GAZETA DE física

Para os físicos e amigos da física.

WWW.GAZETADEFISICA.SPF.PT

SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA / VOL. 32 - Nºs 2/3 / 2009 / Publicação Trimestral / €5,00

Ano Internacional da Astronomia

Telescópio espacial com focagem de raios gama

Portugal no Espaço

O eclipse de 29 de Maio de 1919

spf SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

Índice

artigo geral
2 **Astrofotónica** intrumentação óptica avançada em astronomia
Askari Ghasempour
Paulo V. S. Marques
Paulo J. V. Garcia
António P. Leite

artigo geral
8 **Telescópio espacial com focagem de raios gama**
Rui Curado Silva

física sem fronteiras
10 **Uma investigação *underground***
T. A. Girard

física sem fronteiras
16 **Ano Internacional da astronomia** Um Balanço
Rosa Doran

física e sociedade
22 **O eclipse de 29 de Maio de 1919** A.S. Eddington e os astrónomos do observatório da tapada
Paulo Crawford
Ana Simões

inovação
29 **Portugal no Espaço** participação nacional na Agência Espacial Europeia
Mário Amaral

crónica: pensamentos quânticos
32 **Quem mexeu na** minha terra?
Jim Al-Khalili

crónica: física divertida
33 **Há muito espaço** lá em baixo
Carlos Fiolhais

35 **Notícias**
Adelino Paiva, Fernando Nogueira, Tânia Rocha

gazeta ao laboratório
47 **Estrelas de neutrões**
Constança Providência e Lucília Brito

vamos experimentar
53 **Quanto é que eu peso** numa estrela de neutrões?
Constança Providência

sala de professores
55 Galileo Teacher Training Program **Uma rede mundial de apoio à formação de professores**
Rosa Doran

histórias e estórias
59 **Quando Marte** era habitado
Gonçalo Figueira

histórias e estórias
63 **Os meus livros**
Rui Agostinho

entrevista
66 **Matéria escura e** futuro sombrio
Gonçalo Figueira

por dentro e por fora
68 **Um salto dos astros** para a City
Teresa Peña

70 **Cartoons**

onda e corpúsculo
71 **Moonwalk** Sem ar nem gravidade, mas muita água
Teresa Peña

Publicação Trimestral

Editorial

Quando era miúdo, no final dos anos setenta, um dia decidi que, quando fosse grande, queria ser astrónomo. Consciente de que tal escolha implicaria muitas horas a olhar para o céu nocturno, e de que quanto mais cedo começasse, melhor, durante os anos seguintes passei um número incontável de serões com os olhos virados para as estrelas.
Uma a uma, fui "descobrindo" as constelações que me era permitido observar das janelas de casa.
Fui coleccionando livros e revistas, e decorando o mapa celeste. Com orgulho, identifiquei as posição dos planetas principais, depois observei fascinado alguns dos mais belos objectos de Messier, e acompanhei o percurso do cometa Halley, entre outros.
Nessa altura, o céu à noite ainda era suficientemente escuro para ficarmos extasiados com a imensidão de pontos luminosos, mesmo numa pequena cidade do interior. Com a minha idade, passar horas nocturnas fora de casa, com uns binóculos e uma máquina fotográfica, era um privilégio raramente concedido, apenas reservado para acontecimentos pontuais como eclipses lunares ou chuvas de meteoros. Creio que atingi o apogeu instrumental da minha carreira juvenil de astrónomo amador com a compra de um pequeno telescópio refractor – aparelho que hoje se vende em lojas de brinquedos mas cujas características, à época, me faziam sentir na vanguarda da observação.
E foi efectivamente munido daquilo que hoje chamaríamos um telescópio de brinquedo – e de fraca qualidade! – que, há precisamente quatrocentos anos, Galileu revolucionou o nosso conhecimento do universo. Fê-lo apontando a objectiva do instrumento para os céus, e descobrindo que estes, na verdade, não era mais perfeitos do que o nosso planeta. Por outro lado, a Terra também não era assim tão importante que tudo rodasse ao seu redor, conforme concluiu ao descobrir quatro dos satélites de Júpiter. O que hoje é óbvio foi, na altura, uma blasfémia. Mas o progresso era irreversível, e estavam lançadas as sementes da astronomia moderna. O ponto de viragem foi de tal modo marcante na história da humanidade que, passados quatro séculos, é justo e importante que o celebremos. Por esse motivo, este foi nomeado o Ano Internacional da Astronomia – AIA2009. Neste espírito comemorativo, dedicámos integralmente esta edição da Gazeta à astronomia. Temos o privilégio de poder contar com as contribuições de renomeados investigadores e divulgadores, entre os quais gostaria de destacar os artigos de Rosa Doran, coordenadora internacional do Galileo Teacher Training Program, no âmbito do AIA2009, ou Rui Agostinho, que descreve a sua formação como astrónomo através dos livros que a moldaram. Espreitamos o futuro, através dos planos para grandes projectos com a participação de Portugal, como o observatório de raios gama, o detector subterrâneo de matéria escura, ou as oportunidades no seio da Agência Espacial Europeia. Recordamos o passado, desde a aventura dos canais de Marte, ao eclipse de 1919, ao próprio acervo histórico da Gazeta de Física, de que iniciámos recentemente a digitalização e disponibilização online, e que nos tem revelado muitas curiosidades sobre os primeiros anos da revista. E questionamos os caminhos do presente: a entrevista com a jovem investigadora Patrícia Castro mostra que, apesar dos muitos avanços, ainda falta responder a questões fundamentais que condicionam as perspectivas da actual geração de cientistas, se se quer que haja verdadeiro futuro para a ciência em Portugal. Ficaria satisfeito se, daqui a alguns anos, fosse apenas uma curiosidade histórica para os futuros leitores da Gazeta o facto de que, no início do séc. XXI, ainda era complicado seguir a carreira de cientista no nosso pais.
Quanto a mim, acabei por enveredar por outros ramos da física, e não me tornei astrónomo como pensava. Mas não foi por isso que perdi o fascínio de continuar a contemplar o céu nocturno e a acompanhar o que se passa no vasto Universo. E a pensar quando chegará o dia em que, inevitavelmente, descobriremos vida fora do nosso planeta. Numa época de tantas incertezas, a consciência da nossa pequeneza à escala cósmica é a melhor forma de esquecer por alguns instantes os nossos problemas.

Gonçalo Figueira

Ficha Técnica

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

Equipa
Teresa Peña (Directora Editorial)
Gonçalo Figueira (Director Editorial Adjunto)
Carlos Herdeiro (Editor)
Filipe Moura (Editor)
Tânia Rocha (Assistente Editorial)
Adelino Paiva (Assistente Editorial)
Ana Sampaio (Tradutora)

Secretariado
Maria José Couceiro
mjose@spf.pt

Colunistas e Colaboradores regulares
Jim Al-Khalili
Carlos Fiolhais
Constança Providência
Ana Simões

Colaboraram também neste número
Rui Agostinho, Mário Amaral, Lucília Brito, Paulo Crawford, Rosa Doran, Paulo J. V. Garcia, Askari Ghasempour, T.A. Girard, António P. Leite, Paulo V. S. Marques, Fernando Nogueira, Cláudia Rola, Rui Curado Silva

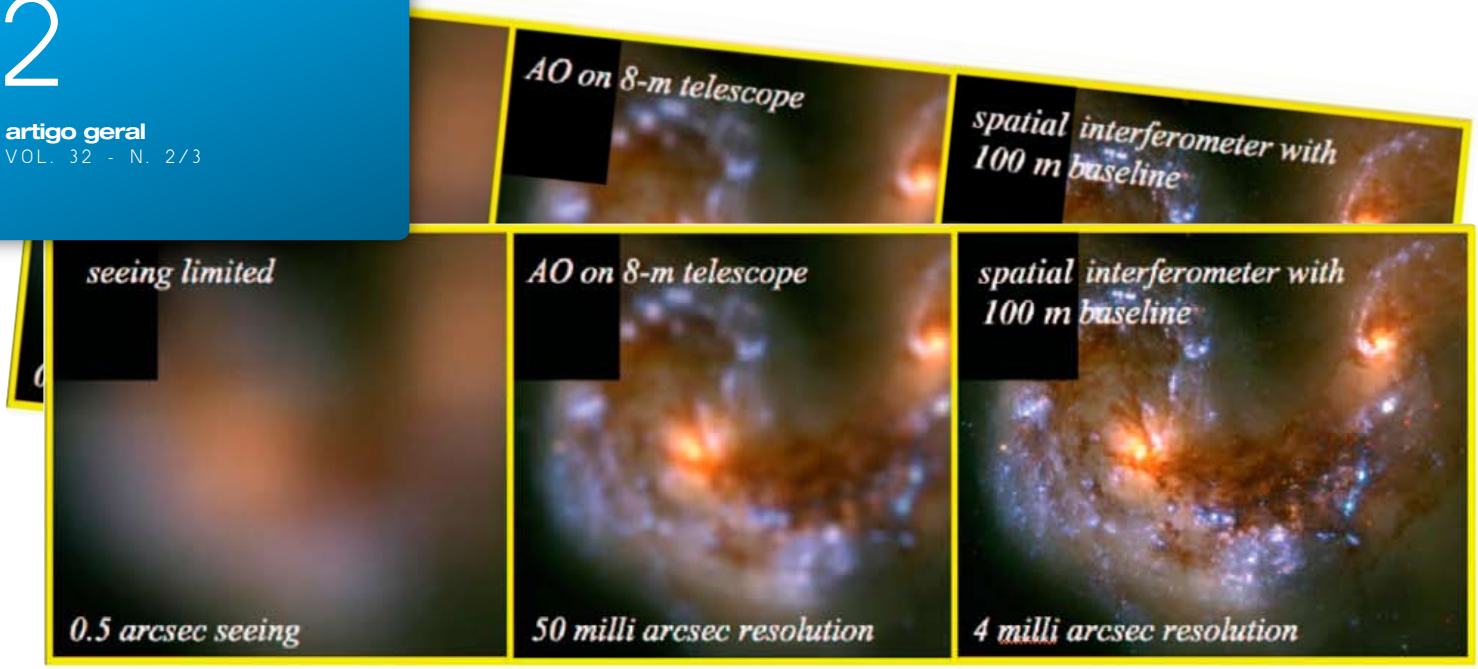
Design / Produção Gráfica
Dossier, Comunicação e Imagem
www.dossier.com.pt

NIPC 501094628
Registo ICS 110856
ISSN 0396-3561
Depósito Legal 51419/91
Tiragem 1.800 Ex.
Publicação Trimestral Subsidiada

As opiniões dos autores não representam necessariamente posições da SPF.

Preço N.º Avulso €5,00 (inclui I.V.A.)
Assinatura Anual €15,00 (inclui I.V.A.)

Assinaturas Grátis aos Sócios da SPF.



Créditos: Andreas Glindemann, ESO Garching

Astrofotónica
instrumentação óptica avançada em astronomia

Askari Ghasempour[1,2]
Paulo V. S. Marques[2,3]
Paulo J. V. Garcia[1,4]
António P. Leite[3]

1. Centro de Astrofísica da Universidade do Porto
2. UOSE-INESC Porto
3. Departamento de Física, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto
4. Departamento de Engenharia Física, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto

Os extraordinários avanços científicos registados na Astronomia, particularmente desde os anos cinquenta do século passado, têm sido sustentados por progressos notáveis nas técnicas e instrumentos de observação.

De facto, na Astronomia como em muitos outros domínios científicos, inovações tecnológicas conduziram a grandes descobertas e, reciprocamente, problemas em aberto na investigação em Astronomia estimularam a invenção de metodologias inovadoras e o desenvolvimento de instrumentação altamente sofisticada [1]. O papel da inovação tecnológica no desenvolvimento da Astronomia não deve, de modo algum, ser esquecido ou minimizado. Aliás, os astrónomos têm estado muito atentos, ao longo das últimas décadas, aos progressos registados em diversas tecnologias, deles retirando partido de imediato.
As observações astronómicas respeitam, essencialmente, à detecção e análise de radiação electromagnética/fotões, em gamas de frequência que abrangem todo o espectro, das radiofrequências à radiação X e gama, de acordo com a Física dos processos sob investigação. As considerações seguintes, todavia, centram-se na região óptica, normalmente definida como abrangendo os comprimentos de onda no intervalo de 0.3 μm (a atmosfera terrestre é opaca no ultravioleta) a 30 μm. É habitual distinguir-se, nesta gama, as regiões do visível (0.4 μm a 0.7 μm), do infravermelho próximo (0.7 μm a 5 μm) e do infravermelho médio (5 μm a 30 μm).
As observações na região óptica dirigem-se, genericamente, à obtenção de imagens com resolução angular adequada em bandas espectrais de interesse, assim como à análise espectroscópica dessa radiação. Em particular, há grande interesse pelas observações no infravermelho, que fornecem informação fundamental para as investigações sobre o universo primitivo, os exo-planetas, e os núcleos activos de galáxias, entre outros temas.

[1] C.R. Kitchin, "Astrophysical Techniques", 5.th ed., CRC (2009)

TELESCÓPIOS ASTRONÓMICOS: DE LIPPERHEY AO TELESCÓPIO HALE

A invenção do telescópio é geralmente atribuída a Hans Lipperhey (Middelburg, Zeeland, c.1570–1619), que solicitou uma patente em 1608. Com base em informações sobre esta invenção, Galileo Galilei (1564–1642) construiu telescópios que lhe permitiram observar crateras da Lua e satélites de Júpiter, conseguindo atingir uma ampliação de 30. Os telescópios de Galileu eram construídos com uma lente convergente alinhada com uma segunda lente divergente, com pontos focais *F* comuns.

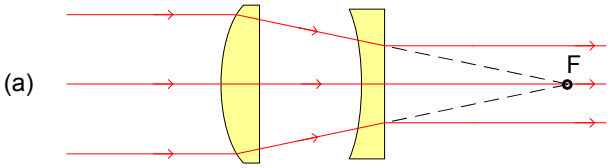


Figura 1. Telescópios refractores. (a) Configuração de Galileu;

Em alternativa, a configuração de Kepler (1571-1630) utiliza duas lentes convergentes, com foco real *F* comum e ampliação igual à razão das distâncias focais das lentes.

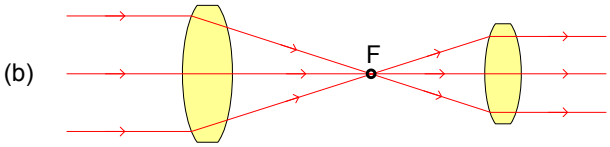


Figura 1. Telescópios refractores. (b) Configuração de Kepler.

Estes **telescópios refractores** apresentam limitações importantes:
- para processar fluxos elevados de radiação, o diâmetro *D* da lente primária deve ser grande, o que implica dificuldades de fabricação, massa significativa e consequentes problemas de deformação mecânica;
- para atingir resolução angular elevada, é essencial que sejam corrigidas as aberrações ópticas geométricas (através de formas optimizadas e precisas das superfícies ópticas das lentes) e eliminadas as aberrações cromáticas (devidas à dispersão introduzida pelos vidros, cujo índice de refracção varia com o comprimento de onda) [2].

Esta última limitação é muito séria.
Para ultrapassar estes problemas, foram desenvolvidos **telescópios reflectores** de vários tipos, como o de Isaac Newton (1642-1727), e o de Cassegrain (c. 1625–1693), cujas diversas variantes são adoptadas nos modernos telescópios.

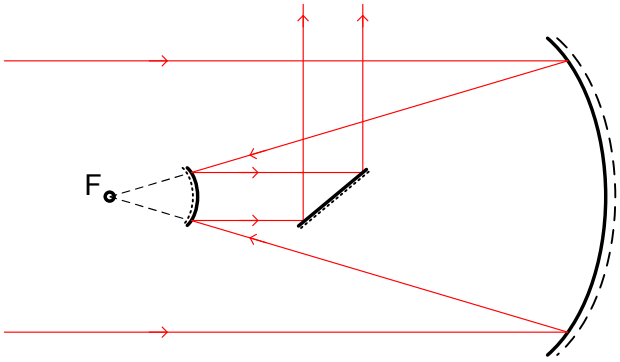


Figura 2. Telescópio reflector, configuração do tipo Cassegrain.

O carácter acromático da reflexão óptica é a vantagem fundamental dos telescópios reflectores, mantendo-se todavia a exigência de superfícies ópticas optimizadas e precisas para eliminar as aberrações geométricas [2]. Um diâmetro elevado do reflector primário (D) é essencial para captar fluxo de radiação suficiente e ser obtida elevada resolução angular.
Quanto à resolução angular, embora a óptica geométrica (aproximação correspondente ao limite de comprimento de onda da radiação λ nulo) preveja, para um telescópio reflector sem aberrações, uma imagem pontual de um objecto pontual no infinito, os efeitos de difracção estudados pela Óptica Física (λ não nulo) resultam efectivamente numa imagem não pontual desse objecto, conhecida por **padrão de Airy.**

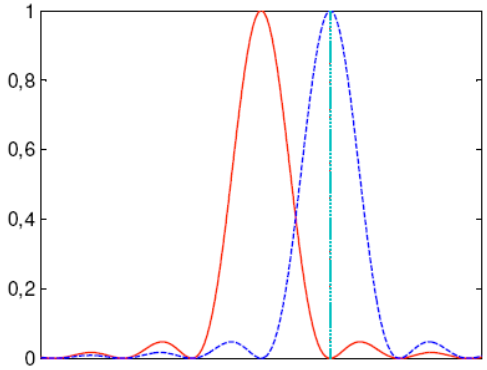


Figura 3. Padrão de Airy. Perfis de intensidade óptica das imagens de dois objectos pontuais no infinito, produzidos por um sistema óptico sem aberrações, no limite de resolução de Rayleigh.

A resolução angular $\Delta\theta$, adoptando o critério de Rayleigh, é dada por $\Delta\theta=1.22\lambda/D$; decorre imediatamente a necessidade de D elevado. O telescópio Hale (D=5.1m), que foi o maior telescópio terrestre entre 1948 e 1993, apresenta uma resolução angular teórica de 130 nrad, ou seja, 27 mas (1 mas = 1 milissegundo de arco). Em comparação, a resolução do olho humano é de 1.5 a 3.0 mrad.

[2] E. Hecht, "Óptica", 2ª ed., Fundação C. Gulbenkian (2002)

GRANDES TELESCÓPIOS TERRESTRES

Sucederam ao telescópio Hale, nos últimos 25 anos, diversos grandes telescópios com valores de D na gama de 8–10 m [1], de que são exemplos: Subaru, Keck I e Keck II, Large Binocular Telescope LBT , Gran Telescopio de Canarias GTC e Very Large Telescope VLT (constituído por 4 telescópios UT, D=8.2 m) [3].
Todos estes grandes telescópios são sistemas complexos, constituídos por uma fusão de componentes mecânicos, ópticos, optoelectrónicos, electrónicos e computacionais, e recorrem a tecnologias avançadas. Dois tipos de elementos merecem destaque particular:
- Reflector primário: três soluções diferentes foram desenvolvidas, recorrendo a espelhos monolíticos *honeycomb* (LBT), a reflectores monolíticos de pequena espessura e controlo activo de forma (VLT), e a reflectores segmentados – matrizes de dezenas de elementos reflectores hexagonais com posicionamento activo (GTC).
- Detectores: foram desenvolvidas matrizes CCD de elevada dimensão (>10000×10000 elementos) em silício, funcionando com baixo ruído e elevada gama dinâmica (>10^5 vs. 10^3 no caso de chapas fotográficas). Nas regiões do infravermelho, são correntemente usadas matrizes de outros elementos semicondutores (2000×2000 elementos).
Um aspecto fundamental da construção e operação destes grandes telescópios centra-se na compensação dos efeitos da turbulência atmosférica. De facto, considerando a frente de onda óptica plana proveniente de um objecto pontual no infinito, ocorre deformação dessa frente de onda (variável rapidamente no tempo) devido à turbulência da atmosfera no caminho óptico da radiação. Define-se, habitualmente, o comprimento de coerência de Fried (r_0) como a dimensão transversal em que o desvio da frente de onda relativamente à frente de onda ideal plana é inferior a 1 rad; no visível, r_0~12 cm tipicamente. Assim, a utilização directa de *D* elevado aparece comprometida, surgindo duas estratégias possíveis:

- **Telescópio espacial**: desaparece, obviamente, o problema da turbulência atmosférica, sendo possíveis resultados espectaculares como foi demonstrado com o telescópio espacial Hubble (D=2.4 m), lançado em 1990 [4]. Contudo, a complexidade tecnológica é muito elevada, tal como o custo de construção (o custo de um telescópio espacial é de várias vezes o de um telescópio de grande abertura (ELT), i.e. da ordem dos G€) e manutenção.

- **Óptica adaptativa (AO)**: é incorporado no grande telescópio terrestre um sistema optoelectrónico, que opera em ciclo fechado e com tempo de resposta muito curto, capaz de compensar as deformações introduzidas pela turbulência atmosférica na frente de onda óptica (Fig. 4).

