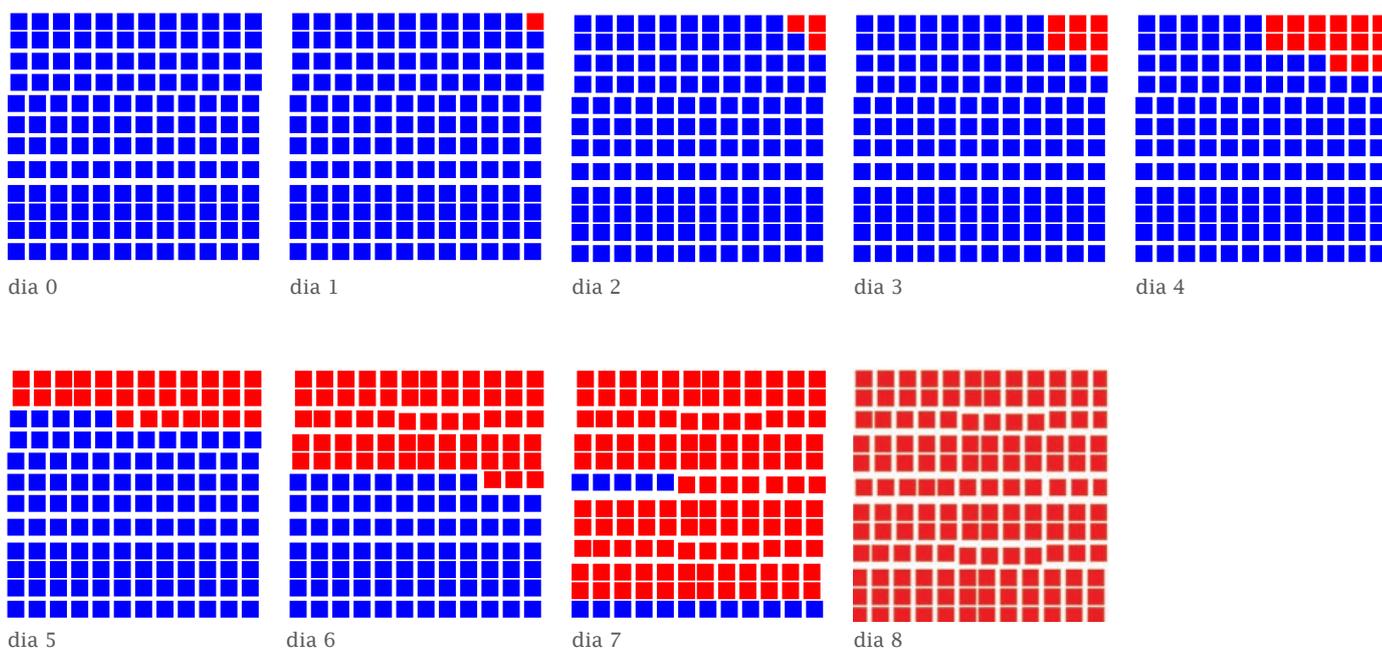


Figura 1 - Evolução do número de alunos doentes. Azul e Vermelho representam os alunos não doentes e doentes respetivamente.

Tabela 2 - Cada aluno contagia dois alunos

dia	número de alunos que adoecem	número total de alunos doentes
0	0	0
1	1	1
2	2	3
3	4	7
4	8	15
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Tabela 3 - Cada aluno contagia três alunos

dia	número de alunos que adoecem	número total de alunos doentes
0	0	0
1	1	1
2	3	4
3	9	13
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Tabela 4 - Para completar

dia	número de alunos que adoecem	número total de alunos doentes
0	0	0
1	10	10
2	9	19
3	8	
4	7	
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		

Os alunos doentes ficam isolados em casa e já não contagiam mais colegas. Agora cada um destes dois alunos vai contagiar dois colegas, e no terceiro dia há mais quatro alunos doentes. Vira mais quatro quadrados e anota no caderno no dia 3, 4 na coluna 2 e 7 na coluna 3. Se agora cada um destes alunos contagiar mais dois alunos, quantos novos alunos estarão contagiados no dia 4? E qual é o número total de alunos doentes? Em que dia estão todos doentes? E se a tua escola tivesse 1000 alunos, ao fim de quantos dias estariam todos os alunos doentes? Dizemos que o crescimento de alunos doentes com covid foi exponencial.

Podes pensar noutras situações diferentes: imagina que cada aluno contagia três alunos. Ao fim de quantos dias todos os alunos estão doentes? Anota sempre no caderno: no dia 1, 1 aluno fica doente, no dia 2, 3 alunos ficam doentes, no dia 3, 9 alunos ficam doentes. Completa a tabela indicando na coluna 2 quantos alunos adoecem nesse dia e na coluna 3 o número total de alunos doentes, até todos os alunos ficarem doentes. Quantos dias demorou? E se a tua escola tivesse 1000 alunos, ao fim de quantos dias estariam todos os alunos doentes?

Compara com o resultado que obtiveste quando cada aluno só contagiava 2 alunos. O que concluis?

Imagina agora que cada aluno só contagia um aluno, em cada dia aparece apenas um novo aluno doente. Constrói uma nova tabela semelhante às anteriores, tabela 4, e prevê ao fim de quantos dias todos os alunos ficam doentes.

Percebes agora porque é que muitos portugueses tiveram de ficar em casa confinados? Portugal poderia evoluir para um crescimento exponencial de doentes e os hospitais não teriam capacidade para os tratar. Ficando em casa não poderíamos ficar doentes ou contagiar outras pessoas. É claro que mesmo assim foi preciso manter os serviços necessários a funcionar e também foi preciso fazer compras. Fora de casa havia sempre alguma probabilidade de ficarmos doentes. Mas o risco de nos contagiarmos era muito menor porque usávamos máscaras, mantínhamos distanciamento e as lojas e serviços tinham poucas pessoas. Agora temos o número de contágios por dia mais controlado mas continuamos a precisar de reduzir o risco de contagiar alguém e, para isso, precisamos de usar máscara e mantermo-nos afastados. A probabilidade de contagiarmos alguém tem de ser menor do que um para mantermos a situação controlada.

E o que é que isso significa, uma probabilidade de contagiar alguém menor do que um? Afinal não podemos contagiar só meia pessoa...Deves novamente pensar na média. Significa, por exemplo, que se houver dez pessoas doentes, elas vão contagiar menos do que outras dez pessoas, ou seja, todos os dias o número de pessoas que fica doente é inferior ao número de pessoas que ficou doente no dia anterior.

Faz a seguinte experiência: supõe que a probabilidade de contágio se mantém sempre menor do que um e que, em cada dia, o número de alunos que fica doente é igual ao número de alunos que ficou doente no dia anterior menos um. Supõe que no primeiro dia há 10 alunos doentes. Ao fim de quantos dias não há alunos a adoecer? Quantos alunos ficaram doentes? Nestas condições a doença está controlada.

Sabias que a COVID-19 é provocado por um vírus chamado SARS-CoV-2? Na figura 2 podes ver a imagem do SARS-CoV-2 obtida com um microscópio eletrónico, um daqueles aparelhos que os físicos desenvolveram para ver o infinitamente pequeno.

No próximo Vamos Experimentar! aplicaremos a matemática que explica como a COVID-19 se espalha ao comportamento das partículas que os físicos conhecem por núcleos. E vais-te tornar num físico nuclear.