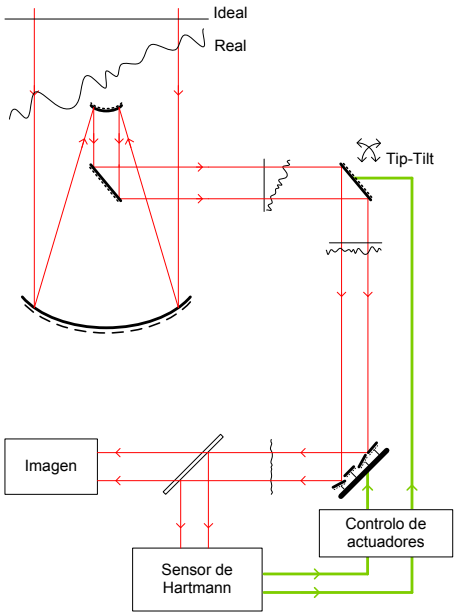


Figura 4. Correcção da frente de onda deformada (inclinação, corrugação) pela turbulência atmosférica pelo espelho de *tip-tilt* e pelo espelho deformável, a partir da informação do sensor.

Um sistema AO tem três componentes fundamentais: sensor de frente de onda, espelho deformável e espelho de *tip-tilt*, e controladores/actuadores de resposta rápida. O sensor determina a deformação da frente de onda de uma fonte pontual de referência, suficientemente intensa e angularmente próxima do objecto sob observação. Na ausência de uma tal fonte, pode ser usada uma solução fotónica, recorrendo a um feixe laser potente (tip. 10 W, λ=589 nm - coincidente com a risca D do sódio), enviado por um telescópio auxiliar. O feixe laser forma uma estrela artificial por excitação/emissão óptica na alta atmosfera (tip. 90 km), numa orientação angular próxima do objecto. O sensor de Hartmann (Fig. 5.a) é constituído por uma matriz de lentes associada a uma matriz de fotodetectores; cada lente forma uma imagem, correspondente à secção da frente de onda na sua abertura, sobre uma célula de 4 fotodetectores (detector de quadrantes). Não existindo erro na frente de onda (Fig. 5.b), os sinais dos quatro fotodetectores de cada célula estão equilibrados; ocorrendo erro na frente de onda, o desvio da imagem na respectiva célula (Fig. 5.c) fornece indicação do tipo de erro. Um desvio global devido a inclinação simples da frente de onda conduz a uma actuação num espelho corrector de *tip-tilt* (Fig. 4). Corrigido esse desvio angular médio, os erros restantes de corrugação da frente de onda são determinados e constituem o sinal de actuação rápida (por actuadores piezoeléctricos) sobre o espelho deformável, que imprime uma corrugação à frente

[3] http://subarutelescope.org; http://www.keckobservatory.org; http://lbtwww.arcetri.astro.it; http://www.gtc.iac.es; http://www.eso.org
[4] http://hubblesite.org

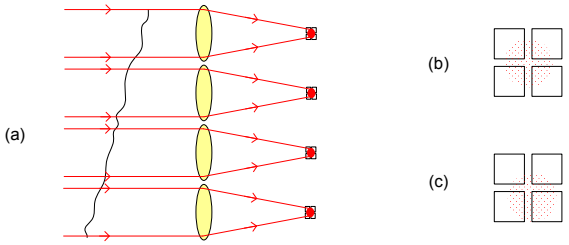
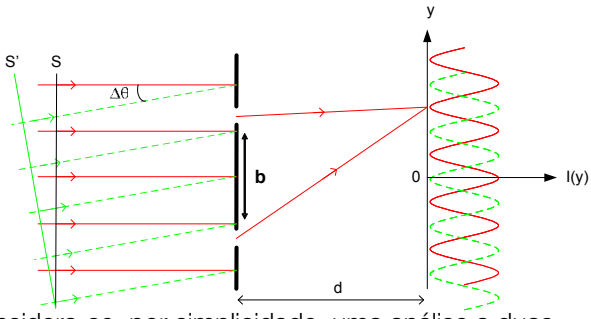


Figura 5. Sensor de Hartmann. (a) Matrizes de lentes e fotodetectores de quadrantes. Imagens sobre o fotodetector de quadrantes da secção de frente de onda (b) sem erro e (c) com erro.

de onda oposta à causada pela atmosfera, cancelando-a desse modo.
A instalação de sistemas AO nos modernos grandes telescópios permite atingir resoluções angulares próximas do valor teórico imposto pela difracção. Contudo, questões importantes ainda em aberto na Astronomia exigem aberturas ainda maiores (ELTs) e resolução angular mais elevada, bem como espectroscopia multiplexada de alta resolução, donde a necessidade de novas soluções tecnológicas. Em anos recentes, tem-se assistido ao desenvolvimento de um novo domínio - a Astrofotónica, entendida como a aplicação dos conceitos, princípios e dispositivos da Fotónica à Astronomia [5]. São exemplos a utilização de lasers, de fibras ópticas de diversos tipos, e a aplicação de dispositivos integrados ópticos.

INTERFEROMETRIA ÓPTICA EM ASTRONOMIA

Um exemplo de técnica de observação avançada que permite resolução angular elevada, com resultados demonstrados e que já recorre a dispositivos fotónicos, é a interferometria óptica. Num sistema interferométrico, radiação proveniente de vários telescópios (localizados num observatório a distâncias mútuas que podem atingir centenas de metros) é combinada de modo coerente, ou seja, mantendo a informação de fase das ondas ópticas captadas por cada um dos vários telescópios [6]. Em termos muito gerais, pode assimilar-se o conjunto de telescópios combinados interferometricamente a uma abertura óptica sintética com dimensão correspondente à distância entre telescópios do sistema (logo proporcionando elevada resolução angular, tipicamente melhor que 5 nrad, ou 1 mas). Foi implementado um número já significativo de interferómetros ópticos astronómicos, desde o GI2T (1985) até ao VLTI-UT (Paranal, ESO, 2001) e VLTI-AT [7].
A bem conhecida experiência das fendas de Young [2] ajuda a compreender o essencial das características de um interferómetro astronómico (Fig. 6).



Considera-se, por simplicidade, uma análise a duas

Figura 6. Experiência das fendas de Young. Padrões de interferência sobrepostos, correspondentes a fontes pontuais no infinito separadas angularmente de $\Delta\theta$.

dimensões. Uma fonte pontual no infinito e centrada (S) emite radiação (onda plana axial, comprimento de onda λ) que é captada por duas fendas (distância *b*) e daí radiada e combinada ao longo de uma orientação de observação (*y*) à distância *d*. Sendo I_0 a intensidade da radiação de cada fenda na região de combinação, resulta um padrão de interferência para uma fonte S centrada dado por

$$I_S(y) = 4I_0 \cos^2\left[\frac{\pi b}{d\lambda} y\right]$$

Note-se que o padrão de interferência depende do comprimento de onda. Considerando agora uma fonte S´ deslocada angularmente de $\Delta\theta$, o padrão de interferência resultante $\mathbf{I_{S'}(y)}$ é deslocado no eixo y. Existindo, simultaneamente, as fontes S e S', mutuamente incoerentes e de igual intensidade, resulta uma sobreposição de padrões de interferência, e uma intensidade ao longo do eixo *y* que é a soma das respectivas intensidades. A intensidade total I(*y*) será constante ao longo de *y* (donde visibilidade nula do padrão de interferência global) quando $\Delta\theta=\lambda/2b$. Assim, a observação de *I(y)* permite distinguir fontes separadas angularmente de $\lambda/2b$; sendo λ=1 μm, resulta $\Delta\theta$=5 nrad num interferómetro em que *b*=100 m. Recorde-se que, para um telescópio único, a resolução angular é da ordem de λ/D; resulta $\Delta\theta$=100 nrad num telescópio em que *D*=10 m.
Uma fonte não-monocromática e emitindo num certo intervalo angular produzirá um padrão de interferência com características relacionadas com essa extensão angular e espectro de emissão. Uma análise detalhada [6] permite verificar que a recolha de informação a partir do padrão de interferência entre pares de feixes de um conjunto de telescópios (e ao longo de posições resultantes do seu movimento diurno) fornece o espectro de Fourier bidimensional da densidade espectral de potência (bidimensional, em coordenadas no céu) do objecto astronómico. Assim, é possível obter a imagem do objecto por síntese de Fourier dos dados interferométricos. A resolução da imagem reconstruída é elevada, de acordo com a distância típica de

[5] J. Bland-Hawthorn, P. Kern, "Astrophotonics: a new era for astronomical instruments", Opt. Express 17, 1880-1884 (2009)
[6] A. Labeyrie, S. G. Lipson, P. Nisenson, "An introduction to optical stellar interferometry", Cambridge U. Press (2006); J. D. Monnier, "Optical interferometry in astronomy", Rep. Prog. Phys. 66, 789-857 (2003)
[7] http://www.eso.org/sci/facilities/paranal/telescopes/vlti/index.html

centenas de metros entre telescópios.
A turbulência atmosférica também limita o desempenho dos sistemas interferométricos, através da flutuação rápida da fase relativa da radiação proveniente de cada par de telescópios. Técnicas de referenciação de fase, de *closure phase* e de *fringe tracking* têm sido estudadas e implementadas [6].

DISPOSITIVOS FOTÓNICOS EM INTERFERÓMETROS ÓPTICOS ASTRONÓMICOS

Um interferómetro astronómico permite atingir resoluções angulares excelentes, mas é um instrumento muito complexo constituído por vários sub-sistemas [8] (Fig. 7):

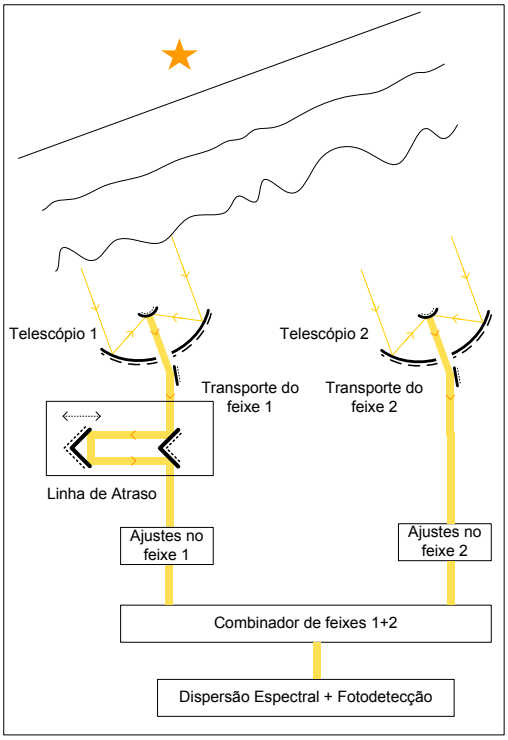


Figura 7. Esquema simplificado de um interferómetro astronómico (representados apenas dois dos telescópios do sistema de vários telescópios).

- telescópios: montagem geralmente alt-az (altitutde-azimute), incluindo sistema de *tip-tilt* de correcção de movimentos rápidos e óptica adaptativa; no caso do VLTI, até oito telescópios podem ser combinados, a distâncias de centenas de metros;
- transporte dos feixes dos telescópios: centenas de metros até ao combinador, exigindo alta eficiência, conservação de polarização e baixa dispersão cromática;
- linhas de atraso ópticas: capacidade de ajustar a diferença de percurso óptico entre cada par de feixes de telescópios, de modo a obter interferência;
- correcção das frentes de onda: *fringe tracking*, controlo de polarização, filtragem espacial;
- combinação de feixes: incluindo calibração fotométrica, para compensação de diferenças de intensidade entre os feixes combinados;
- dispersão espectral e fotodetecção.

Dada a complexidade do interferómetro, o recurso a dispositivos fotónicos na implementação de certos sub-sistemas é muito atractivo e tem sido investigado em anos recentes [8].
As fibras ópticas de sílica e de vidros fluoretos têm sido investigadas para o transporte de radiação e construção de linhas de atraso temporal rapidamente ajustável [9]. A eliminação de erros de fase na frente de onda de cada feixe do interferómetro exige a sua filtragem espacial. Esta é bem desempenhada por fibras ópticas monomodo, no acoplamento do feixe óptico ao modo quase-gaussiano da fibra; as flutuações de intensidade resultantes no acoplamento à fibra e devidas às deformações da frente de onda do feixe óptico são compensadas pela calibração fotométrica implementada no combinador de feixes.
A combinação dos feixes de telescópios através de dispositivos integrados ópticos foi já demonstrada com sucesso [10]. Os dispositivos integrados ópticos permitem a construção de combinadores de feixes muito compactos e estáveis, substituindo sistemas ópticos muito complexos, volumosos e instáveis, baseados em componentes ópticos tradicionais. Nestes dispositivos planares, guias de onda ópticos monomodo recebem a radiação de fibras ópticas e produzem a interferência óptica correspondente, além de fornecerem saídas (fotometria) usadas para calibração do padrão de interferência independente da intensidade relativa dos feixes. Estes dispositivos têm sido investigados pelos autores, em diversas configurações [11], com exemplos representados na Figura 8.

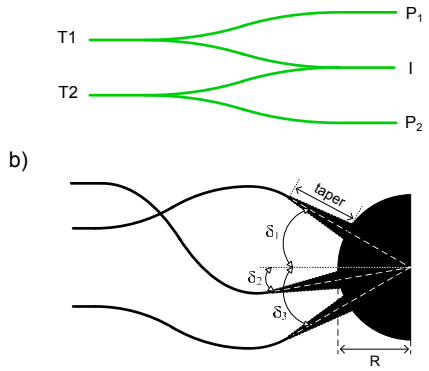


Figura 8. Esquemas de combinadores de feixes de telescópios implementados como dispositivos integrados ópticos na U. Porto. (a) Combinador coaxial 2T; (b) Combinador multiaxial 3T.

Num combinador coaxial do tipo *all-in-one* construído num circuito integrado óptico (Fig. 8.a), obtém-se na saída a interferência de todos os pares de feixes; a modulação temporal e o varrimento das linhas de atraso permitem discriminar o interferogra-

[8] F. Malbet *et al.*, "Integrated optics for astronomical interferometry", A&A Suppl. Ser. 138, 135-145 (1999)
[9] S. Vergnole *et al.*, "Calibration of silica fibers for the optical hawaiian array for nanoradian astronomy (OHANA): temperature dependence of differential chromatic dispersion", Opt. Commun. 251, 115-123 (2005)
[10] J.-B. Lebouquin et al., "Integrated optics for astronomical interferometry VI", Astron. Astrophys. 450, 1259-1264 (2006)
[11] A. Ghasempour et al., "Hybrid sol-gel planar optics for astronomy", Opt. Express 17, 1970-1975 (2009)

ma de cada par de feixes. Num combinador multiaxial em óptica integrada (Fig. 8.b), os guias de onda monomodo conduzem a radiação a uma região de expansão transversal (*taper*), de onde são propagadas, para uma região de interferência, ondas guiadas quase colimadas. Na faceta de saída do "chip óptico" é gerado um padrão de interferência espacial para cada par de feixes, com período espacial das franjas directamente associado ao ângulo de convergência mútuo entre feixes.
A análise espectral da saída interferométrica do combinador, recorrendo também a dispositivos integrados ópticos, foi investigada recentemente [12]. Num guia de onda integrado monomodo, a radiação sob análise é propagada em sentidos opostos. Resulta um padrão de interferência espacial estacionário ao longo do guia de onda, cuja frequência espacial e distribuição de amplitude de modulação são dependentes do espectro da radiação. O padrão de intensidade óptica resultante é detectado com recurso a uma rede periódica de nano-fios de ouro adjacentes ao guia de onda, que permite extrair uma pequena porção da intensidade e assim amostrar o padrão de interferência. Resulta um espectrómetro integrado, sem partes móveis, compacto e integrável com outros sub-sistemas do interferómetro.
A espectroscopia Doppler de elevada resolução, utilizada na investigação de exo-planetas, exige a definição de frequências ópticas estáveis e rigorosas para a calibração de espectrómetros. Investigações recentes demonstraram, através da combinação de um "pente de frequências" (obtido através de tecnologia laser ultra-rápida) com uma cavidade óptica de Fabry-Pérot, capacidades adequadas à medição de desvios de frequência correspondentes a velocidades radiais de $cm.s^{-1}$ [13].

CONCLUSÃO

Os elevados desempenhos instrumentais requeridos por investigações em tópicos avançados de Astronomia exigem a introdução de tecnologias inovadoras. Diversas aplicações de tecnologias fotónicas foram demonstradas recentemente, e são objecto de continuado esforço de investigação.

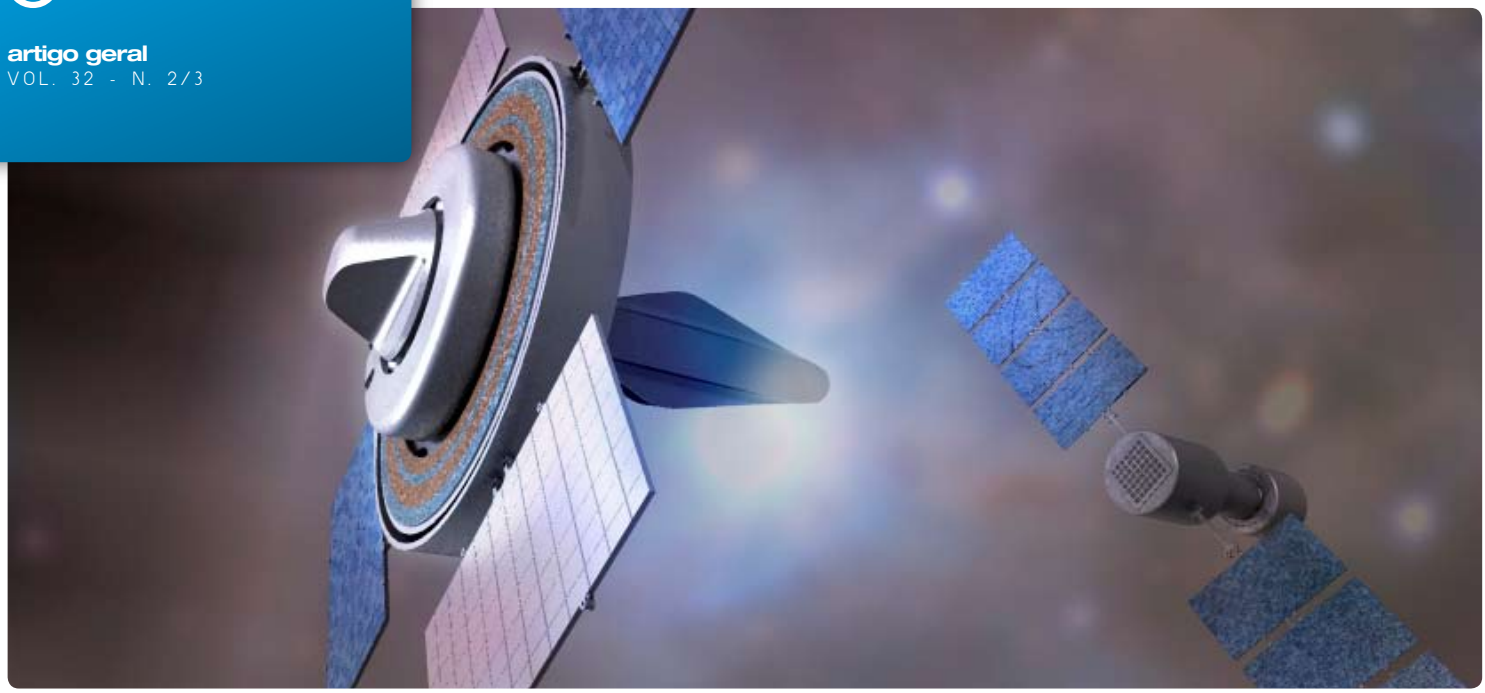
Askari Ghasempour é aluno do Programa Doutoral em Astronomia da U. Porto, em que investiga dispositivos ópticos integrados para aplicações em interferometria astronómica, numa colaboração entre o Centro de Astrofísica da Universidade do Porto, o INESC-PORTO e o Departamento de Física da FCUP.

António P. Leite é Professor Associado e Director do Mestrado Integrado em Engenharia Física do Departamento de Física da FCUP. A sua actividade docente e de investigação centra-se na óptica, em particular fibras ópticas e micro-dispositivos ópticos.

Paulo V. S. Marques é Professor Auxiliar no Departamento de Física da FCUP e Investigador da Unidade de Optoelectrónica e Sistemas Electrónicos do INESC-PORTO. Os seus trabalhos de investigação centram-se no domínio da Óptica Integrada.

Paulo J. V. Garcia é Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Física da FEUP e investigador na unidade Laboratório de Sistemas, Instrumentação e Modelação em Ciências e Tecnologias do Ambiente e do Espaço. Realiza investigação em astrofísica instrumental e observacional.

[12] P. Kern *et al.*, "On-chip spectro-detection for fully integrated coherent beam combiners", Opt. Express 17, 1976-1987 (2009)
[13] C.-H. Li et al., "A laser frequency comb that enables radial velocity measurements with a precision of 1 $cm.s^{-1}$", Nature 452, 610-612 (2008)



Telescópio espacial com focagem de raios gama

Rui Curado Silva

GRI (*Gamma-Ray Imager*) é a designação de uma nova proposta de missão de observação do Universo no domínio dos raios gama, a apresentar ao próximo concurso do programa "Cosmic Vision" da ESA – missões a lançar entre 2015 e 2025. Esta missão foi elaborada por um consórcio internacional que integra o Departamento de Física da Universidade de Coimbra.

A participação de Coimbra enquadra-se no projecto e no desenvolvimento do instrumento principal desta missão, onde se formará a imagem fornecida pelo primeiro sistema de lentes concebido para focar raios gama.