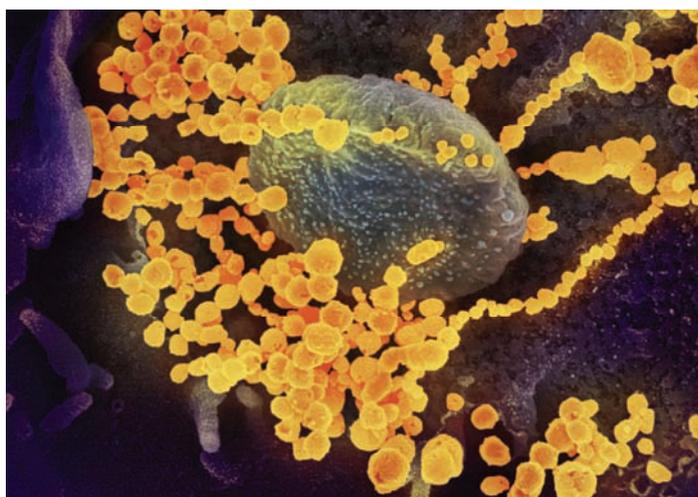
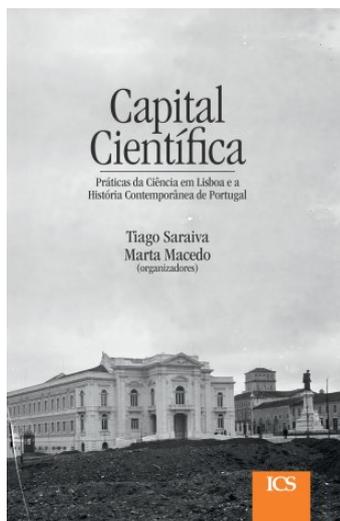


Figura 2 - Imagem tirada por um microscópio eletrónica do vírus Sars-cov-2. Crédito: NIAID-RML

https://en.wikipedia.org/wiki/Severe_acute_respiratory_syndrome_coronavirus_2#/media/File:SARS-CoV-2_scanning_electron_microscope_image.jpg

Livros



Capital Científica - Práticas da Ciência em Lisboa e a História Contemporânea de Portugal

Tiago Saraiva e Marta Macedo (organizadores), ICS, 2019, 410 p.,
ISBN: 978-972-671-540-5

José Braga

Centro Interuniversitário de História das Ciências e da Tecnologia, Faculdade de Ciências Universidade de Lisboa

Este trabalho é organizado por Marta Macedo, que estuda as relações entre Ciência, tecnologia e Império no ICS, e Tiago Saraiva, atual professor na Drexel University em Filadélfia. Nele, mostra-se como a Ciência praticada na capital portuguesa foi fundamental para compreender a História do Portugal contemporâneo, o que até agora era uma lacuna na historiografia nacional. Detalha-se o que se fez em diversas instituições, os atores mais relevantes e a sua relação com o espaço da cidade, dando-se conta do cruzamento entre projetos científicos e de construção do Estado. O livro não aborda instituições ligadas ao mundo colonial e investigação agrícola, mas continua e aprofunda o trabalho «Espaços e Atores da Ciência em Portugal (séc. XVII-XX)» (2014). Demonstra como a Ciência produzida em Lisboa deve ser estudada pois as cidades funcionam como locais de produção científica, proporcionam recursos materiais e culturais, são palco de debates científicos e fornecem problemas a estudar racionalmente.

Além da introdução, onde se apresentam as conclusões atingidas, o livro divide-se em três partes, «Ciência e Regeneração», «Ciência e República» e «Ciência e Estado Novo». Sente-se a falta de um índice remissivo que facilitaria a con-

sulta da obra. O aparelho iconográfico é extenso, desde mapas da evolução espacial de Lisboa (infelizmente, não comentados) a fotografias de cientistas e espaços variados, testemunhando como a imagem, particularmente a fotografia, é fundamental na cultura científica.

Na Regeneração, dominam os engenheiros, sendo tutelar a figura de António Fontes Pereira de Melo (1819-1887). Inspirado pelo pensamento de Claude de Saint-Simon (1760-1825), o fontismo seria materializado no terreno pela administração do Estado, pelos engenheiros e industriais. O modelo francês impor-se-ia nas escolas de formação das elites portuguesas coevas, em particular a Escola Politécnica e Escola do Exército (capítulo 1), tal como a matematização da realidade, permitindo distinguir engenheiros de artesãos. O Liberalismo promoveu Lisboa como capital dotada de modernas instituições científicas, equilibrando o poder da Universidade de Coimbra. O desenho da Escola Politécnica, cujos espaços nobres eram as instalações de química, o museu e o Jardim, traduziu o seu programa científico-político.

A fachada monumental era uma encenação do poder da Ciência que contribuiria para o progresso da nação através da aplicação. Estas escolas marcaram o eixo Rato/Príncipe Real e o Campo de Santana, contribuindo para aumentar o valor do solo e propriedade com consequências na segregação social. São também os engenheiros que introduzem o caminho-de-ferro em Portugal, assumindo-se Lisboa como central na rede ferroviária nacional. Ao mesmo tempo, Frederico Ressano Garcia (1847-1911), introduz na geografia da capital a regularidade geométrica dos *boulevards* marcando o crescimento da cidade.

Abordam-se ainda o «Observatório Astronómico de Lisboa», guardião do tempo nacional beneficiando das características do céu noturno da cidade; «Os espaços dos serviços geológicos» enquanto projeto de domínio do território nacional, dado que a Ciência e técnica poderiam servir para a construção e governação do Estado materializados na Cartografia. Todavia, esta acaba por ser pouco utilizada na construção de infraestruturas devido ao desaparecimento dos geólogos fundadores sem terem formado escola e a inexistência de instalações próprias. Na abordagem ao «Instituto Industrial de Lisboa», máquinas e instrumentos são percebidos como essenciais na sensibilidade romântica de Cesário Verde, demonstrando como engenharia e poesia se podem fundir e dar contributos para a história urbana da ciência.

A República é dominada pelos médicos. Na política, alguns foram dirigentes do Partido e, na Ciência, a Geração de 1911 deixou marcas importantes. Os médicos conseguiram o reconhecimento social da sua profissão, influência social e política. Dominaram através de instituições de ensino, sociedades científicas e imprensa. O texto sobre as instituições médicas (capítulo 5) mostra como Lisboa foi fundamental para a ascensão do laboratório como espaço de produção de conhecimento: os exames *post-mortem* institucionalizaram-se ainda no século XIX, a patologia celular passou a ser a base do entendimento de várias maleitas, os médicos criaram instrumentos de diagnóstico e propostas terapêuticas capazes de regenerar a nação e criar um Homem novo saudável e mais produtivo. O «Instituto Bento da Rocha Cabral» foi modelo de conduta republicana e a distribuição do seu espaço correspondia a um programa científico, dividindo-se os pisos numa hierarquia com os mecanismos fundamentais no topo.

A «Universidade Popular, a Universidade Livre e a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa» testemunham como a vida republicana enquanto vida científica abrangia todas as classes sociais. O monopólio de Coimbra foi posto em causa com a criação das Universidades de Lisboa e do Porto. A primeira, pela sua constituição levou ao surgimento de uma colina de Ciências (à Politécnica), uma de Medicina (ao Campo de Santana) e, mais tarde, com o Instituto Superior Técnico, uma de engenharia (à Alameda). A Faculdade de Ciências era espaço de cidadania e de investiga-

ção, herdando as instalações da Escola Politécnica. Estas tornaram-se exíguas, levantando problemas de operacionalidade face à competição entre disciplinas e, no interior destas, entre trabalho de campo e de gabinete, entre museus, salas de aula e laboratórios. A instituição tentava apresentar um saber virado para a aplicação, respondendo às necessidades de desenvolvimento económico. As Universidades Livre (fundada em 1912) e Popular (desde 1919) correspondiam à agenda republicana de extensão universitária fazendo divulgação científica e cultural às massas através de cursos livres, conferências e visitas de estudo. A primeira esteve mais ligada à Maçonaria e discurso anticlerical, dando maior destaque à Ciência, divulgando os ideais positivistas e republicanos. A Universidade Popular divulgou mais a medicina.

O Estado Novo foi dominado por médicos e engenheiros, numa continuidade com a República. O «Instituto Superior Técnico e Laboratório Nacional de Engenharia Civil» acompanharam o crescimento económico do país entrando no esforço científico-económico que preconizava a substituição de importações através da investigação, planeamento e construção de barragens. Os engenheiros tiveram um papel de especialistas na organização da vida nacional. «O Instituto Português de Oncologia» é o exemplo mais importante da continuidade entre os projetos da elite científica republicana e do Estado Novo, promovendo a integração do corpo feminino no campo médico a uma escala até então desconhecida. «O Laboratório de Física e Engenharia nucleares» manteve as suas instalações sempre em Sacavém apesar da sua designação variar. Dirigia a prospeção, exploração e exportação de urânio. Foi um espaço de investigação pluridisciplinar, conjugando investigação fundamental e aplicada. Contudo, devido ao baixo orçamento e falta de ligação à Universidade, nunca teve o papel que os seus dirigentes sonharam. Nesta última parte do livro nota-se a ausência do recurso à história oral da Ciência que poderia enriquecer o trabalho.