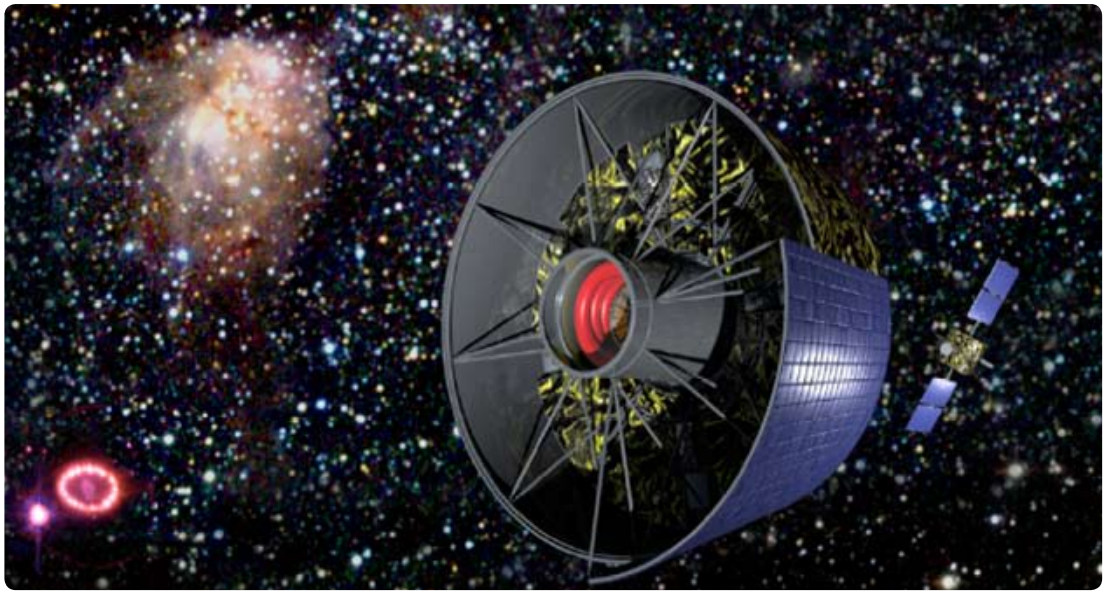
Em astrofísica de raios gama estão por estudar diversas questões relevantes como: a natureza dos processos não térmicos que ocorrem nos remanescentes de supernova, o limite superior de emissão do espectro de energia dos núcleos galácticos activos, a detecção das linhas de aniquilação e o nível e orientação da polarização de emissões provenientes de buracos negros, de galáxias, de pulsares ou de explosões de raios gama. Para observarmos as emissões de radiação associadas a estes fenómenos é necessário enviar os telescópios de raios gama para o espaço, dado que esta radiação é absorvida pela atmosfera, acima dos 15 km de altitude.

As duas grandes inovações do GRI são: as lentes de Laue para raios gama e o voo em formação dos dois satélites que compõem o telescópio. Focar raios gama é uma novidade em astrofísica. Dado que estes raios atravessam as lentes e os espelhos tradicionais como se simplesmente não existissem, é complexo focar este tipo de radiação. Todos os telescópios de raios gama lançados até hoje eram desprovidos de lentes, utilizando outras técnicas para compensar a ausência de focagem. Tal é o caso do telescópio espacial INTEGRAL da ESA, em serviço desde 2002, que utiliza uma máscara codificada para melhorar a relação sinal/ruído. No

entanto, a estrutura de alguns cristais permite a difracção dos raios gama no interior destes materiais, designada por difracção de Laue. O GRI utilizará precisamente esta técnica para focar raios gama. A inovação do voo em formação no caso do GRI é determinada pela distância focal necessária para as lentes de Laue, que se estima em mais de 50 metros. Num dos satélites serão instaladas as lentes de Laue, e no outro satélite o instrumento plano focal. A coordenação de voo entre os dois satélites exigirá uma precisão inferior a um milímetro para o eixo óptico do telescópio, de forma a não haver degradação da imagem.

O GRI já suscitou o interesse da ESA, que tem vindo a financiar parte dos custos de desenvolvimento das lentes, a cargo do CNRS de Toulouse e da Universidade de Ferrara. Um protótipo do instrumento principal constituído por detectores de telureto de cádmio (CdTe) tem vindo a ser testado em conjunto com amostras de cristais de cobre para as lentes de Laue no Acelerador Europeu de Radiação de Sincrotrão (ESRF: European Synchrotron Radiation Facility) situado em Grenoble, França. Nesta experiência, colocaram-se os cristais entre os detectores de CdTe e o feixe de radiação gama produzido no ESRF, conseguindo-se simular com sucesso a resposta do telescópio à radiação gama. No entanto, o maior problema tecnológico desta missão é a disposição dos cerca de dez mil cristais das lentes de Laue seguindo um padrão aproximadamente concêntrico, onde a distância e a orientação de cada cristal deve ter uma precisão da ordem do milímetro. A estrutura de suporte destes cristais deve resistir às vibrações no momento do lançamento e às diferenças de temperatura entre a Terra e o espaço, mantendo a precisão de disposição e alinhamento dos cristais.

Até à próxima chamada do programa "Cosmic Vision", a decorrer dentro de cerca de três anos, este será o principal problema a resolver, mobilizando os esforços de todas as equipas técnicas do consórcio para que o GRI esteja entre as três missões de média dimensão escolhidas.



Rui Curado Silva é licenciado em Engenharia Física pela Universidade de Coimbra, e obteve o Doutoramento em Física pela Universidade Louis Pasteur, Estrasburgo, França. Foi membro da Direcção da Sociedade Portuguesa de Astronomia entre 2003 e 2005. Actualmente é Investigador do Departamento de Física da Universidade de Coimbra

Referências
[1] http://gri.cesr.fr/
[2] http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=36959
[3] http://www.esrf.eu/

Entrada no LSBB

Uma investigação *underground*

T. A. Girard[1]

É pouco conhecido em Portugal, mesmo entre os físicos, que um grupo de investigadores, incluindo portugueses, trabalha a 500 m de profundidade no *Laboratoire Souterrain à Bas Bruit* (LSBB) no sul de França, para desenvolver a próxima pesquisa de partículas de matéria escura (WIMPs – *Weakly Interacting Massive Particles)*, usando uma nova técnica envolvendo líquidos superaquecidos.
O projecto, chamado SIMPLE (*Superheated Instrument for Massive ParticLe Experiments*), visa produzir uma exposição de 30 kg num dia, com 15 detectores de gotas superaquecidas, cada uma contendo freón C_2ClF_5.

O projecto é uma colaboração Portugal–França–EUA, sendo um de três projectos deste tipo a nível mundial (sendo os outros PICASSO e COUPP, do Canadá e os EUA, respectivamente). É o único projecto de pesquisa de matéria escura apoiado financeiramente pela FCT neste momento, em que Portugal tem um papel de liderança.

ELIMINAR O RUÍDO DOS NEUTRÕES

Qualquer pesquisa da matéria escura é baseada na detecção do recuo nuclear numa interacção WIMP-núcleo do átomo; todas as pesquisas são intrinsecamente buscas de eventos raros, em que o problema fundamental é conseguir uma grande exposição (= massa activa x tempo da medida) com o limiar de energia recuado o mais baixo possível, e um mínimo de fundo. A eliminação do fundo de raios cósmicos é geralmente efectuada através de buscas a profundidades consideráveis debaixo de terra. Como se mostra na Fig. 1 (a), mesmo na profundidade do LSBB, com 1500 metros equivalente da água (mwe), o fluxo de muões já é reduzido 10^4 vezes em relação à superfície. O problema é que, como mostrado na Fig. 1 (b), abaixo de cerca de 100 mwe, as experiências tornam-se sensíveis aos componentes radioactivos das rochas nos locais das experiências e aos materiais do próprio detector: assim, blindagens adicionais são requeridas para reduzir ainda mais o fluxo de neutrões ambiental, e muita atenção é necessária aos materiais utilizados na construção dos detectores.

[1]criodets@cii.fc.ul.pt
Centro de Física Nuclear da Universidade de Lisboa Centro de Física Nuclear da Universidade de Lisboa

UM LABORATÓRIO DEBAIXO DAS MONTANHAS

O LSBB está localizado abaixo do Monte Ventoux (1010 m), perto de Rustrel en Provence, França. Foi anteriormente um dos dois centros de lançamento de mísseis de resposta nuclear francesa, e consiste em 3,2 km de galerias de betão reforçado. Originalmente recuperado para o projecto SIMPLE, a sua actividade tem crescido com o tempo, e agora também engloba diversas áreas, como geofísica, hidrologia, magnetometria, sismologia, e estudos avançados de fiabilidade de memórias semicondutoras, com mais de 100 investigadores de 40 instituições internacionais. É operado por um *staff* de 5 técnicos permanentes de Universidade de Nice, sob a administração do CNRS e Observatoire Côte d'Azur.

uma viagem de carro de cerca de uma hora. Dado o afastamento do laboratório, normalmente a equipa em missão aluga uma das várias *gîtes* (residências rurais) perto do laboratório, partilhando todas as tarefas domésticas. Por causa das condições de segurança no LSBB, todos os membros da equipa necessitam de formação e de certificação em regulamentos laboratoriais que abrangem o funcionamento dos carros eléctricos de transporte, procedimentos de segurança em caso de incêndio, e conhecimentos das características das outras experiências residentes. Actividades experimentais com impacto nas outras actividades do complexo não são permitidas. Apesar do LSBB se situar no centro de um círculo de 30 km livre de falhas activas, com ausência de actividade sísmica ao longo dos últimos 1100 anos, é necessária uma certificação que inclui os procedimentos de emergência por derrocada ou colapso do túnel, uso de respiradores, e evacuação do túnel através da escapatória no topo da montanha. É também necessário monitorizar os niveis de radão, uma preocupação normal em actividades subterrâneas.

MAXWELL (imagem com micro-ondas de solos e rochas)

XILINX (α-induced erors em nanochips)

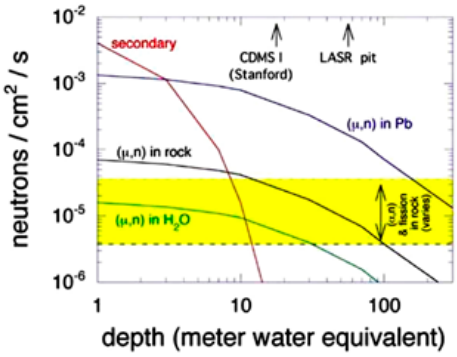
HPPPCO2 (fixação e armazenamento de CO2)

Uma deslocação para o LSBB pode fazer-se por um voo directo de 2 horas de Lisboa para Marselha-Marignane, que fica a sul do LSBB, seguido de

Certificação da formação

Uma *gîte* no vale Luberon

Mais informações sobre o LSBB, ou o projecto SIMPLE: http://lsbb.oca.fr ou através de lsbb@oca.eu (Christophe Sudre) ou ainda criodets@cii.fc.ul.pt (T.A. Girard) .



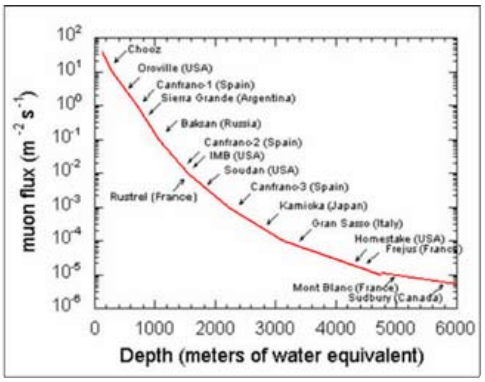


Fig. 1: (a) atenuação dos muões com profundidade, (b) fundo de neutrões no subterrâneo.

OS TRUQUES DA TÉCNICA DE DETECÇÃO

A resposta do líquido superaquecido é baseada na nucleação da fase gás pela deposição da energia no líquido, que deve cumprir duas condições [15]: (i) a energia depositada deve ser superior a um mínimo, e (ii) essa energia deve ser depositada dentro de uma distância mínima, termodinamicamente definida dentro do líquido. As duas condições requerem deposições de energia da ordem> 150 keV/mícron, tornando o detector efectivamente insensível à maioria dos fundos tradicionais que são uma praga para os detectores mais convencionais de matéria escura (incluindo γ, β, e μ). Esta insensibilidade não é trivial, sendo 10^{-10}, versus 10^{-2} a 10^{-8} de técnicas com maior perfil. Isto traduz-se numa sensibilidade para apenas α's, α-recuos e neutrões, e numa aquisição de dados reduzida e numa análise dos resultados mais simplificada e eficiente.
Para prolongar a metaestabilidade do líquido superaquecido, este é fraccionado em gotas com ~25 mícron de diâmetro e dispersado homogeneamente dentro de uma matriz de gel. Para reduzir a contaminação α na construção, os SDDs são fabricados a partir de materiais para a alimentação, numa sala "branca" especialmente construída a uma profundidade de 210mwe no LSBB.

A sala branca

Uma vez feitos, os detectores são transportados até cerca de 1 km até ao local de medição (chamado GESA, ver Fig. 2). O GESA é uma gaiola de Faraday, com blindagem de 1 cm de inox e 20-100 cm de betão reforçado. No GESA, os detectores são apetrechados com uma nova electrónica baseada num microfone, pressurizados até 2 bar, e instalados num banho de água de 700 litros para o controlo

Os corredores do túnel

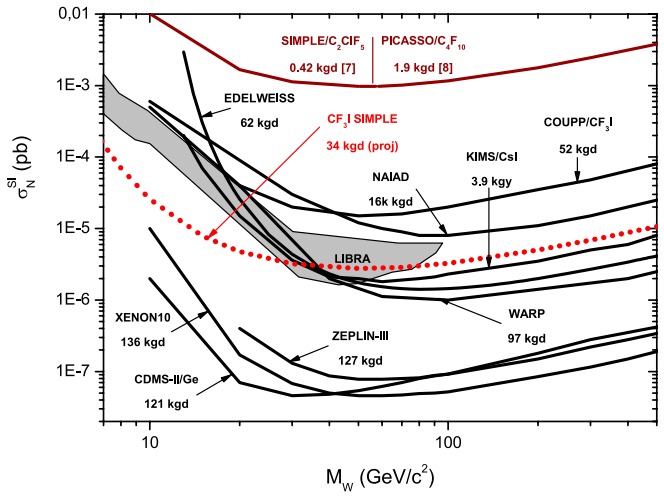
Fig. 2: (a) o banho térmico em GESA;

Fig. 2: (b) com a blindagem de água instalada.

da sua temperatura. O banho de água é também cercado por uma espessura de 75 cm de água, em caixas de 20 litros, para reduzir o fluxo neutrónico ambiental em mais seis ordens de grandeza.

O microfone grava a onda acústica de choque associada com a expansão rápida de uma bolha de nucleação, e está ligado a um pré-amplificador de ganho elevado, baixo ruído e controlado digitalmente. A saída de cada microfone, juntamente com os dados de temperatura e de pressão, é gravada por uma plataforma desenvolvida em MatLab num dos quatro PC's de 1 Terabyte localizados no interior do túnel perto do GESA. Toda a actividade pode ser controlada através da internet/rede a partir da área administrativa do LSBB. A electrónica e o sistema de aquisição de dados foram totalmente desenhados e construídos em Lisboa, incluindo mais de 1700 componentes de montagem superficial e quase 1 km de cabos.

Estação DAQ perto do GESA



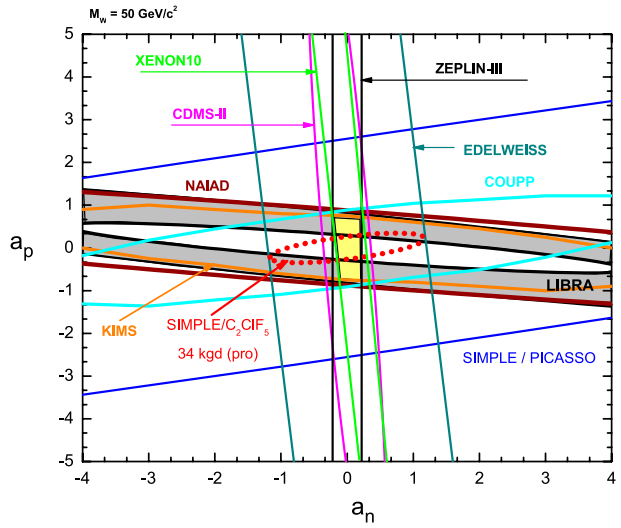


Fig. 3 – Actuais restrições sobre o WIMP-núcleo interação: (a) "spin-independente" e (b) "spin-dependente". Para (a), quanto menor o contorno, melhor, com as σN^{SI} acima do contorno excluídas; para (b), os contornos são bandas ou elipses, com a área exterior excluída.

Os dados, depois de corrigidos para as diferentes calibrações e contribuições de fundos medidos/estimados durante a experiência, são interpretados em termos de interacções tanto WIMP "spin-independentes" (SI) como "spin-dependentes" (SD), as últimas na sequência de um formalismo modelo-independente previamente elaborado pelo Grupo. A Figura 3 mostra os limites actuais das experiências principais em cada sector. Actualmente, as melhores restrições na interacção WIMP-núcleo SI são fornecidas pelos projectos XENON e CDMS, como visto na Figura 3 (a); cada projecto proporciona um contorno na fase espacial de secção de eficaz (σ_N) – massa do WIMP (M_W), com a área acima do contorno excluída pela experiência.

No sector SD, a situação actual é definida pelos projectos KIMS e COUPP, como visto na Figura 3 (b); aqui, cada resultado experimental gera uma banda (alvo núcleo único) ou elipse (alvo multi-núcleo), com a área externa de acoplamento do spin a_p, a_n excluído. O problema com a direcção da actividade actual é que, de experiências sobre a sensibilidade do spin, a maioria dará apenas um limite mais estreito no acoplamento WIMP-neutrão (a_n), com pouco impacto sobre a WIMP-protão (a_p). Os resultados actuais do SIMPLE também são mostrados na Figura, juntamente com as projecções de resultados a partir da medição em curso. Dada a pequena exposição, os resultados actuais podem comparar-se favoravelmente com os projectos principais, com exposições significativamente maiores, e devem servir para medidas com maior impacto.

DO TRABALHO EM EQUIPA AO PRAZER DAS IGUARIAS LOCAIS

A actividade da equipa no LSBB é liderada por Tomoko Morlat, uma investigadora da Universidade de Lisboa no âmbito do programa "Ciência 2007". Morlat passou três anos no Instituto Tecnológico e Nuclear no desenvolvimento químico dos SDDs, e mais de um ano com o grupo concorrente PICASSO no Canadá, antes de regressar ao SIMPLE.
O seu trabalho é complementado pelo doutorando Miguel Felizardo da UNL/FCT, responsável pela electrónica e instrumentação, e pelo líder do projecto, Tom Girard (UL): em conjunto, o grupo trabalhou desde o final de Janeiro deste ano para expandir a área experimental da sua anterior capacidade de sete detectores, e para instalar a nova electrónica e blindagem de água. Existem outros membros da equipa, como José Marques, Ana Cristina Fernandes e Rita Ramos Wahl, que já passaram uma temporada no LSBB.
Um dia de trabalho geralmente consiste em duas sessões de 3,5 h, interrompidas para um almoço comunal perto da entrada do túnel, onde os investigadores das várias actividades no LSBB se concentram para trocar ideias, sugestões e soluções para dificuldades comuns a todos.
Como o LSBB está fechado durante os fins de semana, a *gîte* torna-se frequentemente num pequeno laboratório, com construções e reparações. Os fins

Dra. Tomoko Morlat

de semana são também tempo para reabastecer a cozinha com as diversas iguarias existentes em Apt no seu “mercado” aos sábados de manhã, para as tarefas básicas (lavandaria e limpeza), para relaxar incluindo a exploração da natureza próxima ou simplesmente para recarregar as baterias para a semana seguinte, plena de actividades intensas em condições extremas, não muito habituais para o comum dos mortais, e até para aqueles que dizem “vou até ao laboratório”.

Dr. Miguel Felizardo

Vista da Provença da escapatória no topo da montanha

ANO INTERNACIONAL DA ASTRONOMIA
Um Balanço

Rosa Doran[1]

Está na hora de fazer um balanço do Ano Internacional da Astronomia (AIA2009) . Esta celebração – que é já, a nível mundial, a maior de sempre em termos de nações e instituições envolvidas na divulgação da Astronomia – tem tido ao longo destes oito meses momentos marcantes. Vamos percorrer um pouco as muitas histórias de sucesso registadas a nível nacional.

São já mais de 350 as instituições associadas ao AIA2009. Na agenda estão registadas cerca de 600 actividades das quais cerca de 550 já decorreram. Esse número é bastante conservador, uma vez que nem todos os promotores têm inserido as suas actividades na agenda disponibilizada no site (www.astronomia2009.org). Foram emitidos cerca de 50 comunicados de imprensa e conseguimos monitorizar cerca de 400 notícias que apareceram em edições online e meios de comunicação social.

Muitas têm sido as palestras promovidas por astrofísicos de várias instituições e por todo o país. O objectivo de convidar a comunidade de profissionais a apoiar esta actividade foi o de dar a conhecer a ciência que se faz em Portugal, e nesse sentido todas as instituições que promovem investigação nesta área foram convidadas a participar activamente nas celebrações. Vários foram os cientistas que percorreram o país proferindo palestras sobre temas relacionados com as suas áreas de investigação. Esta iniciativa permite despertar nos estudantes o gosto pela ciência, desmistificar o dogma do "cientista maluco", aproximar as instituições das pessoas e ampliar os horizontes dos estudantes mostrando todo um leque de novas oportunidades.

[1]rosa.doran@nuclio.pt
Secretariado do Ano Internacional da Astronomia / NUCLIO

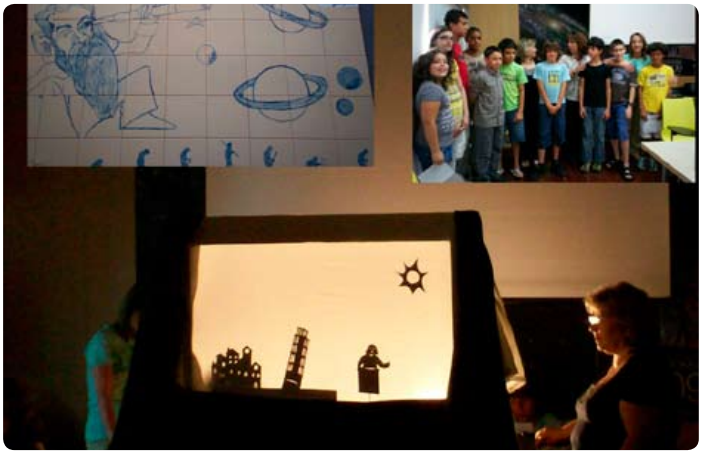
Rui Silva e João Fernandes a dinamizar palestras em escolas

Palestras dinamizadas em escolas de 1º e 2º ciclos do ensino secundário

Mais de 150 palestras foram realizadas, desde o primeiro ciclo até o ensino secundário.
A comunidade de astrónomos amadores e de instituições que regularmente promovem divulgação da ciência foi ao longo destes seis meses incansável, tanto pelo apoio que têm prestado na dinamização de sessões de observação com telescópios, como na dinamização de eventos em colaboração com o AIA2009. Foram já dinamizadas cerca de 140 sessões de observação com telescópios em escolas, bibliotecas, etc.

Muitas escolas adoptaram como projecto de escola a Astronomia e ao longo do ano produziram conteúdos, promoveram actividades que envolveram a comunidade local, organizaram sessões de observação com telescópios, exposições, convidaram cientistas para dinamização de palestras e abriram as suas portas para a comunidade local:

Escola Secundária da Moita



Escola Matilde Rosa Araújo

Escola Secundária Fernando Namora

Vários encontros, feiras e exposições têm sido dinamizados no Continente e nas Ilhas envolvendo as comunidades locais e enriquecendo os esforços de dinamização do AIA2009.

SEMENTES QUE FICAM

Todos os anos internacionais atraem a atenção do público, há sempre fundos disponíveis para dinamização de actividades, a imprensa dedica um espaço especial, as instituições promovem o tema. Contudo, há que pensar na importância de existirem anos temáticos. O objectivo é sempre chamar a atenção sobre um tópico específico e há que garantir que o esforço não desaparece rapidamente. Neste sentido, uma das preocupações da coordenação do AIA foi criar um conjunto de actividades que atingissem todos os públicos, mas também a criação de conteúdos e recursos que continuem úteis e disponíveis após 2009. Um exemplo a referir são os "Cursos de Formação para Professores", que decorrem por todo o país e que até ao final deste ano formarão cerca de 300 professores. Neste momento decorreram já sete sessões de formação e a receptividade e avaliação dos participantes tem sido muito positiva.

Ao longo das formações, os professores tem a possibilidade de renovar os seus conhecimentos, aprender noções básicas sobre a utilização de telescópios e receber uma breve introdução sobre a utilização das novas tecnologias como ferramenta de ensino de conteúdos científicos. Até o final do ano serão também produzidos vários conteúdos de apoio ao ensino da astronomia nas escolas. Outro importante recurso será a criação de uma rede de contactos onde todas as pessoas poderão facilmente encontrar instituições ou indivíduos que possam apoiar as suas actividades, responder às suas questões, etc. Não menos importante será a tão esperada tradução do mais importante livro de Galileu Galilei, o "Siderius Nuncius", que será editado pelo Professor Henrique Leitão, um investigador que tem feito um trabalho de extrema importância acerca do papel dos jesuítas na "globalização" da revolução iniciada por Galileu.

Festa das Estrelas dinamizadas pelo NUCLIO no Centro de Interpretação Ambiental da Ponta do Sal

MOMENTOS MARCANTES

Todas as iniciativas foram importantes e a Comissão está muito contente pelo forte empenho de todas as instituições. Seria impossível fazer uma retrospectiva de todos os momentos marcantes e inovadores num espaço limitado, fazendo justiça a todo o esforço investido por tantos. Assim, limitamo-nos a listar algumas destas iniciativas tendo a certeza absoluta de que muito fica por dizer.

As **100 horas da Astronomia** foi a actividade com mais atracção mediática. A nível mundial foi promovida uma fascinante volta ao mundo em 80 telescópios. Ao longo de 24 horas vários observatórios abriram as suas portas, e cientistas deram a conhecer a ciência que se faz e promoveram uma visita guiada aos equipamentos. A nível nacional foram dinamizadas cerca de 66 iniciativas, fazendo de Portugal o quinto país do mundo em número de acções. Desde sessões de observação com telescópios até um inovador acampamento no Planetário de Espinho, que valeu uma menção honrosa, por parte dos organizadores das 100 Horas, à Fundação Navegar. O evento culminou com um prémio para a Professora Ana Maria Mourão (IST)[1], pela sua coragem e determinação em percorrer várias ilhas do arquipélago dos Açores, incluindo a Ilha do Corvo, sob condições meteorológicas muito adversas.

A concentração de telescópios em Moimenta da Beira foi outro momento marcante: mais de 40 astrónomos amadores com seus telescópios reuniram-se no local e proporcionaram aos participantes a oportunidade de observar algumas maravilhas do nosso Universo – Saturno e seus anéis, a Nebulosa do Anel, Enxames Globulares, etc. Uma inovação foi o lançamento de um vinho, com um rótulo dedicado ao AIA2009 (em baixo).

O Lançamento da colecção de selos europeus dedicados ao AIA2009 decorreu na Madeira com a presença do Presidente da Sociedade Portuguesa de Astronomia, o Dr. Miguel Avillez.

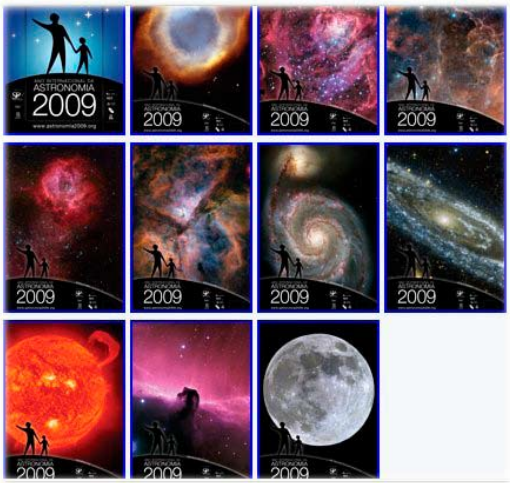
A belíssima exposição **"Da Terra ao Universo"**, um conjunto de 11 imagens em grande formato, já está em exibição em mais de 40 localidades, espalhados pelas ruas,

(1) ver notícia na página 35 deste número da Gazeta de Física

NUCLIO – NÚCLEO INTERACTIVO DE ASTRONOMIA

O NUCLIO é uma associação, sem fins lucrativos, de astrónomos profissionais e amadores, professores e divulgadores de ciência, que se dedica à divulgação e ensino das ciências. Criada há 8 anos, a associação tem promovido uma grande diversidade de projectos: sessões de observação com telescópios; ciclos de palestras; realização de oficinas temáticas; feiras de ciência; formação de professores; promoção de projectos científicos em escolas do 3º ciclo e Ensino Secundário; promoção de sessões *hands-on* para escolas.
Desde 2004 o NUCLIO faz parte de um consórcio europeu, que neste momento congrega 14 países, o *European Hands-on Universe*. O Projecto "EU-HOU", recebeu a medalha de prata da Comissão Europeia durante a conferência "Inovação e Criatividade", no âmbito do programa de Aprendizagem ao Longo da Vida: Criação, Inovação e Cooperação, na categoria "Tecnologias de Informação e Comunicação". O consórcio é parte de uma associação mundial que promove o ensino da astronomia recorrendo às novas tecnologias. Actualmente são cerca de 50 os países que participam desta iniciativa. Em Portugal, mais de uma centena de professores já receberam formação na utilização das novas tecnologias para ensino de conteúdo curricular. No âmbito de uma parceria com a Câmara Municipal de Cascais, que já dura há mais de três anos, o NUCLIO promove mensalmente, no Centro de Interpretação Ambiental em São Pedro do Estoril: palestras proferidas por cientistas seguidas de sessões de observação do céu nocturno com telescópios; sessões lúdico-pedagógicas para crianças durante as quais aprende-se ciência a brincar; sessões para escolas compostas por actividades práticas, palestras e sessões de observação do Sol.
Além destas actividades, o NUCLIO também promove a dinamização de feiras e festas dedicadas à Astronomia e a produção de exposições temáticas. O NUCLIO mantém ainda um portal na internet onde disponibiliza conteúdos diversos: notícias, artigos sobre temas específicos, imagens astronómicas, etc. Em 2009 o NUCLIO tem colaborado com a comissão nacional para o Ano Internacional da Astronomia 2009 (AIA2009) apoiando a realização de observações com telescópios para as instituições na região de Lisboa, a formação de professores e participando activamente em todos os programas propostos pelo AIA2009. O NUCLO é também o representante em Portugal do programa mundial de formação para professores "Galileo Teacher Training Program" (ver secção "Sala de Professores" nesta edição da Gazeta), um dos programas-chave do AIA2009 a nível internacional. O caminho percorrido até agora tem sido árduo, mas os frutos que vamos colhendo mais do que justificam o esforço. Todos saímos mais ricos de cada jornada, com a sensação de que aquele pedacinho de mundo por onde passámos ficou um pouquinho melhor,

bibliotecas, centros comerciais e escolas. Em alguns locais, as imagens foram produzidas em telas que foram espalhadas pela cidade, como por exemplo na Ilha do Pico, onde em plena praça central era possível encontrar uma fantástica imagem de Júpiter e a sua enorme mancha, ou Saturno preso entre árvores por cima de uma paisagem espectacular. (as imagens originais estão em: *http://www.astronomia2009.org/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=36&Itemid=127)*



Outro momento inesquecível foi a exibição de livros de Astronomia pela Biblioteca Nacional, a exposição "**Estrelas de Papel**". A exposição fez-se acompanhar por um catálogo compilado pelo Professor Henrique Leitão, comissário da exposição. Pedacinhos da história da Astronomia no mundo e em Portugal a não perder.

Outro momento marcante foi a **Noite das Estrelas**: várias localidades aderiram a esta iniciativa cujo objectivo era alertar as pessoas para o crescente problema da poluição luminosa. Em várias cidades, as luzes de determinas regiões foram apagadas. Belém em Lisboa, Santuário do Bom Jesus em Braga, Baía de Cascais, foram alguns dos locais que viram as suas luzes desligadas e, por um par de horas, as pessoas puderam apreciar um céu muito mais estrelado do que a comum escassez de estrelas. A iniciativa pretendeu promover informação importante sobre formas inteligentes / mais eficientes de iluminação pública. A população foi convidada a redescobrir os seus céus. A iniciativa teve uma grande adesão e um bom destaque por parte dos média; contudo, só poderemos dizer que foi bem sucedida se, como consequência, as autoridades locais começarem a pensar em formas alternativas

Jogo sobre o Sistema Solar onde os participantes são os peões. Esta divertida actividade é dinamizada no âmbito dos Domingos Divertidos (actividade lúdico-pedagógica realizada mensalmente no Centro de Interpretação Ambiental da Ponta do Sal em S. P. Estoril, Cascais).

Conhecer as fases da Lua com bolachas Oréo. As crianças descobrem as fases da lua e depois deliciam-se com as bolachas. Outra actividade dinamizada no âmbito dos Domingos Divertidos (actividade lúdico-pedagógica realizada mensalmente no Centro de Interpretação Ambiental da Ponta do Sal em S. P. Estoril, Cascais).

Estudantes da Escola Secundária Fernando Namora a simular um rover em Marte. Parte de um projecto apoiado por um especialista em Geologia Planetária , associado do NUCLIO.

Sessão de Formação de Professores no âmbito do programa EUHOU decorrida no Instituto Geográfico do Exército.

de iluminação. As vantagens são muitas: poupança de energia, uma maior consciencialização para o problema da poluição luminosa e, claro, recuperar a beleza do céu nocturno – passo fundamental para que as pessoas possam redescobrir o seu lugar no Universo.

O QUE ESPERAMOS AINDA

São muitas as actividades que ainda estão por vir nesta celebração que vai entrar por 2010.
Em Outubro vão decorrer as **Noites de Galileu**. Durante três noites – 22, 23 e 24 de Outubro – as instituições serão convidadas a promover actividades. A exemplo das 100 horas da astronomia espera-se uma grande adesão com promoção de um largo espectro de actividades: sessões de observação do Sol e céu nocturno com telescópios, dinamização de palestras, oficinas pedagógicas, etc. O astro em destaque será Júpiter e as suas luas, os quatro satélites naturais do planeta observados por Galileu.

E agora eu sou Galileu (EASG) – Esta iniciativa, que convida todos os portugueses a reproduzir as observações de Galileu, continua até ao final do ano, com várias sessões. Nos próximos meses, os objectos de destaque no âmbito do EASG serão o Sol, Júpiter e a Lua. As observações do planeta Júpiter e seus satélites, da Lua e suas crateras ou das manchas do Sol através de um telescópio têm sempre um grande impacto, nomeadamente em pessoas que nunca antes tinham espreitado por um. É surpreendente e entristecedor que 400 anos depois de Galileu, e sabendo que qualquer telescópio, mesmo aqueles conjuntos de brinquedo que encontramos nos supermercados, nos permitem reproduzir as observações de Galileu, a maior parte das pessoas não se permita este privilégio.
Um bom exemplo de telescópio minimalista mas eficiente é o "Galileoscope", um dos projecto-chave do AIA2009 a nível internacional, que promoveu a produção de telescópios com baixo custo e em quantidade suficiente para atender pedidos de todo o mundo. A comissão nacional do AIA2009 tenta ainda encontrar parceiros para a produção de um kit de astronomia que pretende estimular o espírito de descoberta. Um telescópio do tipo "Galileoscope" seria uma das componentes deste kit . O objectivo da sua disponibilização a um baixo custo é ser um convite a todos, a descobrir os céus e seus fascínios.

No dia 25 de Setembro decorrerá a **Noite dos Investigadores**. O AIA2009 foi convidado a marcar presença em actividades que decorrerão em Lisboa, Porto, Faro e Coimbra. Em todos os locais promotores estará patente a exposição "Da Terra ao Universo", estarão presentes astrofísicos e astrónomos amadores para promover conversas e ciência e sessões de observação com telescópios. A acção está a ser organizada por investigadores do ITQB e Instituto Gulbenkian de Ciência.

Em Novembro outro importante momento, a participação do AIA no **encerramento do Ano do Planeta Terra**, que decorrerá no Pavilhão do Conhecimento. O programa, a ser disponibilizado pela organização do AIA, ainda está em elaboração.

Para encerrar este segundo capítulo fica a sugestão e o desejo de que todos tornem de observar os céus *um hobby,* que devia ser praticado sempre. Os céus não têm preço nem fronteiras, são de todos, e só nos resta cultivar o que é mais importante – a vontade de os conhecer. Esperamos que durante 2009 e mesmo depois todos partam a descoberta do nosso Universo.

As iniciativas do AIA 2009 em Portugal são financiadas pela Agência Nacional para a Divulgação Científica – Ciência Viva, Fundação Calouste Gulbenkian, Fundação para a Ciência e Tecnologia e European Astronomical Society.

Proeminências solares

O eclipse de 29 de Maio de 1919 A.S. Eddington e os astrónomos do Observatório da Tapada

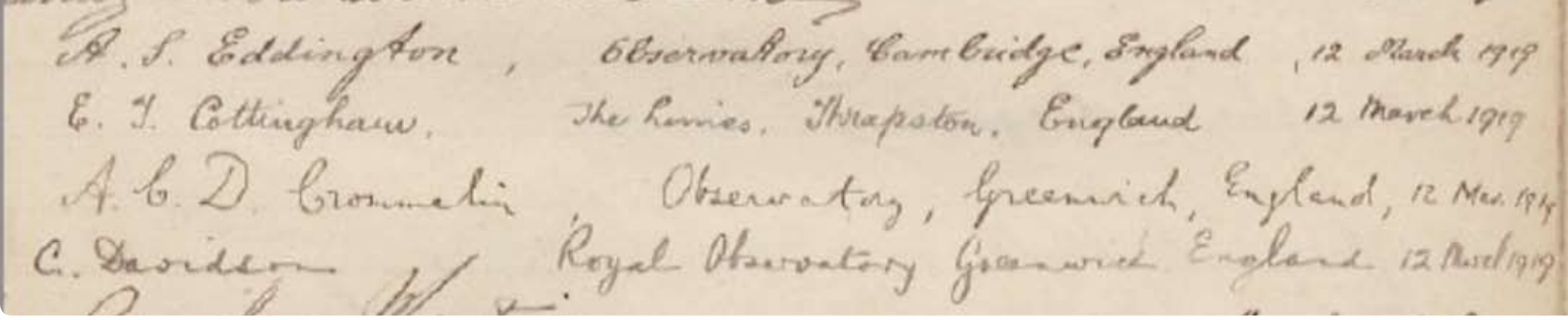
Paulo Crawford
Centro de Astronomia e Astrofísica
Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Ana Simões
Centro Interuniversitário de História das Ciências e Tecnologia
Faculdade de Ciências Universidade de Lisboa

Uma das experiências de física mais importantes do século XX fez precisamente noventa anos neste Ano Internacional da Astronomia. A concretização dessa experiência ficou a dever-se à persistência e visão do astrónomo real britânico, Sir Frank Watson Dyson (1868-1939) que, com o auxílio de Sir Arthur Stanley Eddington (1882-1944), organizou duas expedições a dois locais remotos dos trópicos, para observar o eclipse total do Sol de 29 de Maio de 1919.

Uma delas, liderada por Eddington, dirigiu-se à ilha do Príncipe, território na altura sob administração portuguesa. A outra, chefiada por Andrew Crommelin, dirigiu-se ao Sobral, no nordeste do Brasil. As expedições tinham por objectivo verificar o encurvamento dos raios luminosos no campo gravítico do Sol. Na altura, a preocupação dos astrónomos ingleses era decidir entre a teoria da gravitação de Isaac Newton e a nova teoria da gravidade de Albert Einstein, a Teoria da Relatividade Geral (TRG). Qualquer dessas teorias previa que a luz, proveniente de uma estrela, ao rasar o bordo do Sol sofreria um ligeiro encurvamento, sendo a previsão da teoria de Einstein dupla da previsão feita com base na teoria de Newton.