As conclusões da obra são que os problemas da cidade de Lisboa inspiraram o trabalho científico, o conhecimento científico contribuiu para transformação da cidade nos séculos XIX e XX e permitiu perceber as relações de continuidade e rutura entre programas científicos e políticos. O livro incide sobre questões diversas, mas complementares: a organização, evolução e métodos da atividade científica e quem a protagonizou e como a Ciência foi marcada e marcou o espaço da cidade de Lisboa e a sua projeção nacional, formando um contributo original. Este livro tem ainda o mérito de juntar o trabalho de investigadores de várias formações fornecendo diferentes pontos de vista e constituir uma tentativa de diálogo entre a História da Ciência e a História de Portugal.



José Braga é Investigador do Centro Interuniversitário de História da Ciência e Tecnologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e professor do ensino secundário”.

A Física e a Química nas Aventuras de Tintim

Carlos Saraiva¹, Albino Rafael Pinto²

¹ Agrupamento de Escolas de Trancoso, Trancoso; carlos.saraiva1@gmail.com

² Agrupamento de Escolas da Lixa, Felgueiras; albinorafaelpinto@gmail.com

Hergé, nome artístico de Georges Remi (1907-1983) criou uma obra em banda desenhada que foi traduzida em mais de 40 línguas e continua a fascinar os novos leitores. O sucesso dos seus 27 álbuns, segundo o autor, deve-se ao facto de se destinarem a “todos os jovens dos sete aos setenta e sete” anos. As personagens principais nas suas aventuras são o jovem repórter Tintim e o seu inseparável cão Milu. Neste artigo, vamos apresentar algumas passagens dos seus álbuns com uns breves comentários às suas múltiplas referências à ciência e tecnologia. Os leitores mais interessados podem ler a obra completa que se encontra publicada em Portugal.

Nas suas aventuras, aparece com frequência o professor Girassol e essa imagem é atualmente uma imagem estereotipada do que são os cientistas. O sábio é homem, usa óculos, “anda sempre na Lua”, o seu laboratório é em casa e é um inventor de múltiplas engenhocas. Ele inventa foguetões espaciais, motores nucleares, patins a motor, submarinos, máquinas de escovar roupa, armas de ultra-sons, etc. A figura 1 é bem elucidativa do que é o seu local de trabalho. Esta imagem é completamente oposta do que são os cientistas nos dias de hoje e como se faz ciência num mundo globalizado. As mulheres, por exemplo, em Portugal já estão em maioria e a ciência não é feita individualmente, mas sim com grupos de investigação que podem englobar cientistas de praticamente todos os continentes, o que não era o caso do professor Girassol.

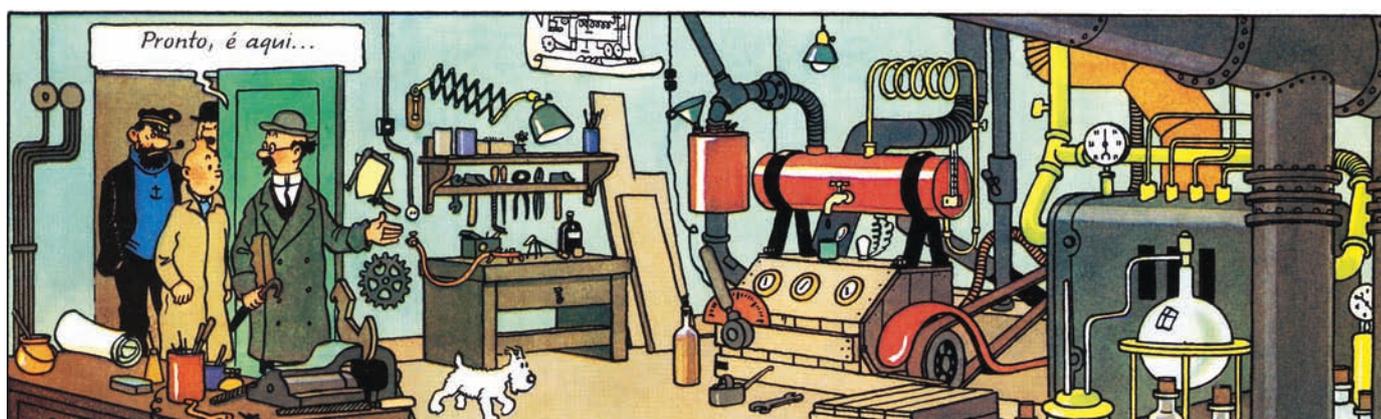


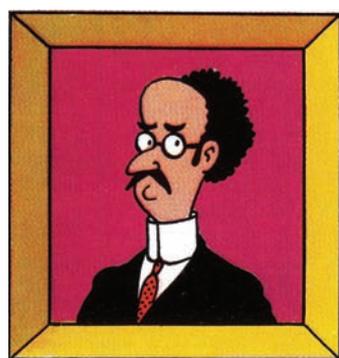
Figura 1 - O tesouro de Rackham o Terrível [1]

No álbum “Tintim no Congo” (fig. 2) o herói é atacado por uma tribo mas esconde um eletroíman atrás de uma árvore e consegue desviar as flechas de ferro. Um eletroíman é constituído por fio condutor enrolado e que ao ser ligado a uma pilha cria um campo magnético e funciona como se fosse um íman. Este efeito, designado por efeito magnético da corrente elétrica, tem várias aplicações no dia a dia.



Figura 2 - Tintim no Congo [2]

No álbum “A Estrela Misteriosa” o autor inclui um cientista português (Fig. 3) numa expedição científica. Também aí (Fig. 4) há uma referência a um aparelho (espectroscópio) que teve um papel muito importante na descoberta de novos elementos químicos. Esta técnica é muito utilizada em análise química pelos astrónomos na descoberta das substâncias que entram na constituição das estrelas. O espectro é uma imagem que está relacionada com a estrutura atómica dos átomos e serve para os identificar.



... o Professor Pedro João dos Santos, o célebre físico da Universidade de Coimbra,



Figura 3 - Estrela Misteriosa [3].



Figura 4 - Estrela Misteriosa [3].



Figura 5 - Tintim no Tibete [4].



No álbum “Tintim no Tibete” (Fig. 5) o autor inclui um fenómeno (fogo-de-santelmo) que era conhecido pelos marinheiros e a que Luís de Camões se refere como “o lume vivo que marítima gente tem por visto” (Lusíadas, V, E-18). Este fenómeno é devido a descargas elétricas que ocorrem em dias de tempestades. Os objetos pontiagudos e altos, como, por exemplo, os mastros dos navios servem de condutores das cargas elétricas das nuvens eletrizadas e o ar ao ser ionizado dá origem a clarões de luz. Na época de Camões o fenómeno ainda não tinha explicação e os marinheiros atribuíam-lhe carácter religioso.

As referências à ciência e tecnologia são mais evidentes nos seus álbuns “Rumo à Lua” e “Explorando a Lua”. A preparação da viagem é feita com muito rigor. Os protagonistas destas histórias pisaram a Lua 15 anos antes do astronauta americano, Neil Armstrong, que fez a viagem na nave Apollo 11, movida a hidrogénio. O autor consultou vários especialistas para tornar mais realista esta aventura. O motor que irá impulsionar o foguetão X-FLR-6 (Fig. 6) é um reactor atómico que funciona a plutónio.

Na vinheta seguinte (Fig. 7) o professor Girassol informa os primeiros homens que vão alunar relativamente ao facto de o nosso satélite apresentar uma face oculta. Isto acontece porque a Lua demora o mesmo tempo a dar uma rotação em torno de si própria (período de rotação) e a dar uma volta completa em torno da Terra (período de translação). Esse tempo demora 27,3 dias.

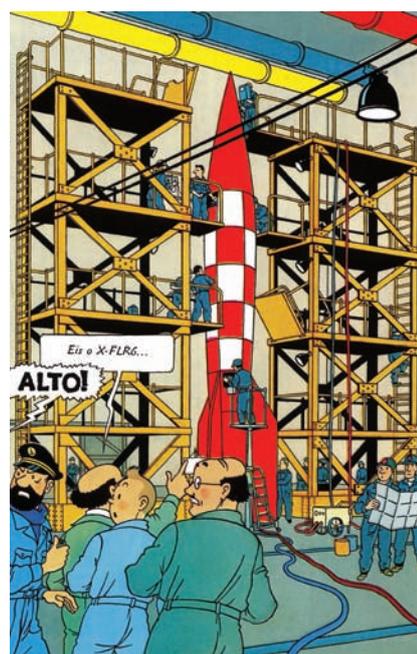


Figura 6 - Rumo à Lua [5].

Noutra vinheta, Tintim explica por que razão a Lua está coberta de crateras (Fig. 8). Como não tem atmosfera (ar) as rochas que caem na sua superfície não são fragmentadas e produzem crateras. No caso do nosso planeta em movimento torno do Sol, passa por zonas do espaço onde há pedaços de rochas e poeiras que resultaram de restos de cometas que ao longo dos séculos têm atravessado o Sistema Solar. Devido à enorme velocidade (60 quilómetros por segundo) com que estes pedaços entram na atmosfera terrestre são aquecidos pelo atrito, fragmentam-se e ardem, originando traços luminosos no céu noturno que são designados por meteoros. Na linguagem popular, os meteoros são conhecidos por “estrelas cadentes”. Ainda nesta vinheta há uma observação muito interessante ao facto de o impacto da rocha não ser ouvido pelos astronautas. Como não há ar o som não se propaga. Isso também obriga os astronautas a comunicarem entre si usando ondas de rádio. Todavia, o impacto da queda seria detetado pelos pés dos astronautas já que o som seria propagado através do solo. Este exemplo poderá servir para ser explorado em contexto de sala de aula.

Também neste álbum (Fig. 9) o nosso herói lembra ao Capitão que na Lua a gravidade é cerca de 6 vezes menor do que na Terra. Os alunos nas aulas de Física e Química do ensino secundário aprendem a calcular o valor da aceleração na Lua.



Figura 7 - Rumo à Lua [5].

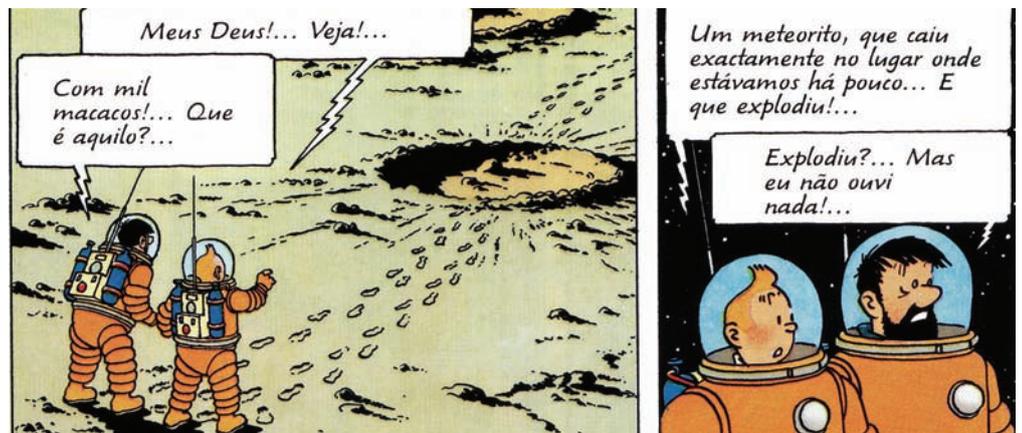


Figura 8 - Explorando a Lua [6].



Figura 9 - Explorando a Lua [6].

Selecionámos algumas vinhetas com referências à Física e à Química de um conjunto muito vasto e interessante que aparece nas aventuras de Tintim. Estas e outras vinhetas podem ser usadas em contexto de sala de aula como introdução e motivação para o estudo.

Referências

- [1] O Tesouro de Rackham o Terrível, Hergé, Difusão Verbo, 2003.
- [2] Tintim No Congo, Hergé, Difusão Verbo, 2003.
- [3] A Estrela Misteriosa, Difusão Verbo, 2003.
- [4] Tintim no Tibete, Hergé, Difusão Verbo, 2003.
- [5] Rumo à Lua, Hergé, Difusão Verbo, 2003.
- [6] Explorando a Lua, Hergé, Difusão Verbo, 2003.

Os autores deste artigo são coautores de várias simulações e protocolos laboratoriais publicados na Casa das Ciências, de vários artigos publicados na Gazeta de Física e de um livro de exercícios de Física para o 11º ano. Em 2018, ganharam o prémio de Distinção Casa das Ciências com o “Protocolo Laboratorial- 11º ano AL 2.1. Características do som”. Em 2019, ganharam o prémio de Mérito Casa das Ciências com o “Protocolo Laboratorial- 11º ano AL 2.2. Velocidade de propagação do som”.

Em 2019, foram nomeados embaixadores da aplicação *phyphox* (<https://phyphox.org/>) que é uma referência mundial e estão a produzir recursos educativos livres com esta app para poderem ser usados em contexto de sala de aula.



Carlos Alberto Alexandre Saraiva é Licenciado em Física pela Universidade de Coimbra, Mestre em Ensino de Física e Química pela Universidade de Aveiro e professor no Agrupamento de Escolas de Trancoso.



Albino Rafael Mesquita Pinto é professor no Agrupamento de Escolas da Lixa, Felgueiras, Licenciado em Física pela Universidade da Covilhã e Mestre em Física pela Universidade do Minho. Desenvolve simulações utilizando ferramentas computacionais de acesso gratuito. É autor do blog:<http://fisicanalixa.blogspot.com/>

Aconteceu

Faleceu José Moreira de Araújo, Professor Emérito da Universidade do Porto, Sócio Honorário da SPF

É com enorme pesar que a Direção da Sociedade Portuguesa de Física comunica o falecimento do Prof. José Moreira de Araújo, no passado dia 31 de agosto, Professor Emérito da Universidade do Porto. Expressamos, em nome da SPF, as mais sentidas condolências à família e aos seus colegas e amigos.

O Prof. Araújo nasceu no Porto a 21 de setembro de 1928, tendo efetuado o seu curso liceal no Liceu Alexandre Herculano e concluído a licenciatura em Ciências Físico-Químicas no ano de 1949, na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Como bolseiro do Instituto de Alta Cultura parte em novembro de 1952 para realizar o seu trabalho de doutoramento em Física Teórica na Universidade de Manchester, sob a orientação do Prof. Leon Rosenfeld. A sua tese de doutoramento, sobre Collective Motions in Atomic Nuclei, foi defendida em maio de 1955, sendo examinador externo o Prof. Rudolf Peierls.

Em 1960 foi nomeado Professor Catedrático de Física na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. O Prof. Araújo exerceu, ao longo dos anos, muitos cargos de índole científica e/ou de extensão universitária, nas mais variadas instituições. Aqui deixam-se alguns apontamentos biográficos:

- Na Faculdade de Ciências do Porto foi Director do Laboratório de Física (1968-75), Director da Biblioteca (1962-67), Presidente do Conselho Científico no ano de 1978 e no período 1988-91. Membro do Senado e da Assembleia da Universidade, eleito vice-presidente em 1994. Membro e vice-presidente do Conselho Geral da Fundação Gomes Teixeira da Universidade do Porto. Diretor do Centro de Física da Universidade do Porto (IAC/INIC) no período 1963-83. Presidente do Conselho de Investigação Científica do IAC (1970-73).
- Vice-Presidente do Instituto de Alta Cultura (1971-73). Membro da Comissão de Física do Instituto Nacional de Investigação Científica (1976-92). Presidente do Conselho de Ciências Exatas (1989-92).
- Pertenceu a: Comissão Oceanográfica Portuguesa (1962), Comissão para a reforma das Faculdades de Ciências (1970-71), Comissão Pedagógica Interuniversitária da Junta Nacional de Educação (1972-74), Comissão de Equivalências de Graus

académicos estrangeiros (1975), Delegação Portuguesa à IX reunião mista Luso-Britânica (1975). Membro do grupo que produziu o «Relatório de Autoavaliação da Universidade do Porto», experiência-piloto do Conselho de Reitores Europeus (1994).

- Foi sócio da Academia das Ciências de Lisboa desde 1963, e sócio efetivo desde 1992.

O Professor José Moreira Araújo foi membro ativo da Sociedade Portuguesa de Física, tendo participado nos seus corpos sociais. Foi Presidente da 1ª Assembleia Geral da Sociedade Portuguesa de Física, 1975-1977, Presidente da Sociedade Portuguesa de Física, 1984-1986 e Presidente da Comissão de Publicações da Sociedade Europeia de Física 1984-1987. O Professor Moreira Araújo foi um cientista de envergadura mundial e deixou uma marca única como docente e investigador. No volume 21, fascículo 4 da Gazeta poderão encontrar uma homenagem ao Professor Moreira Araújo, com detalhes sobre a sua vida e obra. Aqui, neste número deixamos algumas notas históricas e testemunhos de quem o conheceu tão bem.