Neste artigo começamos por recordar o contexto da expedição de Eddington ao Príncipe, para depois

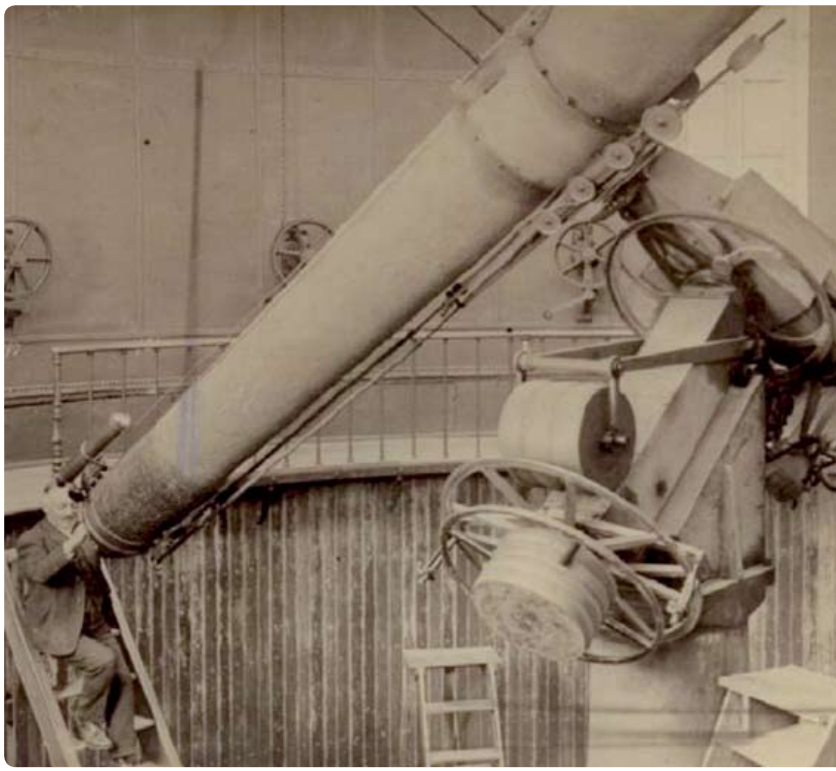


Assinaturas dos astrónomos no livro de visitas do OAL.

discutirmos dois aspectos relacionados envoltos em polémica, na sequência da crítica à qualidade das observações realizadas por Eddington e à sua isenção por ocasião da sua avaliação final. Depois debruçamo-nos sobre o impacto desta expedição em Portugal, nomeadamente no que diz respeito aos astrónomos portugueses associados ao Observatório Astronómico de Lisboa (OAL), também conhecido por Observatório da Tapada, instituição contactada por Eddington, esclarecendo as razões da ausência de astrónomos portugueses no Príncipe e avaliando as suas reacções posteriores.[1]

A MISSÃO DE UM ASTRÓNOMO NO EQUADOR AFRICANO

A Primeira Guerra Mundial dificultou muito a troca de informações entre cientistas. Porém, pouco depois de Einstein ter publicado o artigo sobre TRG (1915, 1916) o astrónomo holandês Willem de Sitter (1872-1934) obteve uma cópia e enviou-a a um jovem e brilhante astrofísico inglês, capaz de entender as cogitações e os cálculos aí apresentados pelo físico alemão. Como astrónomo e também teórico de raro talento, Eddington rapidamente reconheceu a elegância, os fundamentos lógicos e o potencial da nova teoria e apostou na disseminação das ideias de Einstein não só na Grã-Bretanha como nos Estados Unidos da América. Preparou e publicou em 1918 um trabalho sobre relatividade geral intitulado *Report on the Relativity Theory of Gravitation*, que seria novamente publicado em Londres em 1920.[2] Se Eddington conhecia a previsão einsteiniana do encurvamento dos raios luminosos, possivelmente ainda antes do contacto com de Sitter, eram muito poucos os astrónomos que com ele partilhavam esse conhecimento. O pequeno grupo incluía o alemão Erwin Finlay-Freundlich (1885-1964), o americano Charles Dillon Perrine (1867-1951), o holandês de Sitter, os ingleses pai e filho Lindemann e Dyson. Alguns estavam a par desta novidade já desde 1911, outros tinham participado em expedições para observação de eclipses solares com esse objectivo, outros ainda tinham explorado alternativas comprovativas que não dependessem da ocorrência de eclipses solares, e que incluíam a discussão do teste do encurvamento da luz rasante à superfície de Júpiter, o planeta mais pesado do sistema solar, ou tinham procurado desenvolver técnicas fotográficas que permitissem fotografar estrelas com magnitudes entre 3 e 2 durante o dia. Em Março de 1917, Dyson chamara a atenção para o eclipse total previsto para Maio de 1919, assinalando tratar-se de uma excelente oportunidade para testar a TRG, pois o Sol teria como fundo a constelação das Híadas, muito rica em estrelas brilhantes.
Quanto aos restantes astrónomos e equipas que organizavam expedições no início do século XX para observação desses acontecimentos raros, faziam-no por razões mais tradicionais, ora no contexto da astronomia de posição com o intuito de determinar rigorosamente o instante do segundo e terceiro contactos, que marcam a duração da totalidade, ora no contexto da emergente física solar para desvendar as características químicas e físicas da superfície solar. Por tudo isto, muito poucos astrónomos estavam dispostos a arriscar, em tempo de guerra, uma aventura ao equador a um local particularmente inóspito e isolado, onde ainda se respiravam ares de escravatura, para verificar uma consequência astronómica de uma teoria física igualmente singular.



Melo e Simas no Grande Equatorial

Nos preparativos para a expedição ao Príncipe, a Royal

[1] Informação e referências detalhadas sobre a apropriação da relatividade pelos astrónomos portugueses encontra-se em Elsa Mota, Paulo Crawford, Ana Simões, "Einstein in Portugal: Eddington's expedition to Príncipe and the reactions of Portuguese astronomers (1917-1925), British Journal for the History of Science, (2008), versão on-line doi:10.1017/S0007087408001568. O ponto de vista da comunidade internacional de astrónomos é dado em J. Crelinsten, Einstein's jury. The race to test relativity (Princeton: Pricenton University Press, 2006).
[2] A.S. Eddington, Report on the Relativity Theory of Gravitation (Londres: Fleetway Press, 1920)

Society of London estabeleceu contactos prévios com a Sociedade de Geografia de Lisboa (SGL) e com o OAL. A participação do OAL passou muito especificamente pelo controlo de alguns aspectos de ordem logística, como atesta a correspondência trocada entre Eddington e os então director e subdirector do observatório, Vice-Almirante Campos Rodrigues e coronel Frederico Oom, respectivamente. No contacto estabelecido, Eddington e a sua equipa tentaram garantir o apoio das autoridades da ilha, auxílio na marcação das viagens de vapor, uma possível presença de intérpretes bem como informações sobre recursos materiais e humanos de que poderiam dispor na sua estada na ilha.

A 8 de Março de 1919, cerca de quatro meses após ter sido assinado o armistício, as duas expedições, chefiadas por Eddington e Crommelin, largaram do porto de Liverpool a bordo do *H.S.M. Anselm* e dirigiram-se para a ilha da Madeira. Aí separaram-se. A equipa que se dirigia ao nordeste brasileiro, continuou a bordo do *Anselm*, chegando ao Pará a 23 de Março. A equipa de Eddington permaneceu no Funchal várias semanas a aguardar transporte. A 3 de Abril embarcaram finalmente no cargueiro Portugal, da Companhia Nacional de Navegação, em direcção ao Príncipe, situado um grau acima do equador. A 23 de Abril, entraram no pequeno porto de S. António.

O sucesso da expedição foi, do ponto de vista de Einstein, total. Os valores observados no Príncipe foram 1.6″±0.3, e no Sobral 1.98″±0.12, intervalos compatíveis com o valor previsto (1.75″). Para Eddington, o momento em que mediu a imagem de uma estrela e verificou que a gravidade do Sol tinha encurvado o espaço através do qual a luz tinha viajado, foi o momento mais marcante da sua vida. Mais tarde haveria de recordar os momentos de duração do eclipse, de enorme beleza, esperança e muito azáfama, em termos poéticos:[3]

> Toda a nossa atenção estava na "Caixa-da-sombra". Passava-se um espectáculo maravilhoso acima de nós, e, como as fotografias revelaram posteriormente, a proeminência de uma chama fazia pose a cem mil milhas acima da superfície do Sol. Mas nós não tínhamos tempo nem para um rápido olhar. Só tínhamos consciência de meia-luz estranha da paisagem e da agitação da natureza, quebrados pelas chamas dos observadores, e o batimento do metrónomo que media os 302 segundos da totalidade.

Quando em 6 de Novembro de 1919 foi anunciado na célebre reunião conjunta da Royal Society of London e da Royal Astronomical Society que as medidas efectuadas pelos astrónomos britânicos confirmavam as previsões da TRG,[4] físicos e astrónomos não puderam deixar de partilhar o vaticínio do patriarca J.J. Thomson, que presidiu à sessão:[5]

> Este é o resultado mais importante relacionado com a teoria da gravitação desde os tempos de Newton, e é adequado que seja anunciado numa reunião da Sociedade que tão identificada está com ele. Se a confirmação dos raciocínios de Einstein se mantiver – e acabam de sobreviver a dois testes muito severos ligados ao periélio de Mercúrio e ao presente eclipse – então esta teoria é um dos maiores monumentos do pensamento humano.

Na senda da afirmação de J.J. Thomson convém recordar que alguns historiadores das ciências e cientistas, ao discutirem o resultado das três previsões da TRG – o encurvamento dos raios luminosos, o avanço do periélio de Mercúrio e o desvio gravitacional para o vermelho – defenderam que a explicação do avanço do periélio de Mercúrio desempenhou um papel ainda mais importante na aceitação da nova teoria do que as outras confirmações. Muito mais importante mas talvez menos espectacular. Porque apesar de não estar associada a uma previsão de um facto novo, consubstanciava uma explicação de um facto bem conhecido desde há muito e, por isso mesmo, permitia explicar algo que persistentemente tinha desafiado décadas de tentativas explicativas.[6]

PRECONCEITOS DESFEITOS

Especialmente a partir dos anos 70 do século XX, foi difundida a ideia de acordo com a qual as observações de 1919 não constituíram uma experiência decisiva. Por um lado, entre os físicos, chamava-se a atenção para a falta de rigor das observações. Por exemplo, só duas das 16 chapas utilizadas na ilha do Príncipe registavam 5 estrelas cada, o número mínimo para viabilizar um tratamento estatístico. E por outro, mais grave ainda, num artigo de dois filósofos da ciência, John Earman e Clark Glymour, publicado em 1980,[7] Eddington e seus colaboradores, no que respeita às observações do Sobral, eram acusados de eliminarem dados que favoreciam a previsão da teoria de Newton, insinuando-se que os dados de observação teriam sido interpretados abusivamente de modo a rejeitar a teoria newtoniana. Esta crítica apoiava-se numa concepção subliminar

[3] A.S. Eddington, Space, Time and Gravitation: an outline of the general relativity theory (Nova Iorque: Harper Row, 1959, 1ª edição 1920), p.115.
[4] F. W. Dyson, A. Eddington, C. Davidson, "A determination of the deflection of light by the sun's gravitational field, from observations made at the total solar eclipse of May 29, 1919", Royal Society of London. Philosophical Transactions A 220 (1920), 291-333.
[5] J.J. Thomson, "Joint eclipse meeting of the Royal Society and the Royal Astronomical Society", Observatory 42 (1919), 389-98, 394.
[6] S.G. Brush, "Prediction and theory evaluation: the case of light bending," Science 246 (1989), 1124-1129; "Why was relativity accepted?", Physics in Perspective, 1 (1999), 184-214. Só muito mais tarde, em 1960, a verificação do deslocamento para o vermelho num campo gravítico seria corroborada, por Robert V. Pound e Glenn A. Rebka, usando a torre de 22,6 metros de altura do Laboratório de Física de Jefferson, na Universidade de Harvard.
[7] J. Earman, C. Glymour, "Relativity and eclipses: the British expeditions of 1919 and their predecessors," Historical Studies in the Physical Sciences, 11 (1980), 49-85.

1918 Nov. 11

Dear Sir

The Royal Society and Royal Astronomical Society propose to send an expedition to the island of Principe to observe the total eclipse of May 29. The party will consist of Mr Cottingham and myself, and we shall devote ourselves to measuring the deflection of light (if any) by the sun's gravitational field with a view to testing Einstein's theory of gravitation. You doubtless know that the 1919 eclipse is exceptionally favourable for this purpose.

I venture to ask if you or your scientific colleagues in Lisbon could help us in regard to two matters. I suppose that for accomodation and facilities we should have to rely on the hospitality of one of the Portuguese companies occupying the island. Would it be possible for you to make inquiry of these companies and to put us in touch with the the most suitable one so that we could make arrangements with them beforehand?

I hope that the great scientific importance of the investigation we hope to carry out will excuse my troubling you on these matters. You will understand how difficult it is for us in England to obtain the necessary information. I expect the expedition would leave England about the end of February.

Sir Frank Dyson who is Chairman of the Committee arranging the expedition, has told me of your kindness to the English Observers on a former occasion; and he desires to be remembered to you.

Yours very sincerely

A.S. Eddington

Alguns recortes da carta do Eddington (11 de Novembro de 1918) para o Director do OAL, Vice-Almirante Campos Rodrigues.

de um Eddington antecipadamente favorável à teoria de Einstein por motivações não exclusivamente científicas.

Talvez movido pela ânsia de contribuir para a reconciliação internacional durante (e logo após) a I Guerra Mundial, o astrónomo inglês teria sido levado a proclamar a vitória da teoria de um cientista alemão, que brevemente se viria a tornar um dos mais célebres cientistas de sempre. Com efeito, para além de ser um dos poucos astrónomos a par das consequências astronómicas da teoria da relatividade geral, como já vimos acima, Eddington era um pacifista e objector de consciência por motivos religiosos. Era membro dos quakers. Em vias de ser chamado a alistar-se e ser preso na sequência da sua esperada recusa, Dyson negociou a sua chefia da expedição como alternativa ao serviço militar. E Eddington encarou-a no espírito das missões que os quakers organizavam por toda a Europa, ajudando as populações em sofrimento na sequência da guerra, independentemente da sua nacionalidade.[8]
Sabemos hoje que as decisões mais importantes na análise dos dados foram tomadas por Dyson, que era de certa maneira céptico em relação à teoria da relatividade e não podia ser considerado um ardente pacifista como Eddington.[9] Efectivamente a letra manuscrita de Dyson aparece nas notas da redução de dados do Sobral, em várias passagens importantes enquanto que a letra de Eddington não aparece em nenhum lado. E uma reanálise das chapas do Sobral levada a cabo pelo Observatório de Greenwich em 1979, usando uma máquina moderna para medir as posições das estrelas nas chapas e recorrendo depois a um software de redução de dados astrométricos, especialmente escrito com este objectivo, veio apoiar os resultados apresentados por Dyson e mostrar que a eliminação das chapas pela equipa de Dyson e Eddington não afectou as conclusões da observação do eclipse solar de 1919.

Senão vejamos. No Sobral, a equipa liderada por Crommelin dispunha de dois instrumentos, mas tendo falhado o telescópio principal com lentes astrográficas, ficou reduzida a um instrumento de recurso com lentes de 4 polegadas, com menor campo de visão do que o das lentes astrográficas, escolhido especialmente para as observações do eclipse de 1919 por ser capaz de registar maior número de estrelas (maior campo de visão). O defeito do instrumento principal traduziu-se numa perda do foco durante o eclipse, por aquecimento do coleostato, o que fez com que as estrelas registadas nas chapas apresentassem umas riscas que tornavam muito difícil calcular correctamente o seu deslocamento relativamente às posições nas chapas de comparação tiradas dois meses mais tarde, com o instrumento novamente focado. Tudo leva a crer que foi Dyson quem decidiu ignorar os resultados das placas astrográficas (0.93″) que efectivamente favoreciam, numa primeira análise, a previsão newtoniana. Já depois da célebre comunicação na sessão conjunta da Royal Society of London e da Royal Astronomical Society, Dyson voltou a reanalisar as chapas tiradas pelo astrográfico e obteve um valor para a deflexão 1.52″ (sem indicação do erro), já muito próximo da previsão de Einstein. Muito mais tarde, a equipa a que nos referimos acima do Observatório de Greenwich obteve uma deflexão de 1.55″± 0.34″. Assim, é legítimo concluir que não existe qualquer fundamento para admitir que um qualquer preconceito pessoal tenha desempenhado um papel criticável na análise dos dados do eclipse. Pelo contrário, existem boas razões para acreditar que houve extremo cuidado na análise dos dados decorrentes das observações realizadas no Príncipe e no Sobral pelos astrónomos britânicos, incluindo Eddington, e que estas se revelaram consistentes com a TRG de Einstein. A suspeita de má prática científica amplamente difundida entre cientistas e público leigo não tem pois qualquer razão de ser.

OS ASTRÓNOMOS PORTUGUESES E A RELATIVIDADE

Tendo a TRG nascido na interface da física, astronomia e matemática não é de admirar que diferentes comunidades de especialistas respondessem a ela de maneiras diferentes. Se a recepção da teoria da relatividade, nas suas versões restrita (TRR) e geral (TRG), tem recebido grande atenção da parte da comunidade internacional de historiadores da ciência, o caso português tem sido pouco estudado no contexto internacional. No plano nacional, este tópico tem recebido atenção principalmente no que concerne à recepção da teoria por parte da comunidade de matemáticos.[10] Propomo-nos aqui dar a conhecer algumas contribuições recentes que apresentam uma outra faceta desta história e que não se compadecem de afirmações redutoras como a que foi publicada recentemente num jornal diário onde se afirmava: "experiências de Eddington no Príncipe importantes para perceber atraso científico português."[11]

O astrónomo Manuel Peres (1888-1968), na época director do Observatório Campos Rodrigues em Moçambique e mais tarde director do OAL, tentou acompanhar a expedição inglesa, mas sem êxito pois não conseguiu ultrapassar uma série de questões burocráticas. O mesmo não sucedeu com

[8] M. Stanley, "'An Expedition to heal the wounds of war'. The 1919 eclipse and Eddington as Quaker adventurer", ISIS, 93 (2003), 57-89; Practical Mystic: Religion, science and A.S. Eddington (Chicago: Chicago University Press, 2007).
[9] D. Kennefick, "Testing relativity from the 1919 eclipse – a question of bias", Physics Today, 62 (2009) 37-42.
[10] D. Lopes Gagean, M. Costa Leite, "General relativity and Portugal: a few pointers towards peripheral reception studies" in J. Eisenstaedt, A.J. Kox, orgs., Studies in the History of General Relativity (Boston: Birkhäuser, 1988), pp. 3-14; A. J. Fitas, "A Teoria da Relatividade em Portugal no Período entre Guerras", Gazeta de Física, 27 (2004), 4-10.
[11] Jornal de Notícias, 22 Maio 2009.

a expedição ao Sobral, no Brasil, na qual um grupo de astrónomos brasileiros, chefiados por H. Morize (1860-1930), do Observatório do Rio de Janeiro, acompanhou os ingleses e realizou observações de física solar. Tinham, pois, objectivos distintos dos que motivavam a equipa britânica e, aliás, não contactaram praticamente com ela devido ao obstáculo linguístico. O contraste entre as reacções dos astrónomos brasileiros e portugueses não pode, por isso, ser justificado pelas razões habitualmente referidas na literatura que, da constatação da ausência de portugueses, inferem o seu desinteresse por estas questões.

Goradas que foram as suas expectativas relativamente à participação na expedição, Manuel Peres veio a tornar-se um adepto das ideias relativistas. Em 1922, organizou o 20º Congresso da Associação da África do Sul para o Progresso da Ciência, em Lourenço Marques, e dirigiu a secção de Astronomia e Matemática. Na sua comunicação inaugural abordou as relações entre astronomia e física para concluir: "(...) Como sabem, a principal confirmação dos pontos de vista de Einstein depende de observações astronómicas. (...) Portanto, no caminho do seu desenvolvimento a física chega a uma bifurcação; espera que a astronomia possa dizer qual dos dois caminhos deve seguir."[12] Entre 1922 e 1923, escreveu um opúsculo no qual discute a relatividade restrita, segundo se depreende de manuscritos encontrados no Arquivo do OAL, mas apesar da insistência de Oom o livro nunca será publicado. Opondo o tempo metafísico newtoniano ao tempo físico eisteiniano, o seu texto introdutório reflecte as preocupações do director de um observatório colonial, construído e equipado na tradição do OAL, que foi o primeiro observatório português a transmitir a hora solar local, medida pela pêndula do observatório, por telegrafia sem fios, para o relógio público do porto. Assim, foi a prática de astronomia posicional associada ao Serviço da Hora que norteou o interesse de Peres pela TRR.

Até aos finais dos anos 20 do século XX, dois outros astrónomos, tal como Peres associados ao OAL, participaram na apropriação da teoria da relatividade em Portugal. Foram eles A. Ramos da Costa (1875-1939) e M. S. Melo e Simas (1870-1934). Ramos da Costa publicou, em 1921 e 1923, dois pequenos livros sobre a teoria da relatividade.[13] Neles contrasta a física newtoniana e a einsteiniana, discute os fundamentos da relatividade restrita e geral e defende a adopção da física einsteiniana com base em critérios de conveniência. Mais uma vez, o seu interesse por estas questões decorreu da sua associação ao Serviço da Hora, estando a seu cargo a transmissão horária no porto de Lisboa. E não será uma coincidência que no mesmo ano em que publicou o seu primeiro livro sobre relatividade publicou também o *Tratado Prático de Cronometria*, em que dedicava um capítulo inteiro à medida do tempo. Nestes livros definia o tempo operacionalmente: "na superfície terrestre o tempo é transmitido por telegrafia sem fios de tal forma que o tempo corresponde à passagem de um sinal hertziano pelas estações cujos relógios se pretendem sincronizar."[14] O seu proselitismo em prol da relatividade traduziu-se ainda por um artigo apresentado em 1924 num congresso internacional de matemática em Toronto em que fazia uma apologia da re-orientação do ensino da matemática norteado pela nova teoria.
O outro astrónomo do OAL a que nos referimos foi Melo e Simas. Na altura da expedição encontrava-se em França a participar na Grande Guerra. Oficial de artilharia, comungou dos ideais da Primeira República, com a sua ênfase no positivismo e cientismo, foi ministro da instrução pública e um convicto divulgador da ciência. Pouco antes da expedição para reconfirmação do encurvamento, durante o eclipse solar de Setembro de 1922 observável na Austrália, publicou um artigo sobre relatividade nos apêndices do Almanaque do OAL, em Julho de 1922, do qual destacamos afirmações que vão no sentido das de Peres:[15]

> O nome de um alemão atrai neste momento as nossas simpatias e a admiração ou curiosidade de todo o mundo culto e não culto. (...) é certo ser a Astronomia das ciências que mais tem a utilizar da teoria da Relatividade, fornecendo-lhe, em troca, as melhores das suas confirmações (...)