Nótulas Históricas (dedicadas ao Prof. José Moreira Araújo) por Augusto Fitas*

1. José Maria Ribeiro Moreira de Araújo ingressou na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto no ano lectivo de 1945/46 como estudante da licenciatura em Ciências Físico-Químicas que terminou em 1949. Em Abril do ano seguinte era assistente de Física na mesma Faculdade e, com uma bolsa do Instituto de Alta Cultura, partiu em Novembro de 1952 para a Universidade de Manchester, no sentido de iniciar o seu trabalho de doutoramento em Física Teórica Nuclear, sob a orientação de Léon Rosenfeld (1904-1974) o então titular da disciplina de Física Teórica e amplamente conhecido como um dos mais próximos colaboradores de Niels Bohr (1885-1962) e mais activos defensores da interpretação da Escola de Copenhaga na mecânica quântica. Desde a presença de Ernest Rutherford (1871-1937), e da sua descoberta do núcleo atómico (1911), que a Universidade de Manchester era considerada como um dos laboratórios mundiais mais reconhecidos na investigação em Física. À frente deste laboratório, sucedeu a Rutherford Lawrence Bragg (1890-1971), um dos criadores da cristalografia por raios X, que em 1937 foi rendido

por Patrick Maynard Blackett (1897-1974) especialista em Física Nuclear e Radiação Cósmica, responsável por, depois da segunda guerra mundial, diversificar a actividade deste laboratório: criou um grupo de Física Teórica orientado por Leopold Rosenfeld; incentivou a investigação em Geofísica; desenvolveu a radioastronomia no observatório de Jodrell Bank [1]. Foi neste ambiente que Moreira Araújo se doutorou em 1955 com a tese *Collective notions in atomic nuclei*, vindo a repetir este mesmo acto académico em 1956 na Universidade do Porto com a dissertação *Alguns aspetos das teorias do Efeito Fotonuclear* (há cerca de uma década que o doutoramento em universidades estrangeiras deixara de ser reconhecido em Portugal...).

2. No ano de 1951, o Ministério da Educação Nacional manifestou a intenção de propor que fosse inserido no Orçamento Geral do Estado de 1952 uma quantia de 150 contos (cerca de cinquenta mil euros) com o propósito de adquirir bibliografia e organizar uma comissão encarregada de orientar os estudos de energia nuclear, bem como enviar dois bolseiros para o «*estrangeiro, um em Manchester no Reino Unido e outro em França*». Esta proposta merece a aprovação do Presidente do Conselho de Ministros. Relembre-se que no ano de 1952 aconteceu a primeira exportação de minérios de urânio de Portugal para o Reino Unido, ao abrigo do acordo luso-britânico celebrado em 1948. Foi neste ano que se criou a Comissão Provisória de Estudos de Energia Nuclear, responsável pela instalação dos futuros centros de estudos de energia nuclear, alguns deles anexos às diversas Faculdades de Ciências e de Engenharia do país [2]. Estes centros vão ser dirigidos por professores universitários e destes só dois têm experiência de trabalho nesta área: Branca Edmée Marques (1899-1986) (Química, FCUL) e Carlos Braga (1899-1982) (Física, FCUP). Reconhece-se aqui a possível causa da saída para o estrangeiro do assistente Moreira Araújo, bem como a presença patrocinadora daquele que muito provavelmente o terá orientado para a sua especialização no doutoramento, Carlos Braga, que virá a ser um dos vogais da Junta de Energia Nuclear, criada em 1954, um dos professores que acompanhou toda a formação de Moreira Araújo ao longo da sua licenciatura na Universidade do Porto. Outra influência na sua formação terá sido a de Marques Teixeira (1889-1967), o primeiro português a estagiar junto do Laboratório dos Curie em Paris.

3. Carlos de Azevedo Coutinho Braga, engenheiro electrotécnico, enquanto assistente de Física da Faculdade de Ciências do Porto doutora-se nesta escola em 1944 com uma dissertação cujo trabalho experimental foi realizado, sob orientação de Manuel Valadares (1904-1982), no Centro de Estudos de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa [3]. Quando Carlos Braga realizava o seu trabalho experimental em Lisboa, entre Agosto de 1942 a Dezembro de 1943, acontecia na Universidade do Porto o Seminário de Física Teórica. Uma iniciativa do grupo de Física Mate-

mática desta Universidade, encabeçada por Ruy Luís Gomes (1905-1984), apoiada por físicos e matemáticos das Universidades de Coimbra e Lisboa, dirigida pelo físico austríaco Guido Beck (1903-1988) que, fugindo da barbárie nazi, passou por Portugal, entre Dezembro de 1941 e Março de 1943, onde deixou obra (a preparação de dois doutoramentos em Física Teórica, um em Coimbra e o outro no Porto). Saindo Beck de Portugal, rumando à América do Sul, procurou-se que fosse sucedido por Alexandre Proca (1896-1955), um físico teórico que começara por realizar trabalho experimental, uma solução que parecia satisfazer à colaboração ampla entre Centro de Estudos Matemáticos do Porto e o Centro de Física de Lisboa. Proca iniciou o seu curso em Outubro de 1944, depois de definir, perante os participantes, os objectivos do seminário propôs que «(...) *O assunto escolhido [fosse] um dos que dominam actualmente as investigações de Física Teórica, a saber: o estudo teórico geral das partículas elementares*». E dentro deste tema agregador, Proca analisou duas memórias originais, cabendo a Carlos Braga, recém chegado do Centro de Física da Universidade de Lisboa, onde fizera a investigação experimental exposta na sua tese, apresentar uma análise dos dados experimentais mais recentes, tratando o tema, *As partículas elementares do ponto de vista experimental*. A colaboração de Carlos Braga evidencia bem uma característica central deste seminário: a relação necessária, e próxima, entre os físicos experimentais e teóricos. E, neste caso, talvez tenha sido uma vivência crucial para orientar um futuro assistente da Física para actuar nos palcos da Física Teórica.

4. Em finais de Agosto de 1946, Guido Beck, recebia na Argentina uma carta de Rodrigues Martins (1914-1994), um dos seus orientandos que concluíra com êxito o seu doutoramento em Coimbra (apesar das dificuldades em reunir um júri capaz de avaliar o seu trabalho) e que rezava assim: «(...) *Muitíssimo obrigado pela sua carta de 2 de Agosto. Quanto às suas amáveis palavras sobre os meus dois trabalhos, agradeço de todo o coração a sua generosidade pois sabe bem que, sem o seu auxílio, eu não poderia tê-los levado até ao fim; apesar de tudo tive de fazer de facto um grande esforço na sua redacção e creio que não perdi o meu tempo. O pior é que me tem faltado tranquilidade de espírito para continuar a trabalhar. A vida em Portugal está caríssima. Os dois contos que eu ganho não chegam para satisfazer as necessidades mínimas da minha casa e por isso tenho de perder tempo com muitas explicações particulares e horas de serviço extraordinário. O ano passado, a partir de Abril, estive com 62 horas de serviço docente na Universidade; como deve calcular sobra-me pouquíssimo tempo para dar continuidade aos meus trabalhos. E eu queria continuar, pois tenho daqui a dois anos de fazer novo concurso para professor extraordinário. E é neste sentido que eu gostaria de ouvir a sua autorizada opinião (...) Sobre o Dr. Mário Silva tenho uma triste notícia: foi preso no dia 22 deste mês, por “delito contra a segurança do Estado”. O Dr. Ruy Gomes e o Dr. Marques Teixeira foram também presos pela mesma razão (...)*» [4]. Era o prenúncio da decisão do conselho de ministros de 14 de junho de 1947 que afastou do magistério universitário para cima de duas dezenas de professores. Uma purga na universidade portuguesa com trágicas consequências no rendimento do trabalho científico de alguns centros de investigação, em particular o Centro de Física de Lisboa que se

viu privado dos seus investigadores principais que iniciavam à época a pesquisa em Física Nuclear, uma medida que afectou a vida científica nacional ao ponto de um dirigente do Instituto de Alta Cultura escrever, «[Existem centros que] se ressentiram da saída de alguns elementos que eram seus principais animadores e que não tem sido fácil substituir por forma a assegurar eficazmente a continuidade de uma obra que corre o risco de perder-se» [5]. Foi marcado por este contexto que José Maria Ribeiro Moreira de Araújo ensaiou os primeiros passos na representação de um novo acto no teatro da investigação em Física em Portugal [6].

* Professor (aposentado) de Física e de História e Filosofia da Ciência na Universidade de Évora, investigador do IHC-cehfc (UE) e coordenador do Grupo de História da Física da SPF.

¹ Mary Jo Nye (2004). *Blackett/ Physics, War and Politics in the twentieth Century*. London: Harvard University Press.

² Júlia Gaspar (2014). *Percurso da Física e da Energia Nucleares na Capital Portuguesa. Ciência, Poder e Política, 1947-1973*. Dissertação de doutoramento em História e Filosofia das Ciências na FCUL.

³ Carlos Braga (1944). *Estudo da transformação RaD-RaE por espectrografia magnética da radiação beta secundária*. Porto: Imprensa Moderna, Lda.

⁴ Augusto J. S. Fitas e António A. P. Videira (organização, introdução e notas) (2004). *Cartas entre Guido Beck e Cientistas Portugueses*. Lisboa: Instituto Piaget.

⁵ Amândio Tavares (1951). *O Instituto de Alta Cultura e a Investigação científica em Portugal* (vol. I). Lisboa.

⁶ Por tudo o que se acabou de escrever, e muito mais que se subentende nas entrelinhas, tentou-se, desde há três anos, entrevistar o Prof. Moreira Araújo; não foi possível fazê-lo (a sua saúde não o permitia) e, exactamente por isso, muito terá ficado por contar.

Testemunho de José Machado da Silva

O Professor José Maria Ribeiro Moreira de Araújo faleceu no dia 31 de agosto de 2020, deixando uma enorme tristeza em todos os seus alunos e colegas do Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Nos anos da década dos sessenta a investigação no Departamento de Física era quase não existente. O Prof Araújo cujo saber era notório na área da Física Teórica teve a visão de implementar investigação experimental no domínio do Estado Sólido que na altura não exigia enorme financiamento. Para isso, o Prof Araújo convidou alguns dos seus alunos a irem doutorar-se em Universidades estrangeiras, nomeadamente Oxford, Leiden, Londres, Manchester, Birmingham, Virginia. Mais tarde a investigação alargou-se para a Ótica, para a Eletrónica e para a Física Teórica.

Um dos itens, fundamentalmente necessários na investigação, era a Biblioteca do Departamento que na altura era muitíssimo fraca. Deve-se, mais uma vez, ao trabalho e esforço do Prof Araújo que conseguiu, ano a ano, aumentar de uma maneira enorme a coleção de livros e revistas científicas. Foi com a base do equipamento adquirido e da Biblioteca bem apetrechada, implementados pelo Prof. Araújo, que os docentes e investigadores conseguiram afirmar-se, permitindo-lhes a publicação dos seus trabalhos em revistas científicas de topo.

Testemunho de Filipe Duarte Santos

Tenho excelentes recordações do Prof. Araújo com início no princípio da década de 1960. Influenciou muito a minha carreira científica, logo a seguir à Licenciatura em Ciências Geofísicas, que obtive na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa nos finais de 1963. Recordo-me que nesse ano decidi ir

ao Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto falar com ele e saber se seria possível ir aí aprender um pouco mais de física moderna e especialmente de física nuclear. Fui recebido pelo diretor do Departamento, o Prof. Carlos de Azevedo Coutinho Braga, a quem expus a minha pretensão e depois me encaminhou até ao Prof. Araújo, cuja fama de físico nuclear era muito conhecida. Foi uma conversa interessante e motivadora. Desde essa data estabelecemos uma relação que se tornou de grande amizade. O meu problema nessa altura era que, na FCUL, se ensinava praticamente nada sobre mecânica quântica e o Prof. Araújo, quando fui para a FCUP em janeiro de 1964, pôs-me a mim e a dois outros bolseiros, João Bessa Sousa e José Manuel Machado da Silva a ler o Quantum Mechanics do Leonard. I. Schiff. Ficámos amigos e recordo com grande saudade os bons tempos que passei no Porto. Que bela cidade de gente trabalhadora!

O Prof. Araújo estava sempre disponível para as nossas perguntas e respondia com grande clareza e facilidade. Nesse mesmo ano de 1964 apresentámos os três uma comunicação oral ao XXVII Congresso Luso-Espanhol para o Progresso das Ciências em Bilbao intitulada “Sobre um problema unidimensional da equação de Shrodinger”, que constituiu o meu primeiro trabalho científico. Demonstrava-se como se formam as “bandas” de energia num sólido a partir dos estados de energia discretos num átomo. Algo que, hoje em dia, com a ajuda de um computador, se simula visualmente num dia mas que apenas com meios matemáticos analíticos requer trabalho durante muito mais tempo.

Em novembro de 1964, por meio dos contactos estabelecidos pelo Prof. Araújo, segui para a Universidade de Londres para me doutorar em física nuclear teórica. Apesar do seu doutoramento e publicações científicas se situarem nessa área, o Prof. Araújo teve a clarividência de desenvolver um grupo experimental em física do estado sólido no Departamento de Física da FCUP, dado ser muito mais adequado em termos de financiamento e promissor em termos de formação e impacto científico e tecnológico, do que um grupo de investigação em física nuclear, num país com conhecidas limitações quando comparado com os do centro e norte da Europa. Foi uma escolha certa e o Porto tornou-se um dos primeiros grandes centros de investigação em física do estado sólido do país graças à excelência dos trabalhos desenvolvidos inicialmente por João Bessa Sousa, José Manuel Machado da Silva e depois por muitos outros.

Ao longo dos anos encontrei-me e correspondi-me com alguma frequência com o Prof. Araújo e beneficiei sempre muito as suas opiniões e recomendações sensatas, fruto de grande experiência, e de ter sido sempre um defensor intransigente da qualidade do ensino e da investigação. Em janeiro de 1980 integrei a delegação Portuguesa ao VI Simpósio de Física Teórica no Rio de Janeiro juntamente com o Prof. Araújo e Rui Vilela Mendes. Foi uma viagem inesquecível que tive o privi-

légio de partilhar com esses dois queridos amigos. Um ano após a escritura de constituição da SPF, realizada em 19 de abril de 1974 pela sua comissão instaladora (Augusto Barroso, João Maia Quininha, Filipe Duarte Santos, Eduardo Martinho e Jaime Oliveira) teve lugar a primeira Assembleia Geral da SPF presidida pelo Prof. Araújo. A partir dessa época o Prof. Araújo teve uma enorme dedicação à SPF e desenvolveu iniciativas que a conduziram a ser uma das grandes Sociedades Científicas de Portugal.

No período de 1984-1986 voltei a trabalhar diretamente com ele, agora Presidente da Sociedade Portuguesa de Física (SPF), enquanto eu exercia o meu primeiro mandato de Secretário-Geral da SPF. Foi nessa época que o Prof. Araújo iniciou as negociações para que a *Portugaliae Physica*, a revista científica de física Portuguesa criada em 1943, integrada em 1979 na SPF e que ele dirigiu com grande dedicação e sucesso, fosse reintegrada no *European Physical Journal*, tal como aconteceu com *Il Nuovo Cimento*, *Journal de Physique*, *Zeitschrift für Physik* entre outras. Para que a SPF concluísse o processo de integração foram necessárias verbas significativas, que o Prof. Araújo conseguiu obter através de um apoio financeiro da Fundação Calouste Gulbenkian.

O Prof. Araújo foi um grande professor universitário com notáveis qualidades pedagógicas que escolheu ajudar a formar físicos, cientistas, engenheiros e investigadores, a construir instituições de investigação e desenvolvimento e de um modo mais geral a criar condições para o florescimento da atividade científica em Portugal a partir dos anos de 1960 na área da física e ciências afins, em lugar de se dedicar principalmente a uma carreira de investigação, na qual teria tido certamente um grande sucesso. Creio que todos nós que beneficiámos dessa generosidade devemos estar agradecidos.