Poucos meses depois, promovia um ciclo de 13 conferências sobre a teoria da relatividade, que se iniciou em Novembro de 1922, em Lisboa na Universidade Livre, uma das criações da Primeira República. Estas palestras, proferidas aos domingos de manhã, no espírito dos sermões laicos de Thomas Henry Huxley, contaram, segundo os jornais da época, com uma grande afluência de público. Porém, a veia divulgadora de Melo e Simas já vinha detrás, dos tempos em que este açoriano contribuía regularmente para o jornal "A Folha" com artigos sobre diversos tópicos de astronomia, entre os quais destacamos um dedicado à "Mulher na Astronomia" (1903).
Pelo que sabemos é o único astrónomo português a tentar acomodar os novos conhecimentos na sua prática científica. Assim, numa comunicação de 1924 à Academia das Ciências de Lisboa, descreve como, a propósito de um pedido feito pela *Astronomische Nachrichten*, fez no OAL a obser-

[12] Manuel Peres, "The role of astronomy in the development of science," South African Journal of Science, 19 (1922), 32-41, 41.
[13] A. Ramos da Costa, A Teoria da Relatividade (Lisboa, 1921); Espaço, Matéria, Tempo ou a Trilogia Einsteiniana (Lisboa, 1923)
[14] A. Ramos da Costa, A Teoria da Relatividade (Lisboa, 1921), p.34.
[15] M.S. Melo e Simas, "A teoria da relatividade," Almanaques de 1924 (Lisboa: OAL, 1922), 43-57, 43-44.
[16] M.S. Melo e Simas, "Ocultação de uma estrela por Júpiter," Jornal de Sciências Matemáticas, Físicas e Naturais da Academia de Sciências de Lisboa 5 (1926), 115-22, 115.

vação da ocultação de uma estrela pelo planeta Júpiter, no dia 7 de Maio de 1923. E explica que:[16]

> O processo consistiu em determinar a posição relativa dos dois astros alguns minutos antes e depois da ocultação, por forma que, partindo da posição de um deles, se pudesse calcular a do outro para certo e determinado momento, obtendo-se assim não só uma série de verificações, difíceis de alcançar por outra forma, mas ainda meios para deduzir os efeitos de qualquer influência na própria ocultação, quer provenientes da irradiação luminosa, quer da atmosfera do planeta, quer ainda de não se ter entrado no cálculo com a teoria da relatividade.

Mas é levado a concluir que embora os resultados revelassem "uma certa tendência no sentido apontado pela teoria da relatividade," os outros efeitos em acção produziam desvios no mesmo sentido, funcionando como obstáculos à verificação da teoria.

Não deixa de ser curioso especular sobre os motivos que teriam levado Melo e Simas a fazer tal observação. A utilização de Júpiter para esta finalidade já tinha sido discutida entre Freundlich e Einstein, que passara do cepticismo à aceitação desta possibilidade ao ponto de vir a calcular o valor do encurvamento da luz ao rasar o planeta. Mas o mais provável é que Melo e Simas tenha lido o artigo de revisão da autoria de Perrine, então publicado na *Astronomische Nachrichten*, e em que este discutia os vários métodos ao dispor do astrónomo para testar o encurvamento. Se Melo Simas é indiscutivelmente no contexto português um caso singular de apropriação da TRG na sua prática científica, não nos parece que, só por si, se deva destacar o teste astronómico que fez nem tão pouco o seu resultado malogrado. Entender como o fez, porque o fez e motivado por que questões são interrogações pertinentes algumas das quais continuam por esclarecer.

Em resumo, no que respeita à apropriação da relatividade em Portugal somos de opinião que a expedição ao Príncipe funcionou como catalizadora do interesse dos astrónomos portugueses que, como aconteceu em tantos outros países, acabaram por reagir simultaneamente à TRR e TRG. As suas reacções decorreram da sua prática científica, sendo a ligação à determinação da hora legal o que levou alguns deles a discutirem aspectos da TRR. Por outro, tendo vivido o ambiente político da Primeira República, responderam-lhe de forma criativa através de variadas actividades de divulgação científica, de palestras à publicação de livros.

Não queremos terminar sem retomar a tese do atraso científico português na altura que em ocasiões como a das comemorações do Ano da Astronomia foi uma referência recorrente. Lembremos a afirmação do jornal de Notícias[11] já citada "experiências de Eddington no Príncipe importantes para perceber atraso científico português." Não podemos deixar de mencionar que, em boa verdade, esta tese não é fenómeno exclusivo a Portugal. Em Espanha, a acesa "polémica" sobre o atraso da ciência espanhola varreu vários séculos; em França a tese do declínio da ciência francesa no século XIX é bem conhecida. E a estes dois exemplos poder-se-iam acrescentar muitos outros. Com efeito, as teses sobre o atraso ou declínio científicos estão amiúde associadas aos discursos dos próprios cientistas que as usam para sensibilizar autoridades estatais, ou quaisquer outras, para a necessidade de aumento dos recursos reservados à investigação. Contudo, parece-nos que a sua utilização por pessoas sensíveis ao papel e importância da história das ciências deve ser evitada. No que a Portugal diz respeito sabemos ainda muito pouco sobre o passado das ciências para podermos afirmar que não houve nada, ou houve pouco, num determinado período e no que se refere a uma determinada área científica. Finalmente, se estivermos interessados em colocar questões sobre as características internas da prática científica e em avaliar o seu impacto num determinado enquadramento cultural, social e político, a visão do atraso ou declínio é incapaz de capturar uma realidade extremamente viva e complexa. Quanto a nós, é essa realidade que é fascinante estudar.

Portugal visto do Espaço através da MERIS (*MEdium Resolution Imaging Spectrometer*). Imagem recolhida a 21 Março de 2002.

Portugal no Espaço
participação nacional na Agência Espacial Europeia

Mário Amaral
FCT Space Office
www.fct.mctes.pt

O envolvimento de Portugal nas actividades do sector Espacial e a efectiva criação de um sector espacial português remete para o período que antecedeu a adesão de Portugal à Agência Espacial Europeia (ESA), com uma efectiva participação em programas de navegação e telecomunicações da Agência tirando partido do estatuto de estado membro cooperante.
Em 14 de Novembro de 2000 Portugal torna-se o 15º estado membro da ESA, iniciando assim um período de substancial crescimento do sector espacial português, dando origem a um conjunto expressivo de sucessos e um retorno industrial crescente na participação das actividades dos programas espaciais desta Agência. Portugal é também membro da organização Europeia para satélites meteorológicos (EUMETSAT) desde 1986 e do European Southern Observatory (ESO) desde 2000.

Paralelamente, Portugal acompanhou o desenvolvimento do tema "Espaço" do 7º Programa-Quadro da União Europeia (UE) e as sinergias que se têm vindo a estabelecer naturalmente com outros temas do pilar Cooperação (salientam-se os casos mais relevantes dos temas "Transportes", "Energia" e "Segurança"). Em particular, a participação nacional em grandes iniciativas conjuntas ESA-UE tem sido marcada por casos de êxito, especialmente nos programas Galileo e GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*).

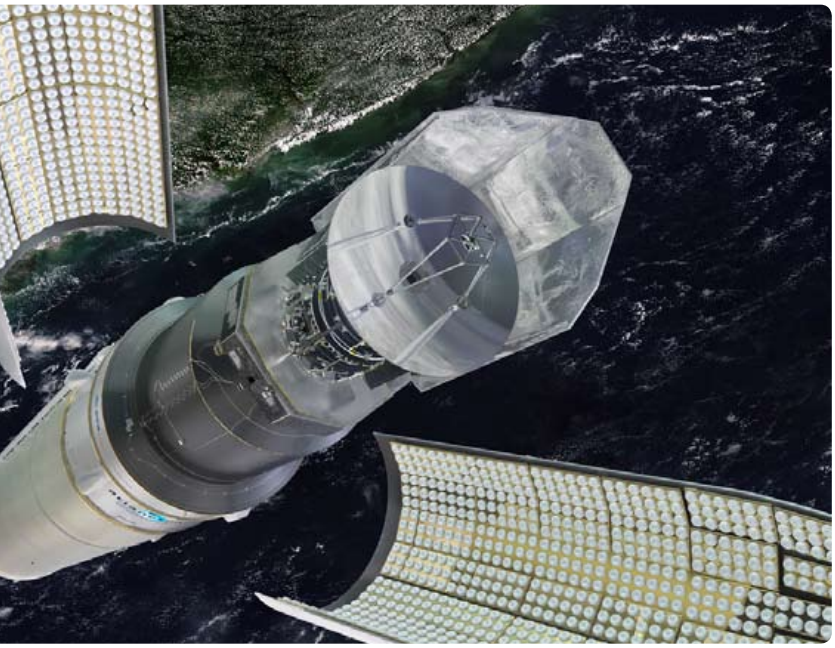


Imagem fictícia representando a ejecção do *fairing* do lançador Ariane-5, com a nave espacial Herschel visível sobre a Planck.

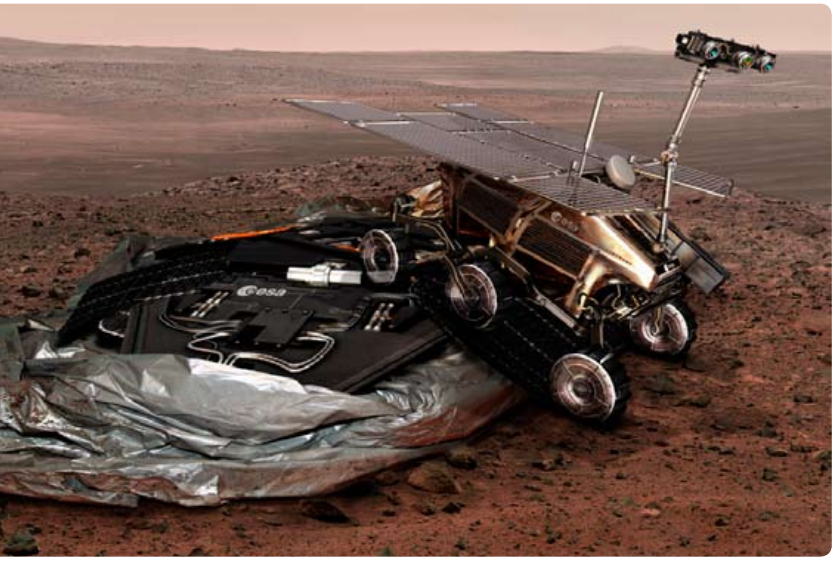


Imagem fictícia da sonda robótica (*rover*) da missão Exomars que explorará a superficie marciana caracterizando o ambiente geofísico de Marte e procurando indícios de vida no subsolo. Esta missão tem lançamento previsto para 2016.

Programas Espaciais da ESA

Como membro da ESA, Portugal toma partido em todas as decisões de natureza programática e política espacial que definem a evolução e crescimento da Agência Espacial Europeia. Para além dos programas de subscrição obrigatória, Portugal subscreve um conjunto de programas de subscrição opcional de acordo com as competências, capacidades e ambições do sector espacial Português.

Entre os programas de subscrição obrigatória destaca-se o Programa Científico da ESA, o maior e mais ambicioso programa espacial da Agência. Este programa apresenta um portefólio de missões científicas (actualmente reunidas sob o plano programático "*Cosmic Vision 2015-2025*") que visam expandir ambiciosamente os horizontes do nosso conhecimento científico do Universo. As missões do "*Cosmic Vision 2015-2025*" cobrem as ciências do espaço, desde a física fundamental, passando pela astrofísica, as ciências planetárias e a cosmologia.

A título de exemplo destacam-se duas missões com uma importante participação da comunidade Portuguesa. A Planck *Surveyor* foi lançada em Maio deste ano juntamente com a nave espacial Herschel através de um lançador Ariane-5 a partir da base Europeia situada em Kourou, na Guiana Francesa. Constituindo um observatório espacial de micro-ondas, a Planck tem por objectivo estudar a radiação cósmica de fundo de micro-ondas, tirando partido de condições tecnológicas sem paralelo. Outra missão em destaque é a missão Gaia para a qual se prevê o lançamento em 2011 e que tem por objectivo principal efectuar a mais completa cartografia tridimensional dos astros da Via Láctea.

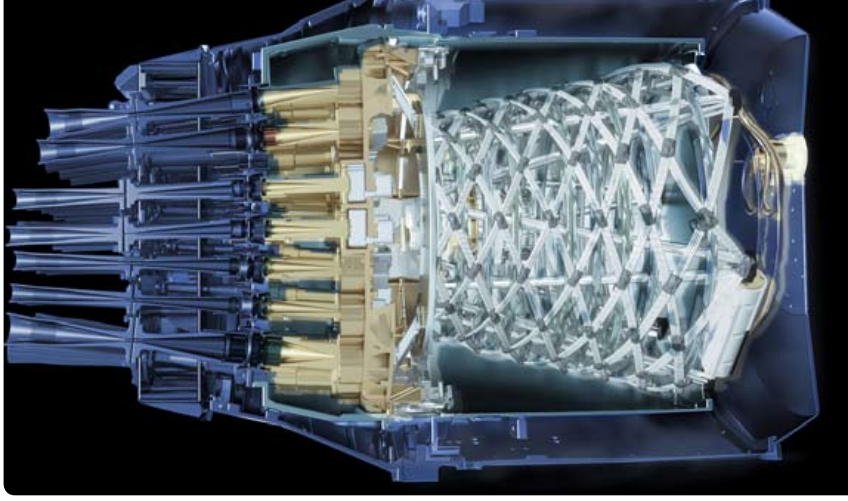
Para além do Programa Científico, existe um conjunto de programas tecnológicos de subscrição obrigatória nos quais se desenvolvem as tecnologias-chave para todas as actividades da ESA.

Os domínios científicos e tecnológicos abordados cobrem áreas do conhecimento que vão desde a física de plasmas, mecânica de fluidos, passando pela óptica e ciência dos materiais até vários ramos da engenharia, dos quais se destacam a engenharia de software e a engenharia aeronáutica.

O portefólio de programas opcionais subscritos por Portugal é vasto, cobrindo quase todos os domínios programáticos da ESA. Destacam-se aqui os programas de observação da Terra, entre os quais o GMES que implementará a criação da infra-estrutura espacial e os serviços de aplicação das tecnologias espaciais para observação da Terra, focando as preocupações ambientais e de segurança. Portugal subscreve também os programas de telecomunicações e navegação, em particular o programa GNSS (*Global Navigation Satellite System*) Evolution que visa desenvolver o futuro do programa Europeu de navegação por satélite para além do Galileo. Outros programas de subscrição opcional que se podem salientar são o programa de exploração robótica do sistema solar, tendo a Lua e Marte como principais destinos. Este programa inclui missões como a Lunar Lander, a Exomars e, num futuro mais longínquo, a Mars Sample Return, ambas precursoras de uma eventual exploração humana de Marte.

PORTUGAL NA ESA

O sector espacial Português é um sector relativamente jovem e de pequena dimensão, constituído por pequenas e médias empresas dedicadas inteiramente às actividades espaciais, e por empresas de maior dimensão que reservam alguns dos seus recursos para estas actividades. Para além de entidades privadas, regista-se também a importante presença de universidades, laboratórios associados e institutos de investigação com a capacidade de executar as actividades de carácter tecnológico contratadas pela ESA.
Esta participação ocorre através da execução de projectos tecnológicos e industriais que estão integrados na longa cadeia de projectos e acções que permitem a construção de uma missão espacial desde o design conceptual, passando pela qualificação das tecnologias para o espaço, até ao lançamento da nave espacial. O processo completo é longo, com uma duração total que pode ultrapassar uma década. Os projectos tecnológicos e industriais (formalizados como contratos industriais) têm uma duração que pode variar entre seis meses e três anos, de acordo com a sua complexidade e abrangência, sendo financiados pelo envelope financeiro da ESA que resulta das subscrições dos vários estados membros, incluindo Portugal.
Paralelamente, é possível a participação da comunidade científica nacional nos domínios das ciências do espaço, exploradas através do *Cosmic Vision*. São executados projectos para a concepção de missões científicas futuras, delineando os seus objectivos e definindo as suas necessidades tecnológicas. Outros projectos visam explorar os resultados científicos das missões espaciais em operação. A contribuição com instrumentos científicos para o *payload* das missões é também uma forma de participar activamente na construção de uma missão espacial de carácter inteiramente científico ou nos *slots* disponíveis nos *payloads* científicos de outras missões.
A natureza tecnológica e industrial das actividades da ESA cria um substrato muito favorável à colaboração entre empresas de base tecnológica e o sistema científico e tecnológico – colaboração esta que não só é desejável, mas que na maioria dos casos se assume absolutamente crucial para permitir um acompanhamento – e mesmo a suplantação – do *state of the art* das tecnologias com aplicações para o Espaço. Por outro lado, importa salientar a importância estratégica que o Espaço assume nas políticas europeias, dado o seu potencial de inovação tecnológica, a excelência técnica que estimula entre todos os parceiros do sector espacial, e a riqueza de tecnologias que podem e devem ser transferidas para outros sectores de actividade, desde as telecomunicações à medicina.



Localizados no plano focal do telescópio da nave espacial Planck, o LFI (*Low Frequency Instrument*) e o HFI (*High Frequency Instrument*) estão equipados com um total de 74 detectores cobrindo 9 canais de frequência. Estes detectores têm de ser arrefecidos a temperaturas abaixo ou próximas dos 20 K, de modo a que a sua temperatura não interfira com a detecção dos ténues sinais de micro-ondas que terá de medir.

Oportunidades de investigação com a ESA

Com o objectivo de fomentar um maior envolvimento do sistema científico e tecnológico nas actividades da ESA e dos seus principais parceiros industriais, a ESA tem vindo a desenvolver um conjunto de iniciativas. Destacam-se as seguintes:

Ariadna – Este é um programa dirigido à comunidade científica europeia em vários domínios desde a física de plasmas, passando pela engenharia de materiais até à biologia. Não é necessário que exista qualquer experiência prévia com aplicações espaciais. Mais informação sobre este programa pode ser consultada no website da ESA: http://www.esa.int/gsp/ACT/ariadna/index.htm

NPI – *Networking/Partnering Initiative* – Este programa visa suportar as actividades da comunidade científica na investigação de tecnologias avançadas com elevado potencial de aplicação espacial. Pode também consultar o website da ESA para mais informações detalhadas sobre esta iniciativa: http://www.esa.int/SPECIALS/Technology/SEM4KVWPXPF_0.html

ITI – *Innovation Triangle Initiative* – Este programa coloca em contacto os três actores do triângulo da inovação: o investigador, o implementador e o cliente da tecnologia. Esta iniciativa tem vários níveis de integração que aproximam a actividade de investigação do produto comercial. O website da ESA dedicado ao ITI contém todas as informações sobre esta iniciativa: http://iti.esa.int/

Para saber mais:
Website da FCT: http://www.fct.mctes.pt
Blogue da equipa do FCT Space Office: http://tr.im/fctspaceoffice
Portuguese Space Catalogue 2009: http://tr.im/ptspacecat2009
Website da ESA: http://www.esa.int

Cortesia de Jim Al-Khalili

Quem mexeu na minha Terra?

Jim Al-Khalili
Tradução: Tânia Rocha

Foi no Verão de 1609 que Galileu observou o céu pela primeira vez com o seu recém-inventado telescópio e confirmou uma das ideias mais importantes na história da humanidade: que nós não estamos no centro do Universo. Celebramos este ano o 400º aniversário dessa descoberta com o Ano Internacional da Astronomia. É certo que a astronomia, ao contrário de muitas outras áreas da ciência, é fácil de "vender" ao público em geral como um tema interessante e fascinante, mas a sua história é muitas vezes mal contada.

Para muitos historiadores da ciência, foi o astrónomo polaco Copérnico que inaugurou a era da astronomia moderna, pois foi ele que nos deu a imagem actual do sistema solar em que a Terra é apenas um de vários planetas que orbitam em redor do Sol, e não o recíproco. Foi este modelo "heliocêntrico" que Galileu haveria de confirmar quase um século depois. Mas Galileu é que é o verdadeiro pai da astronomia moderna, não Copérnico.

Em primeiro lugar, Copérnico não foi a primeira pessoa a propôr um modelo heliocêntrico. O filósofo grego Aristarco já o tinha proposto no século III a.C., mas ninguém acreditou nele, com excepção de um astrónomo chamado Seleuco, natural da Babilónia. O grande filósofo grego, Arquimedes, escreveu sobre Aristarco: "É sabido que a maior parte dos astrónomos designa pela palavra cosmos a esfera cujo centro coincide com o centro da Terra... Mas Aristarco de Samo publicou por escrito certas hipóteses que levam a concluir que o cosmos deve ter um tamanho muitas vezes maior que o mencionado previamente. Supõe, nomeadamente, que as estrelas fixas e o Sol permanecem estacionários, enquanto a Terra se move em redor do Sol ao longo de uma circunferência". Mais tarde, durante a Idade Média, vários astrónomos muçulmanos tentaram recuperar a ideia heliocêntrica. Contudo, a maioria destes era de tal modo influenciada por Aristóteles, Ptolemeu, e outros que defendiam que a Terra estava no centro do Universo, que a cosmologia correcta nunca ganhou aceitação até à chegada de Copérnico.
Por outro lado, tal como todos os astrónomos que o precederam, Copérnico desenvolveu a sua teoria baseando-se na observação do céu nocturno a olho nu. Também não tinha noção do conceito de gravidade, que surgiria mais tarde pela mão de Newton. Por isso, a sua "cosmologia", em muitos aspectos, não era assim tão diferente das que tinham aparecido antes. Ele continuava a acreditar que o Sol estava no centro de todo o Universo, não apenas do sistema solar.

Finalmente, é interessante referir que Copérnico usou técnicas matemáticas desenvolvidas vários séculos antes por astronónomos muçulmanos como o persa al-Tusi, no século XIII, e o sírio Ibn al-Shatir, no século XIV. O progresso científico é um contínuo. Foi Newton que disse que, se viu mais longe, foi porque subiu aos ombros de gigantes. Assim, a astronomia não começou nem com Copérnico nem com Galileu, tal como a física não começou com Newton.

Seja como for, o telescópio revolucionou a nossa compreensão do cosmos, tal como o microscópio veio a revolucionar a forma como compreendemos o microcosmos. Por isso, é mais que justo que celebremos o seu 400º aniversário este ano, pois sem ele continuaríamos a ter de nos limitar a especulações metafísicas abstractas sobre o nosso lugar no Universo.