A partir de 1998 passei a dedicar-me quase exclusivamente às áreas das ciências do ambiente e das alterações globais, em particular às alterações climáticas, que não coincidem precisamente com a física, por razões fundamentadas numa avaliação ética da situação contemporânea. Cada vez respeito mais as ciências físicas, a sua disciplina, a sua honestidade original como dizia Nietzsche (“Portanto: Viva a Física! E viva sobretudo o que a ela nos compele - a nossa retidão!”), in *aforismo 335, “A Gaia Ciência”, F. Nietzsche, trad. P.C. Lima de Souza Companhia da Letras editores, São Paulo, 2001*), e a sua importância essencial para compreender e tentar resolver as problemáticas que enfrentamos atualmente no mundo. Pessoalmente estou também grato ao Prof. Araújo por ter compreendido e aceite esta minha opção. Lisboa, 2 setembro de 2020

Testemunho de João Caraça

Há pessoas que não conhecemos cedo na vida mas que, quando as encontramos, estabelecemos imediatamente uma intensa, fecunda e estimulante amizade. Foi este o caso do Professor Araújo. Tinha viajado para o Porto com o Professor Joel Serrão (então administrador

do pelouro de Ciência da Fundação Calouste Gulbenkian) para o convidar para Director da Revista *Colóquio/Ciências*. A conversa foi fácil, fluida, cautelosa. Mas muito precisa. Gostei.

Tinha assumido havia dois anos o cargo de director do Serviço de Ciência da Fundação Gulbenkian. Foi o início de uma bela amizade. Tenho saudades das conversas que mantivemos sobre os assuntos mais variados, todos lhe interessavam, e das suas ideias brilhantes, justas observações e conselhos que nunca vinham sob a forma de conselhos. Foram os melhores.

O seu tacto e delicadeza eram inexcedíveis, bem como a sua grandeza de alma. E partilhar o seu fino sentido de humor um autêntico prazer. Aprendi muito com o seu saber e experiência, com o rigor e a precisão que colocava em tudo o que fazia. Por esse motivo gostava de o poder ter o mais perto possível. Propus que fosse membro do Conselho Consultivo de Ciência, onde sempre colaborou com o máximo empenho e interesse, que muito beneficiou dos seus esclarecidos contributos. Foi igualmente um dos coordenadores do Programa de Estímulo à Investigação, bem como membro de inúmeros Júris do Prémio Gulbenkian de Ciência que vigorou até recentemente.

Tive pois o privilégio de o conhecer, de com ele trabalhar, bem como de igualmente tentar conjuntamente compreender melhor o mundo físico e moral. Por ocasião do centenário do nascimento de meu Pai, Bento de Jesus Caraça, entendeu a Fundação Gulbenkian associar-se às celebrações nacionais publicando um volume contendo sete livros da Biblioteca Cosmos (os primeiros de cada uma das sete secções da Biblioteca) fac-similados. Para escrever a Introdução desta edição, que exigia particular cuidado como se calcula, sugeri naturalmente o nome do Professor Araújo.

Houve alguma admiração da sua parte, algumas interrogações e dúvidas, mas o Professor Araújo aceitou encarregar-se da tarefa. Estou-lhe enormemente grato por isso. E o resultado notável à vista de todos.

O Professor Araújo pensou, pensou, leu, releu, investigou o espólio de meu Pai depositado na Fundação Mário Soares, tomou notas, compô-las, escrevendo depois uma Introdução primorosa, fresca e informativa, sobre a génese, circunstâncias e detalhes da Biblioteca Cosmos. Foi um trabalho rigoroso, de grande precisão, elaborado com extraordinária desenvoltura. Que tem servido aqueles que investigam ou se debruçam sobre a figura e a obra de Bento de Jesus Caraça.

Teria eu gostado de ter conhecido o Professor Araújo mais cedo? Certamente! Muito mais teria aprendido e beneficiado através do seu convívio. Mas não tenho pena de tal não ter sido possível. Estou contente por ter vivido o que vivi, entender o que sei hoje e por ter tido a companhia do meu Amigo Professor José Moreira Araújo numa parte substancial do meu caminho.

Testemunho de Eduardo Lage

Fui aluno do prof. Moreira de Araújo em várias disciplinas, começando por “Física Complementar”, do curso de Engenharia Electrotécnica, e, mais tarde, já na licenciatura em Física, em “Física Atómica e Introdução à Mecânica Quântica”, “Campo Electromagnético”, “Física Nuclear”, “Física Teórica” e “Mecânica Física”.

As aulas do prof. Araújo encantavam todos os seus alunos: em Engenharia, com aulas às 8h, o anfiteatro ficava cheio

com alunos atentos (dormitava-se na aula seguinte de “Mecânica Racional!”). Porquê tal encantamento? Julgo que se devia à conjugação simultânea de vários factores: completo domínio da matéria, apresentação dos tópicos com rigor matemático sem descurar o apelo à intuição para “sentir” o problema em estudo, enorme elegância na escrita caligráfica enchendo a ardósia negra de uma forma sistemática e metódica que começava no canto superior esquerdo e terminava no inferior direito, usando giz de várias cores para o exacto desenho das mais diversas figuras geométricas, apagando criteriosamente o que deixava de ser necessário para retomar, no espaço assim criado, a exposição transmitida com voz segura, bem pronunciada e perfeitamente audível. Aquelas quadros eram autênticas obras de arte levando-nos a desejar que fossem conservados como peças de um museu.

Dos muitos professores que tive nas duas licenciaturas, outros houve onde também se reconhecia competência, outros ainda o rigor na apresentação e, em poucos, o desenho quase artístico das figuras que enchiam os quadros. Porém, apenas no prof. Araújo se reuniam todos esses predicados numa demonstração unanimemente reconhecida de uma “cabeça arrumada” onde assuntos tão diversos estavam devidamente organizados mas não estanques porque eram, muitas vezes, chamados de uma área distante para melhor compreensão do tema exposto.

Os exames escritos nunca eram descritivos, antes apelavam à compreensão da matéria para resolver problemas novos. Nos exames laboratoriais, as questões eram colocadas para melhor se aquilatar se o aluno dominava a experiência, previamente sorteada, que lhe calhou efectuar, se a realizou com competência e se verteu os resultados de forma completa e sintética no relatório final. Eram, realmente, um outro exame oral, pois que, na época, todos os exames tinham uma parte oral obrigatória. Nas suas orais, o prof. Araújo começava sempre por rever com o aluno as partes menos conseguidas do exame escrito, levando-o, aos poucos, a responder a questões mais complexas até perceber o “limite” do aluno. Creio que todos os alunos que encontraram o prof. Araújo no seu percurso académico, dele se recordarão como um professor exigente mas humano, justo na apreciação individual mas amigo a quem muitas vezes se recorria em busca de um conselho - uma mente brilhante, o professor completo e dedicado, o perfeito exemplo da nobre missão de ensinar.

Testemunho de João Bessa Sousa

Tive a felicidade de ser aluno do Prof. Araújo nos anos de 1958 e 1959, numa fase crucial da minha formação, nas disciplinas de Física Geral e de Física Complementar. A sua primeira aula e seguintes causaram-me uma vivíssima impressão. A harmonia e encadeamento das suas palavras e raciocínios, a concisão das frases, a oportunidade dos comentários, a facilidade como tudo fluía, sem a mais leve hesitação, o modo como o quadro preto ia sendo preenchido com uma escrita impecável, alinhada, certa, com cada palavra, equação, sublinhados, desenhos... a cair nos “locais exatos” para melhor transparência do conteúdo e estética de todo o conjunto.

Nada era apresentado sem enquadramento prévio, sem interrogações ou reflexões oportunas, sem a clara identificação

das hipóteses simplificativas e limitações dos tratamentos em jogo. O desenvolvimento de cada tema era sempre norteado por sucessivos graus de generalização, pela procura de analogias com fenómenos físicos muito diversos..., só aparentemente “desligados” dos primeiros.

O rigor das suas exposições, a transmissão dos conceitos verdadeiramente essenciais e unificadores, os tratamentos matemáticos cheios de elegância, intencionalidade e generalidade, constituíam uma sólida formação básica para os alunos dos Preparatórios de Engenharia (3 anos), então ministrados na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Deste modo, tornava-se fácil a apreensão das matérias mais tarde ensinadas na Faculdade de Engenharia. Isto permitiu-me ter mais tempo e disponibilidades para me concentrar nos aspetos mais estritamente ligados à Engenharia e sua metodologia própria.

Um segundo reencontro com o Prof. Araújo ocorreu no meu quinto ano de Engenharia, ao convidar-me para dar aulas práticas de Física Geral na Faculdade de Ciências, como Assistente Extraordinário. Acentuou-se então a imagem sem falhas do Prof. Araújo e da sua estatura intelectual sem paralelo com qualquer experiência pessoal anterior.

Terminada a licenciatura em Engenharia, iniciei, como segundo Assistente, um novo período de formação sob a orientação do Prof. Araújo. Juntamente com os meus colegas Filipe Duarte Santos e José Machado da Silva, aprendemos Mecânica Quântica (seguíamos então o Shiff...) e realizámos, neste contexto, um primeiro trabalho científico em colaboração, apresentado em Bilbao no Congresso Luso-Espanhol para o Progresso das Ciências.

Visto à distância, desenvolvia-se já uma estratégia para a total renovação do ensino local, baseada na introdução da Física Moderna na Faculdade de Ciências. Esboçava-se também o plano da futura investigação local, que viria a ser aprofundado, sem quaisquer hesitações ou desfalecimentos, ao longo de duas décadas, com o envio sistemático de jovens bolsiros para doutoramento em prestigiadas universidades estrangeiras. Foi um período áureo na internacionalização do Laboratório de Física da Universidade do Porto e de grande abertura dos nossos horizontes científicos e culturais.

Não cabe aqui analisar toda esta evolução, mas impõem-se alguns comentários claros sobre o significado profundo e alcance da visão estratégica do Prof. Araújo. Sendo um Físico Teórico Nuclear, teve a coragem e lucidez para dar prioridade ao lançamento no Porto de outras áreas que poderiam desenvolver-se com qualidade científica e extensão, dentro dos limitados recursos existentes.

Começou por privilegiar o desenvolvimento da investigação experimental, justamente em Física do Estado Sólido e das Baixas Temperaturas. Eram domínios que ofereciam amplas perspectivas de desenvolvimento, tanto científico como tecnológico, e

campo fértil para a aplicação da Mecânica Quântica e Física Estatística (e das ideias da Física Moderna) e para as tecnologias emergentes da Electrónica do Estado Sólido. As actuais áreas da Optoelectrónica e Óptica Moderna, Física/Ciência de Materiais, Física Estatística /Simulação Computacional constituem pilares da ciência e tecnologias dos nossos dias. Na condução da referida estratégia, o Prof. Araújo soube criar padrões de ética e de convivência entre todos, de competência e níveis de referência e qualidade, de respeito intelectual pelas diferenças, de sobriedade e humildade no trabalho e nas ações.

A passagem do Prof. Araújo pela direção da biblioteca geral da Faculdade deixou também marcas indeléveis, que ainda hoje se manifestam no seu espólio.

O Prof. Araújo foi ainda um verdadeiro conselheiro a nível nacional, sempre escutado e respeitado pelas instituições e pelos seus colegas. A sua serenidade e total retidão de propósitos, a total transparência e lealdade, a sua lucidez e as suas qualidades humanas exemplares, sempre disposto a ouvir os outros, acabavam invariavelmente por levar a bom termo a resolução dos mais intrincados problemas, sempre com grande correção e respeito por todas as partes envolvidas.

Equipas vencedoras do MEDEA11

O projeto MEDEA é uma iniciativa da SPF – Sociedade Portuguesa de Física e da REN – Redes Energéticas Nacionais, que promove a medição e conhecimento científico dos campos elétricos e magnéticos de muito baixa frequência produzidos, no meio ambiente, por qualquer equipamento ou circuito elétrico, nomeadamente na vizinhança de linhas de transporte de energia elétrica. Este projeto é coordenado pelo nosso colega Horácio Fernandes, por parte da SPF, e pelo Dr. José Pedro Abrantes, por parte da REN, coadjuvados este ano letivo pela colega Lílíana Jesuíno.

Com o apoio financeiro da REN implementou-se, no ano letivo 2019/2020, a décima primeira edição do Projeto MEDEA; esta edição selecionou 22 instituições de ensino secundário e profissional (de entre 48 inscritas), 35 equipas, perfazendo um total de 158 alunos e 26 professores. A lista das escolas concorrentes está na página <https://registo-medea.spf.pt/participantes/2020>. Apesar da pandemia COVID19, chegaram à fase final 17 equipas, o que traduz um aumento percentual relativamente às edições anteriores do projeto MEDEA.

Os vencedores foram:

1º Lugar – **Rebobina** – Escola Secundária José Gomes Ferreira (Lx)

Alunos: Adolfo Morgado, Gonçalo Silva, Lourenço Barreto, Vasco Couto

Coordenados pelo Prof. Luis Afonso

Menções Honrosas (ex aequo)

Romeu e Julietas – Escola Secundária Romeu Correia (Feijó)

Alunas: Maria Madalena Montez, Matilde Nunes Borrallho, Leonor Teixeira, Bárbara Capelo, Rita Lopes

Coordenadas pelo Profº José Fanica

Os Argonautas – Escola Secundária Camilo Castelo Branco (VNF)

Alunos: Francisco Miguel Alves da Costa, Gonçalo da Silva Pereira Teixeira, José Afonso Barbosa Salgado, Tiago Miguel Mesquita Figueiredo, Tomás Santos Pereira

Coordenados pela Profª Teresa Martins

The Magnetos – Escola Secundária Rainha Dona Leonor (Lx)

Alunos: Diogo Miguel Correia da Costa, Marta Vale de Almeida Norte, Salvador Veloso Santos, Tomás Veríssimo de Spínola Costa

Coordenados pela Profª Branca Sousa

A entrega dos prémios ocorreu no Física 2020 – Conferência Nacional de Física e 30º Encontro Ibérico para o Ensino da Física, no dia cinco de setembro, no Instituto de Educação da Universidade de Lisboa.

Parabéns aos vencedores e a todos os que participaram em mais esta edição deste projeto de física e cidadania.



Equipa "Rebobina". Os três alunos e o professor



“Os Argonautas”, a professora Teresa Martins um dos 5 alunos e o coordenador H Fernandes



“Romeu e Julieta”, o professor e uma das cinco alunas e o coordenador H Fernandes



“The Magnetos”, a professora Branca Sousa, o coordenador H Fernandes e Liliana Jesuino

Fotos de João Paulo Castro Costa, Instituto de Educação.

Medalha de Bronze e Menção Honrosa na primeira participação de Portugal na Olimpíada Europeia de Física

A equipa portuguesa que participou na Olimpíada Europeia de Física, que decorreu de forma remota entre 20 e 26 de julho, arrecadou uma medalha de bronze e uma menção honrosa.

A medalha de bronze foi conquistada por Gabriel Alberto Mourão Almeida e a menção honrosa por Nuno Gabriel Carvalho Carneiro, ambos estudantes da escola secundária Santa Maria Maior, Viana do Castelo. A equipa portuguesa integrou também os estudantes Martim Pinto Paiva (E.B.+S. Fontes Pereira de Melo, Porto), Afonso Santiago Nunes Gonçalves (E.S. Carlos Amarante, Braga) e Gabriel do Carmo Rouxinol (E.S. de Gafanha da Nazaré). Os estudantes realizaram as provas no Departamento de Física da Universidade de Coimbra.

Esta primeira participação de Portugal na Olimpíada Europeia de Física foi possível devido ao cancelamento da edição de 2020 da Olimpíada Internacional de Física. A Olimpíada Europeia de Física é reconhecida pelo seu elevado nível de complexidade quando comparada com outras olimpíadas de Física a nível internacional, e exige uma longa preparação dos participantes, o que é desafiante em tempos de pandemia.

Esta quarta edição da Olimpíada Europeia de Física foi organizada por uma equipa internacional e teve a participação de 257 estudantes finalistas do ensino secundário provenientes de 53 países diferentes (incluindo países convidados de fora da Europa).

Na edição deste ano, devido à crise pandémica, a prova experimental foi substituída por duas simulações computacionais de experiências, descrevendo o movimento de elétrons perto de um alvo com carga eletrostática não nula e as forças exercidas num complexo sistema de molas acelerado. O resultado dos estudantes portugueses «é particularmente impressionante quando se toma em conta que, devido à presente situação, eles foram preparados remotamente por professores do Departamento de Física da Universidade de Coimbra somente durante o período de um mês», sublinha Rui Travasso, presidente da Comissão Nacional das Olimpíadas da SPF e envolvido na preparação dos estudantes.

As Olimpíadas de Física são uma atividade promovida pela Sociedade Portuguesa de Física com o patrocínio do Ministério da Educação, da Agência Ciência Viva e da Fundação Calouste Gulbenkian.