Jim Al-Khalili é professor de Física na Universidade de Surrey, Inglaterra, onde lecciona também uma nova disciplina sobre envolvimento público na ciência. O seu site na Internet é: www.al-khalili.co.uk

HÁ MUITO ESPAÇO LÁ EM BAIXO

Carlos Fiolhais

Se, no Ano Internacional da Astronomia, 400 anos depois do italiano Galileu Galilei ter olhado pela primeira vez o céu com um telescópio, podemos, por observação própria e directa, verificar que há muito espaço lá em cima, não devemos esquecer, neste mesmo ano, em que passam 50 anos sobre a famosa conferência do norte-americano Richard Feynman, no Caltech, que inaugurou a nanociência e nanotecnologia, deixar de reconhecer que "há muito espaço lá em baixo". Há potências de dez tanto para cima como para baixo da escala humana.

Feynman não disse, afinal, muito mais do que tinha dito o poeta e filósofo grego Demócrito, para quem, numa premonição notável, nada mais havia do que átomos e espaço vazio. Limitou-se a acrescentar, partindo da questão de colocar toda a Enciclopédia Britânica na cabeça de um alfinete, que podíamos mover os átomos através do espaço vazio, para construirmos objectos à medida dos nossos desejos e das nossas necessidades. Sim, nós podemos. Tal tarefa, como lembrou Feynman, não viola nenhuma lei da física, é apenas um desafio técnico, que mais cedo ou mais tarde – e para ele era melhor mais cedo do que mais tarde – seria ultrapassado. A sua conclusão foi que não era apenas a Enciclopédia, mas também todos os livros jamais escritos pelo homem, que podiam ser contidos num grão de poeira. O poeta inglês William Blake aspirava a "ver todo o mundo num grão de areia". O físico conseguia ver todo o mundo escrito, literário e não só, num grão ainda mais pequeno.

Para isso era preciso um novo instrumento. Foi Freeman Dyson, um físico norte-americano contemporâneo de Feynman e nosso, que chamou a atenção para o facto de a maior parte da ciência nova partir da invenção de um instrumento. Para a astronomia foi o telescópio e, nos anos 80 do século passado, para a nanociência e para a nanotecnologia foi o microscópio de varrimento por efeito túnel, que se deveu ao suíço Heinrich Rohrer e ao alemão Gerd Binnig. Esse supermicroscópio bem podia ser chamado nanoscópio, pois permite observar e manipular átomos e moléculas. O recentemente inaugurado (embora ainda num estado de semi-construção) Instituto Ibérico de Nanotecnologias, em Braga, vai ter necessariamente de albergar um ou mais desses instrumentos.

A propósito dessa inauguração, a palavra nanotecnologia surgiu com maior frequência nas primeiras páginas dos jornais. De algumas das vezes que aparece, surge associada a perigos e receios. Será o nano perigoso? Teremos nós de recear o nano? O escritor norte-americano de ficção científica Michael Crichton, há pouco falecido, no seu romance "Presas" (Dom Quixote, 2003) tratou o tema numa perspectiva pessimista. Espalhando-se tal como os vírus nos computadores, uma multidão de nanopartículas autoreplicantes, podemos chamar-lhes nanocriaturas, liberta-se e pode tomar o mundo. Nós somos as suas "presas"... Haverá alguma ameaça desse tipo proveniente do laboratório de Braga? Teremos nós de tomar precauções especiais para impedir a invasão vinda do nanomundo? A resposta é não. Convém, como é óbvio e como sempre aconteceu na história, tomar todas as precauções, e mais algumas, quando se atravessam as fronteiras da ciência; mas, de facto, as notícias propaladas por alguma comunicação social e por alguma literatura de ficção científica sobre a morte da humanidade são manifestamente exageradas. Bem pelo contrário, o mais provável – cabe-nos a nós torná-lo certo – é que a nanociência e a nanotecnologia ajudem a resolver alguns dos grandes problemas que nos afligem. Há muito espaço lá em baixo e temos de ser suficientemente sábios para o ocupar para nosso melhor proveito.

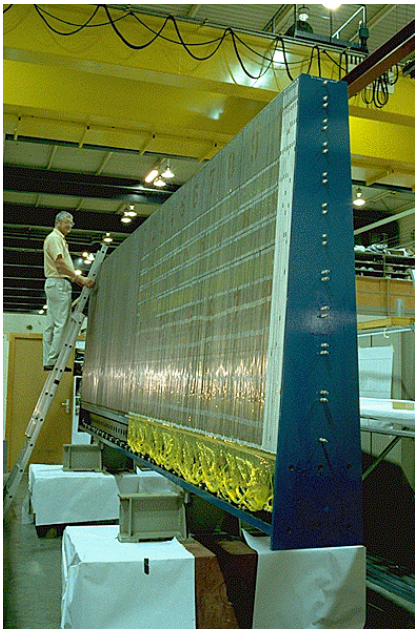
Carlos Fiolhais é professor da Universidade de Coimbra, sendo director da biblioteca dessa Universidade. É um grande divulgador de ciência, autor de muitos livros, nomeadamente "Física Divertida" e "Nova Física Divertida".

CENTRO DE FÍSICA NUCLEAR
UNIVERSIDADE LISBOA

Investigação e Formação Avançada em Física Nuclear Teórica e Experimental

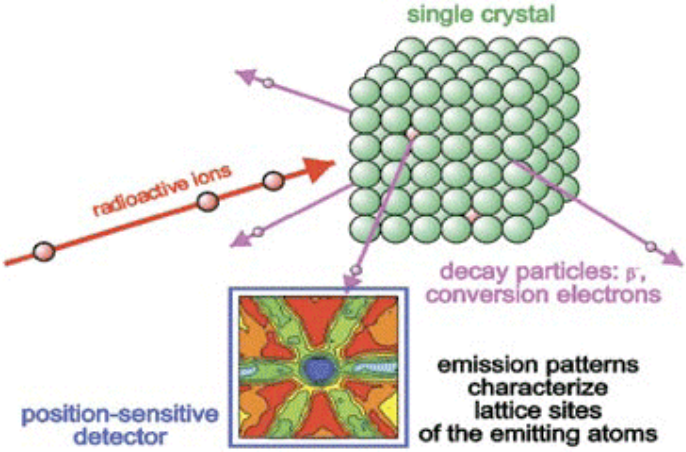
Reacções Nucleares e Astrofísica Nuclear
Física de Partículas e Astropartículas
Calorimetria para Física de Altas Energias
Detectores Avançados
Instrumentação Nuclear
Caracterização e Processamento de Novos Materiais:
RBS, PIXE, PIGE, Interacções Hiperfinas,
Canalização de Electrões, Implantação Iónica
Aplicações Médicas e Biomédicas
Feixes de Neutrões

Módulo do Calorímetro Hadrónico para ATLAS



Laboratório de Feixes de Iões-ITN

Canalização de Electrões



Detector SIMPLE para Matéria Escura

Produção Científica 2007-2008

105 artigos em revistas internacionais

Colaborações Internacionais

CERN/ATLAS
CERN/ISOLDE
LSBB-Laboratoire Souterrain à Bas Bruit
ERNA-European Recoil Separator for Nuclear Astrophysics

CFNUL, Av. Prof. Gama Pinto, 2, 1649-003 Lisboa;
Tel: (+351) 217904744; Fax: (+351) 217954288
Email: cfnul@cii.fc.ul.pt

Instituto Superior Técnico e Fundação Navegar premiados pelo Ano Internacional da Astronomia no âmbito do projecto "100 Horas de Astronomia"

Perante a dedicação dos milhares de astrónomos amadores e profissionais que deram corpo à iniciativa "100 horas de Astronomia" no passado mês de Abril, a Comissão Internacional do Ano Internacional da Astronomia (AIA2009) decidiu premiar alguns dos eventos mais relevantes.

Distinguido entre os mais de 100 países que participaram na iniciativa pelo mundo inteiro, Portugal recebeu dois prémios. A investigadora Ana Mourão, do Centro Multidisciplinar de Astrofísica (CENTRA/IST), e a Fundação Navegar brilharam pelo seu excepcional empenho e pela sua criatividade.

Levou a Astronomia ao ponto mais ocidental da Europa. Pelo seu empenho em "pôr as Flores no mapa do Ano Internacional da Astronomia" e em

Ana Mourão

"ultrapassar o isolamento", Ana Mourão, especialista do CENTRA, unidade de investigação do Instituto Superior Técnico, foi galardoada com o prémio internacional do AIA2009, na categoria "Participação Individual Marcante", à frente de dezenas de candidatos do mundo inteiro.

Realizada no âmbito do projecto de investigação sobre "Supernovas e Explosões de Raios Gama" apoiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), que visa, entre outros objectivos, a divulgação científica nos Açores, a iniciativa do IST tem um balanço "francamente positivo". Em apenas uma semana e após 21 voos e 5 viagens de barco, à mercê do mau tempo, Ana Mourão e a equipa do CENTRA promoveram em Abril passado observações astronómicas e nove palestras científicas em seis das sete ilhas dos grupos ocidental e central dos Açores, reunindo à volta da Astronomia mais de 1000 estudantes açorianos.

"Este tipo de iniciativas é um modo de apoiar as escolas e de fazer notar que as barreiras geográficas, que por vezes justificam a insularidade, podem e devem ser ultrapassadas. No nosso caso, a Astronomia permitiu mostrar que estamos todos no mesmo planeta", esclarece Ana Mourão. Graças ao apoio do grupo de Astronomia do Núcleo de Física do IST e dos docentes das diferentes ilhas, a investigadora conseguiu responder ao entusiasmo de alunos e de escolas que, pelo seu isolamento geográfico, raramente têm oportunidade de participar em eventos desta natureza.

Na ilha das Flores, por exemplo, todos os alunos do 4.º ao 12.º ano assistiram às celebrações das "100 Horas de Astronomia". Um interesse pela ciência e uma curiosidade que se manifestaram também no fim da palestra proferida na Escola Básica e Secundária das Flores e intitulada "Os Filhos das Estrelas", em que se falou do Big Bang, de

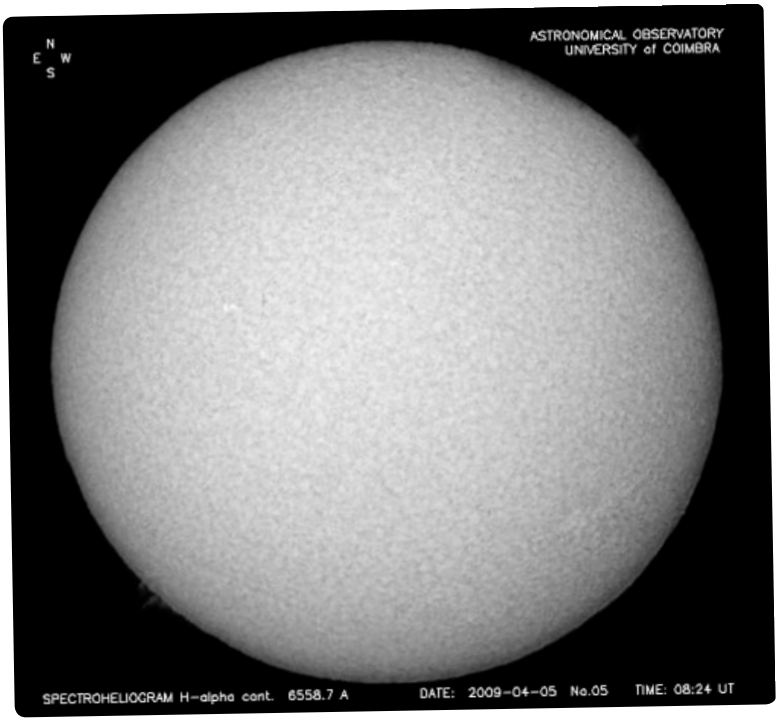
quarks e leptões, das galáxias e do pó de estrelas. “Apesar da complexidade do tema, os alunos, com idades entre os 4 e os 7 anos, ouviram e intervieram ao longo da palestra. No final, pediram: “Senhora, conte mais uma história!”. E a sessão teve que continuar, desta vez procurando dar resposta à pergunta “Por que é que a Lua não cai?”, recorda Ana Mourão.

A investigadora do CENTRA mostra-se satisfeita pelo reconhecimento internacional concedido à iniciativa açoriana. “Isto dá-nos a confirmação de que estamos no caminho certo e que vale a pena trabalharmos com uma enorme dedicação”, lança. “O Instituto Superior Técnico é conhecido por ter uma grande dinâmica e uma cultura empreendedora. O IST tem sempre apoiado as iniciativas do CENTRA e sentimos orgulho nisso”, reconhece ainda.

MILHARES DE ACTIVIDADES DE QUALIDADE

Com 2370 eventos registados, as “100 Horas de Astronomia” são a maior iniciativa pública de ciência alguma vez organizada a nível mundial. De 2 a 5 de Abril, astrónomos amadores e profissionais fizeram descobrir o céu a milhões de pessoas no mundo.

China, Brasil, França, Índia, Estados Unidos e Portugal partilham agora os 8 prémios estabelecidos pela Comissão Internacional do AIA2009, nas categorias de maior evento, de



participação mais completa ou de evento mais publicitado, entre outros. Na categoria “Participação Individual Marcante”, Ana Mourão foi escolhida entre 24 candidatos, ficando à frente dos seus colegas da Nigéria e da Nova Zelândia. O concurso “Sidewalk Astronomy and Starparty Awards” foi lançado pela equipa de trabalho internacional do Ano Internacional da Astronomia para as “100 horas da Astronomia”, com o apoio da Celestron e da Explore Scientific. “As 100 Horas de Astronomia foram, sem dúvida alguma, um sucesso em Portugal, tanto em qualidade como em quantidade de eventos. Com 66 eventos registados, Portugal foi o quinto país com mais registos no mundo, e o primeiro na Europa”, revela Ricardo Reis, coordenador nacional do projecto. O também membro do grupo de trabalho internacional destaca, por outro lado, a dificuldade que os organizadores do concurso tiveram em avaliar os candidatos, face à extrema qualidade de todos os eventos.

PORTUGAL CATIVA PÚBLICO

Na categoria “Iniciativa Mais Inovadora”, o Centro Multimeios de Espinho foi destacado com uma menção honrosa, pela sua actividade “Acampar no Planetário”. Durante um serão inédito em que as crianças podiam passar uma noite ao “relento” dentro do Planetário, os mais novos foram familiarizados com alguns conceitos do Universo e descobriram diferentes constelações.

“O facto de termos conjugado um céu estrelado com um fundo sonoro onde se ouviam os ruídos nocturnos da natureza, incluindo um sino de uma igreja distante devidamente sincronizado com a hora, conseguiu transmitir aos participantes um sensação de não estarem no planetário mas a acampar na realidade e contribuiu para que a iniciativa fosse tão bem recebida pelo público”, lembra António Pedrosa.

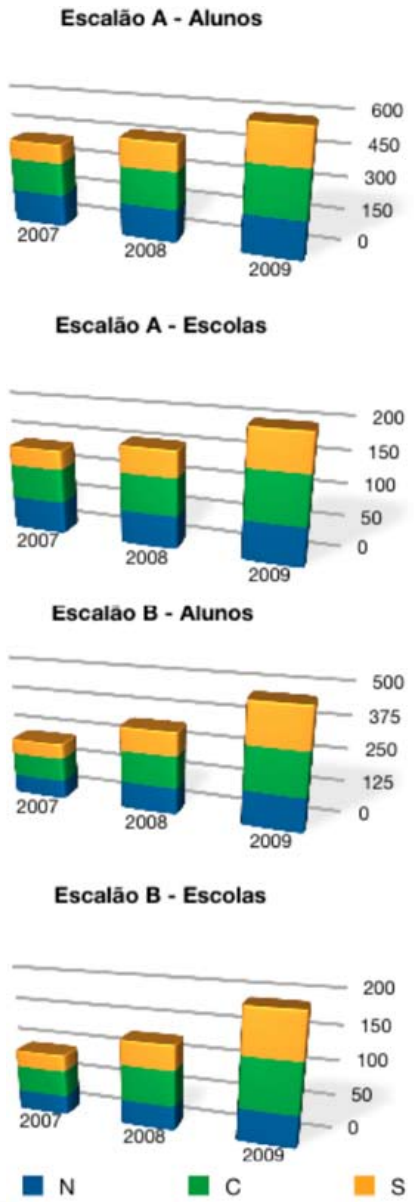
Para o responsável da Fundação Navegar, o prémio agora atribuído pelo AIA2009 é “uma validação e um reconhecimento pelo trabalho realizado no Centro Multimeios de Espinho no campo da cultura e promoção da ciência e em particular da Astronomia”. “Estes prémios tendem a trazer indiscutivelmente algum reconhecimento às instituições que o recebem e ao país. Esperamos que este prémio se traduza por uma maior atenção de todos para a ciência, pois é imperativo cativar o público sistematicamente, nomeadamente os mais novos, para o conhecimento e a ciência, que são pilares importantes para o desenvolvimento contínuo de um país”, acredita António Pedrosa.
“Estas distinções são a prova que a comunidade astronómica em Portugal é uma comunidade dedicada e inventiva, que está disposta a ir mais além do que o pedido e consegue organizar das mais originais actividades a nível mundial”, conclui Ricardo Reis.
O Ano Internacional de Astronomia (www.astronomia2009.org) é organizado em Portugal pela Sociedade Portuguesa de Astronomia, com o apoio da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), da Fundação Calouste Gulbenkian, do Museu da Ciência da Universidade de Coimbra, da Agência Ciência Viva e da European Astronomical Society (EAS).

Olimpíadas de Física

Fernando Nogueira

OLIMPÍADAS REGIONAIS DE FÍSICA

A fase regional das Olimpíadas de Física decorreu no dia 9 de Maio de 2009, nos Departamentos de Física das Universidades do Porto, Coimbra e Nova de Lisboa. A participação nesta etapa excedeu todas as expectativas, envolvendo cerca de um milhar de alunos e aproximadamente 220 escolas de todo o país, nos escalões A (9º ano) e B (11º ano). O crescente interesse pelas Olimpíadas de Física é bem patente no gráfico seguinte, que mostra a evolução do número de participantes nos últimos três anos, nas delegações regionais do Norte (N), Centro (C) e Sul e Ilhas (S).



Recorde-se que as escolas participam nesta fase das olimpíadas deslocando-se à delegação da SPF a que estão associadas, mas as provas (uma prova teórica e uma prova experimental) são as mesmas para todas as delegações da SPF. Os vencedores da etapa regional foram:

Escalão B

Região Norte

1 - Marvin Fernandes da Silva (Ancorensis – Cooperativa de Ensino, Vila Praia de Âncora)
2 - João Pedro Silva (E.S. da Maia, Maia)
3 - João Casimiro Gonçalves Ferreira (E.S. Francisco de Holanda, Guimarães)
4 - Pedro José Justo Pereira (E.S. João Gonçalves Zarco, Matosinhos)
5 - Pedro Filipe Lima Marques (E.S. Francisco de Holanda, Guimarães)
6 - Miguel Braga Liz Cruz Mendes (E.S. Carlos Amarante, Braga)
7 -André Filipe Ramos (E.S. Padrão da Légua, Matosinhos)
8 - Nuno Bernardo Cunha (Colégio Luso-Francês, Porto)
9 - Jorge André Gomes Lopes (E.S. da Trofa, Trofa)
10 - Andreia Freitas Rebelo (E.S. de Mirandela, Mirandela)

Região Centro

1 - Rodrigo Paiva Tavares (E.S. Alves Martins, Viseu)
2 - João Carlos Peralta Moreira (E.S. Domingos Sequeira, Leiria)
3 - Joana Reis Correia (E.S. Dr. Joaquim de Carvalho, Figueira da Foz)
4 - André Filipe Santos Jorge (Instituto Educativo do Juncal, Juncal)
5 - Xavier de Sousa Ferreira Rodrigues (E.S. Dr. Joaquim de Carvalho, Figueira da Foz)
6 - Ana Rita Duarte Almeida (E.B. 2,3/S de Moimenta da Beira, Moimenta da Beira)
7 - António José Pereira Guerra (E.S. de Latino Coelho, Lamego)

8 - Telmo Martins Oliveira (Colégio de São Miguel, Fátima)
9 - Ana Catarina Maltez Xavier (E.S. de Nelas, Nelas)
10 - Alexandru Miron (E.S. de Cantanhede, Cantanhede)

Região Sul e Ilhas

1 - Bruno Schmitt Balthazar (E.S. c/ 3º ciclo Manuel da Fonseca, Santiago do Cacém)
2 - Mariana Alves Vargas (Colégio St. Peter´s School, Palmela)
3 - Ricardo Varela (E.S. Gago Coutinho, Alverca)
4 - Hugo Silva (E.T.L. Salesiana de Stº António, Estoril)
5 - Francisco João B. C. Lopes (E.S. c/ 3º ciclo Virgílio Ferreira, Lisboa)
6 - João Jorge Silva (E.S. Jaime Moniz, Funchal)
7 - Benedict Paul Both (E.S. c/ 3º ciclo Pedro Nunes, Lisboa)
8 - Guilherme dos Reis (E.S. Raul Proença, Caldas da Rainha)
9 - Ricardo Loução (E.S. c/ 3º ciclo Ferreira Dias, Cacém)
10 - João Afonso (Ext. Marista de Lisboa, Lisboa)

Escalão A

Região Norte

1 - Alexandre Gomes Fernandes Chaves, Sara Edviges da Costa Penso Martins e Carlos Guilherme de Melo Gouveia (E.S. Fernão de Magalhães, Chaves)
2 - Cátia Sofia Nascimento da Silva, Nádia de Sousa Varela de Carvalho e Nelson Gabriel de Freitas Martins (E.B. 2,3 Nicolau Nasoni, Porto)
3 - Luís Manuel Ferreira, João Tiago Almeida e João Manuel Fonseca (E.S. de Ermesinde, Ermesinde)

Região Centro

1 - Catarina da Cunha e Silva Martins Costa, Diogo Filipe Nóbrega Catelas Pinto, Ana Sofia de Castro Brandão (E.B. 2,3 Bento Carqueja, Oliveira de Azeméis)
2 - Francisco Manuel Carvalho Lima Lopes Paixão, Andrea Carolina Silva Abreu e Mário André Fernandes (E.B. 2,3 de Cantanhede, Cantanhede)
3 - Leonel Morais Carreira Pereira, Pedro Morais Carreira Pereira e Miguel Jorge Fernandes (E.B. 2,3 Dr. Correia Alexandre, Caranguejeira)

Região Sul e Ilhas

1 - Joana Branca Revés, José Carlos Gonçalves Dias e Pedro José de Oliveira Nunes Pires (Colégio Santo André, Venda do Pinheiro)
2 - Carina Gonçalves Neves, Beatriz Silvestre Rodrigues e Diogo Reis Gomes (E.B. 2,3 Dr. João Eusébio, Moncarapacho)
3 - Ana Catarina Gomes, Pedro Santos e Rúben Leitão (E.T.L. Salesiana de Stº António, Estoril)

OLIMPÍADAS NACIONAIS DE FÍSICA

Tal como em 2008, as Olimpíadas Nacionais de Física foram organizadas pela Delegação Sul e Ilhas da SPF e decorreram no Museu da Electricidade, em Lisboa, nos dias 5 e 6 de Junho de 2009. Participaram na etapa nacional todos os premiados da etapa regional, isto é, 27 alunos do escalão A, divididos em 9 equipas, e 30 alunos do escalão B. Durante todo o dia 6 de Junho, enquanto decorriam as provas e a sua correcção, professores e alunos puderam visitar o Museu da Electricidade e participar em inúmeras actividades lúdicas organizadas pela Fundação EDP e pelo Museu da Electricidade, patrocinadores do evento. Puderam também assistir a um debate muito interessante: "O Cientista no Século XXI", com Carlos Fiolhais (Dep. Física, Universidade Coimbra), João Paulo Crespo (Dep. Química, Universidade Nova de Lisboa), Jorge Buescu (Dep. Matemática, Universidade de Lisboa) e Augusto Barroso (Presidente da SPF – moderador do debate). Os vencedores desta etapa foram:

Escalão B

1 - Bruno Schmitt Balthazar (E.S. c/ 3º ciclo Manuel da Fonseca, Santiago do Cacém)
2 - Pedro José Justo Pereira (E.S. João Gonçalves Zarco, Matosinhos)
3 - Marvin Fernandes da Silva (Ancorensis – Cooperativa de Ensino, Vila Praia de Âncora)
4 - João Carlos Peralta Moreira (E.S. Domingos Sequeira, Leiria)
5 - Nuno Bernardo Cunha (Colégio Luso-Francês, Porto)
6 - André Filipe Ramos (E.S. Padrão da Légua, Matosinhos)
7 - Xavier de Sousa Ferreira Rodrigues (E.S. Dr. Joaquim de Carvalho, Figueira da Foz)
8 - Mariana Alves Vargas (Colégio St. Peter´s School, Palmela)
9 - João Afonso (Ext. Marista de Lisboa, Lisboa)
10 - Rodrigo Paiva Tavares (E.S. Alves Martins, Viseu)

Escalão A

1 - Leonel Morais Carreira Pereira, Pedro Morais Carreira Pereira e Miguel Jorge Fernandes (E.B. 2,3 Dr. Correia Alexandre, Caranguejeira)
2 - Francisco Manuel Carvalho Lima Lopes Paixão, Andrea Carolina Silva Abreu e Mário André Fernandes (E.B. 2,3 de Cantanhede, Cantanhede)
3 - Ana Catarina Gomes, Pedro Santos e Rúben Leitão (E.T.L. Salesiana de Stº António, Estoril)

Os vencedores da etapa nacional ficaram pré-seleccionados para uma preparação a decorrer durante o próximo ano lectivo que os poderá levar a representar Portugal em 2010 na XLI Olimpíada Internacional de Física (Croácia) ou na XV Olimpíada Ibero-Americana de Física (Panamá). Os seguintes

alunos ficaram também pré-seleccionados para esta preparação:

1 - João Casimiro Gonçalves Ferreira (E.S. Francisco de Holanda, Guimarães)
2 - João Pedro Alves da Silva (E.S. da Maia, Maia)
3 - Francisco João Belo Caldeira Lopes (E.S. Vergílio Ferreira, Lisboa)
4 - Andreia Freitas Rebelo (E.S. de Mirandela, Mirandela)
5 - Miguel Braga Cruz Mendes (E.S. Carlos Amarante, Braga)
6 -Pedro Filipe Lima Marques (E.S. Francisco de Holanda, Guimarães)
7 - Jorge André Gomes Lopes (E.S. da Trofa, Trofa)
8 -André Filipe Santos Jorge (Inst. Ed. do Juncal, Juncal)
9 - Ana Catarina Maltez Xavier (E.S. de Nelas, Nelas)
10 - Telmo Martins Oliveira (Colégio de S. Miguel, Fátima)

Os vencedores do escalão A estão seleccionados para representar Portugal, em 2010, na VIII Olimpíada Europeia de Ciência (EUSO'2010), a decorrer na Suécia. Note-se que esta equipa é composta por dois irmãos de um participante português na Olimpíada Ibero-americana de Física 2009.

OLIMPÍADAS INTERNACIONAIS DE FÍSICA

Uma Medalha de bronze para Portugal

A XL IPhO realizou-se em Mérida, no Iucatão (México), de 11 a 19 de Julho de 2009. O receio da gripe A não demoveu 316 estudantes de 72 países de afrontarem o tórrido Verão daquela região para se sujeitarem às difíceis e longas provas da IPhO. Este ano as provas foram um pouco mais longas que o habitual e focaram aspectos menos tradicionais dos curricula de Física do ensino secundário, focando-se sobretudo na física moderna (arrefecimento a laser por efeito doppler, melaços ópticos e fusão nuclear nas estrelas). A prova experimental consistiu no estudo da birrefringência da mica, com um laser cujo comprimento de onda teve de ser determinado por difracção numa lâmina de barbear. O elevado número de questões e os aspectos menos habituais da prova traduziram-se em classificações significativamente mais baixas que o habitual, situando-se a nota limite para obter uma menção honrosa em 26,1 %, quando normalmente ronda os 40%. No entanto os alunos portugueses não se ressentiram e obtiveram classificações semelhantes às de outros anos, o que os catapultou para 3 medalhas de bronze, a melhor classificação portuguesa de sempre. Os ``team-leaders" portugueses foram Fernando Nogueira e Rui Vilão e a equipa portuguesa foi constituída pelos estudantes: Henrique Manuel Pereira Cabral e Francisca Santos Pinho Costa, do Colégio Luso-Francês (Porto), Sagar Dipak Silva Pratapsi e André Miguel Lopes Miranda, da E.S. Carlos Amarante (Braga) e Pedro Miguel de Castro Borlido, da Ancorensis – Cooperativa de Ensino (Vila Praia de Âncora). Os alunos Henrique Cabral, Sagar Pratapsi e Francisca Costa obtiveram uma medalha de bronze. De salientar que, no ano em que a

IPhO foi pela primeira vez ganha por um estudante do sexo feminino (Handuo Shi, da China), Portugal obteve também a primeira medalha feminina.
As Olimpíadas de Física contaram com os apoios do Ministério da Educação, da Agência Ciência Viva e da Fundação EDP.
Na página na Internet das Olimpíadas Portuguesas de Física, cujo endereço é http://olimpiadas.fis.uc.pt, podem-se obter as provas e a lista dos alunos premiados nas várias fases. Outros endereços importantes são: http://www.euso.dcu.ie/ (EUSO) e http://www.jyu.fi/tdk/kastdk/olympiads/ (IPhO).

3º FÓRUM PORTUGUÊS DO ESPAÇO

Tânia Rocha

No passado dia 30 de Junho decorreu no Pavilhão do Conhecimento (Ciência Viva) em Lisboa a 3ª edição do Fórum Português do Espaço. Este acontecimento, organizado pelo

Ciência - Viva

Créditos: Daniel Espírito Santo

"Space Office" da FCT, com o apoio do programa Ciência Viva, teve como anfitrião o Ministro da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, José Mariano Gago, e a presença do Director Geral da Agência Espacial Europeia (ESA), Jean-Jacques Dordain (respectivamente à direita e esquerda na fotografia). Reuniu um bom número de pessoas e instituições envolvidas no esforço espacial europeu, quer especialistas da ESA, quer sobretudo representantes do contributo português para este esforço.

Durante a manhã, depois da sessão de abertura presidida

Ciência - Viva

Créditos: Daniel Espírito Santo

por José Mariano Gago e Jean-Jacques Dordain, realizou-se um debate sobre o papel de Portugal no esforço da ESA. Na parte da tarde realizaram-se sessões plenárias dedicadas às aplicações e à tecnologia, onde foram abordadas as várias áreas em que o esforço espacial motiva desenvolvimento tecnológico. De facto, muitos projectos associados ao espaço começam por ser puramente ciência fundamental, mas evoluem para tecnologia aplicada e serviços. Alguns exemplos de aplicação da tecnologia espacial à vida na Terra, além dos satélites de telecomunicações, são os programas de observação de desastres naturais e outras situações de crise (a que Portugal já recorreu por ocasião de fogos florestais mais graves), a informação sobre movimentos de aves (com aplicações na segurança de voo de aviões), a segurança marítima, e aplicações à saúde como a telemedicina. A um nível diferente, os materiais, software e dispositivos usados no espaço têm de manter um comportamento estável em condições limite (variações rápidas de temperatura, temperaturas extremas e exposição a radiação), ou, no caso do software, é fundamental garantir ausência de erros, o que sugere muitas possíveis aplicações futuras noutras áreas.

Simultaneamente, esteve aberta ao público durante todo o dia uma exposição alusiva às contribuições das empresas, institutos e universidades portuguesas para o sector espacial europeu.

Alguns exemplos de projectos em que estas entidades estão envolvidas são o desenvolvimento de materiais para protecção térmica, instrumentos de medida e sensores de

Ciência - Viva

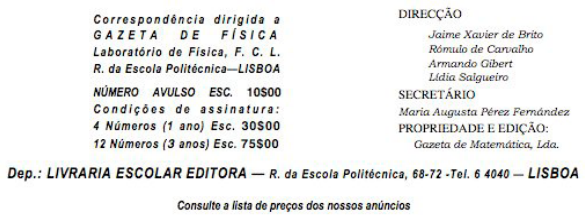
Créditos: Daniel Espírito Santo

alta precisão, antenas e lentes, componentes electrónicos radiation-hard (que mantenham o comportamento esperado quando sujeitos a radiação), bem como software de simulação, processamento de imagens, detecção de falhas, navegação, e muitos outros...

Mais informação disponível em http://www.cvtv.pt/imagens/index.asp?id_video=334&id_tag=99

LÍDIA SALGUEIRO (1917-2009)

No passado dia 24 de Julho a Gazeta de Física perdeu um dos seus fundadores (1946): a Profª Lídia Salgueiro, licenciada em Físico-Química em 1941 e Doutorada em 1946, editora fundadora da Gazeta de Física. Professora da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, foi uma pioneira em Portugal na área de Física Atómica, onde criou um grupo e deixou um vasto legado científico.
No próximo número a Gazeta de Física prestará a sua sentida homenagem à Professora Lidia Salgueiro.



Correspondência dirigida a
GAZETA DE FÍSICA
Laboratório de Física, F. C. L.
R. da Escola Politécnica—LISBOA

NÚMERO AVULSO ESC. 10$00
Condições de assinatura:
4 Números (1 ano) Esc. 30$00
12 Números (3 anos) Esc. 75$00

DIRECÇÃO
Jaime Xavier de Brito
Rómulo de Carvalho
Armando Gibert
Lídia Salgueiro
SECRETÁRIO
Maria Augusta Pérez Fernández
PROPRIEDADE E EDIÇÃO:
Gazeta de Matemática, Lda.

Dep.: LIVRARIA ESCOLAR EDITORA — R. da Escola Politécnica, 68-72 -Tel. 6 4040 — LISBOA

Consulte a lista de preços dos nossos anúncios

Ficha técnica do primeiro número da "Gazeta de Física".

IMPACTO EM JÚPITER

No passado dia 19 de Julho foi observada uma marca de impacto em Júpiter, de dimensão semelhante à da Lua, causada, provavelmente, pela colisão de um cometa ou asteróide. A mancha escura foi descoberta por um astrónomo amador australiano, que transmitiu a informação a diversos observatórios astronómicos e à NASA. Supõe-se que o objecto teria um diâmetro de algumas centenas de metros, mas a mancha (escura se observada em luz visível, como a imagem acima) atingiu mais de 8000 km de comprimento.

Ver também http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2009/23/full/

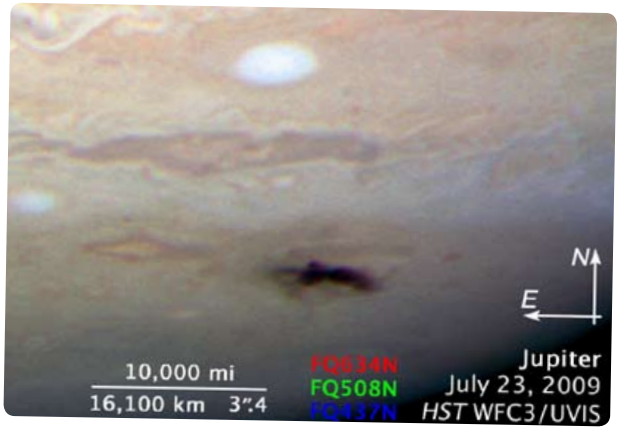


Imagem da nova mancha escura na superfície de Júpiter, obtida com a Wide Field Camera do telescópio espacial Hubble a 23 de Julho de 2009. [Créditos: NASA, ESA, H. Hammel (Space Science Institute, Boulder, Colorado), e Jupiter Impact Team]

WORKSHOP – RECURSOS EDUCATIVOS ONLINE PARA ENSINO DA FÍSICA

29 de Junho de 2009, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Monte de Caparica

Neste workshop pretendeu-se constituir equipas de professores que possam colaborar na criação e, ou, adaptação de recursos para o ensino da Física. Esses recursos serão colocados online na página da Divisão de Educação da Sociedade Portuguesa de Física (http://de.spf.pt).
O workshop deu origem a uma Oficina de Formação de 50h, creditada, que decorrerá durante todo o ano lectivo de 2009-2010, essencialmente com actividades online.

Para mais informações contactar Filipa Silva – filipagsilva@netcabo.pt

PROJECTO QUE PROMOVE AS NOVAS TECNOLOGIAS NAS ESCOLAS PORTUGUESAS GANHA MEDALHA DE PRATA DA COMISSÃO EUROPEIA

O Projecto "Hands-on Universe, Europe (EU-HOU)", representado em Portugal pelo NUCLIO – Núcleo Interactivo de Astronomia, recebeu a medalha de prata da Comissão Europeia durante a conferência "Inovação e Criatividade", no âmbito do programa de Aprendizagem ao Longo da Vida: Criação, Inovação e Cooperação, na categoria "Tecnologias de Informação e Comunicação".

O evento decorreu em Praga nos dias 6 e 7 de Maio de 2009, durante a presidência checa da União Europeia. O prémio foi entregue ao líder europeu do projecto, Roger Ferlet (IAP), pelo Ministro da Educação, Juventude e Desporto checo e pelo Comissário Europeu para Educação, Cultura, Juventude e Formação, Jan Figel.

O objectivo foi premiar projectos europeus marcantes, que sirvam de motivação para as práticas inovadoras, que permitam atingir os objectivos estabelecidos pelos líderes europeus em Lisboa no sentido de transformar a nossa economia, baseada no conhecimento, na mais dinâmica do mundo na área da Educação e Formação até 2010.

O NUCLIO – Núcleo Interactivo de Astronomia, é o representante português deste projecto inovador, cujo objectivo principal é trazer os recursos modernos da astronomia para as salas de aula. A associação de astrónomos profissionais, amadores e educadores promove formação e apoio continuado a professores em Portugal desde 2004 tendo já formado cerca de 100 professores na utilização de recursos inovadores em sala de aula. Vários projectos têm sido dinamizados desde a observação de telescópios robóticos em sala de aula, em tempo real, até projectos de investigação científica com apoio de cientistas, como por exemplo a "Procura de enxames à volta de estrelas do tipo O" proposta pelo Doutor André Moitinho e que valeu o 3º prémio do concurso "Catch a Star" da ESO para a aluna Andreia Nascimento da Escola Secundaria da Cidadela em 2008.

A MEDALHA DE PRATA PARA O EU-HOU

EU-HOU Bringing frontline interactive astronomy to the classroom

O principal objectivo do projecto EU-HOU é reacender o entusiasmo pela ciência nos jovens, através da realização de actividades práticas que demonstrem, recorrendo às novas tecnologias, a excitação de uma descoberta científi-

fica. O método utilizado é baseado no ensino das ciências utilizando astronomia como tema e as novas tecnologias como método, recorrendo a actividades hands-on e a uma aprendizagem baseada na investigação. Os estudantes envolvidos reencontram o interesse pela ciência e matemática enquanto aprendem a utilizar recursos informáticos que mais tarde serão ferramentas importantes da sua formação. Graças a este projecto e do apoio e cooperação entre professores e investigadores que o tornaram possível, os estudantes têm agora a possibilidade de experimentar a emoção da descoberta científica enquanto utilizam webcam, rádio-telescópios e telescópios robóticos disponíveis via internet.
Para o NUCLIO este prémio é muito importante, principalmente por acontecer durante o Ano Internacional da Astronomia 2009 (AIA2009). Um dos programas chave do AIA a nível mundial é o "Galileo Teacher Training Programme", também coordenado com apoio do NUCLIO: um programa global de formação de professores que já conta com a participação de cerca de 50 países. A maior parte dos promotores a nível mundial deste projecto são representantes do "Hands-on Universe" nos seus países. Em Portugal o programa integra os Cursos de Formação para Professores promovido pela comissão dinamizadora do AIA2009.

Mais informação:
www.euhou.net
NUCLIO: www.nuclio.pt
GTTP: www.galileoteachers.org
O prémio: http://www.llp-conference.eu/awarded-projects
Internacional da Astronomia: www.astronomy2009.org
AIA2009 em Portugal: www.astronomia2009.org

ASTRONOMIA NA CIDADE - PORTO

Dias 9 e 10 de Julho, Praça da Trindade.
Sessões demonstrativas no planetário portátil, observações do Sol com telescópio, oficina de construção de relógios de Sol e exposição de imagens astronómicas.

Dia 11 de Julho, Jardins do Palácio e Planetário
Uma aventura no Sistema Solar, modelo do Sistema Solar com oficinas/demonstrações em cada um dos planetas, e no final oportunidade para observar o Sol com telescópio adequado; a Hora do Conto, com leitura animada do conto "A que sabe a Lua?"; filme seguido de debate com astrónomos; consulta e venda de livros sobre o tema; sessão no Planetário às 17h, com transporte de ida e volta em autocarro.

Dias 9, 16 e 23 de Julho, Serões da Bonjóia
Ciclo de serões dedicados à astronomia com palestras seguidas de sessões de observação astronómica. No dia 16 houve, em simultâneo, uma sessão no Planetário para as crianças e jovens.

A UNIVERSIDADE DE CASTELA – LA MANCHA SERÁ A ANFITRIÃ DA XXXII

REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FÍSICA
XXXII Bienal de Física
y 19º Encuentro Ibérico de Enseñanza de la Física

BIENAL DE FÍSICA

Universidade de Castela – La Mancha
Cerca de quinhentos congressistas, todos profissionais da Física, participaram na XXXII Bienal de Física realizada no Campus de Ciudad Real entre 7 e 11 de Setembro de 2009, e onde se discutem os mais recentes progressos obtidos nesta área. Será a primeira vez que este congresso se realiza numa região (e numa Universidade) onde não existem cursos de Física.

Simultaneamente com a Bienal decorreu o 19º Encontro Ibérico de Ensino da Física.

Neste evento, que reune cerca de quinhentos congressistas e decorrereu pela primeira vez na região de Castela – La Mancha, realizaram-se onze simpósios e foram apresentadas 300 comunicações.

Entre os congressistas convidados para apresentarem as conferências plenárias programadas podemos destacar George Smoot, Prémio Nobel da Física em 2006, Juan Ignacio Cirac, Prémio Príncipe de Astúrias de Investigação Científica e Técnica 2006, Sérgio Bertolucci, director de Investigação do CERN, e Maria del Rosário Heras Celemín, directora do Programa de Investigação de Arquitectura Bioclimática do CIEMAT. Houve também a presença

de Agustín Sánchez-Lavega, professor do Grupo de Ciências Planetárias da Universidade do País Basco; Elizabeth Krupinski, do Departamento de Investigação Radiológica da Universidade do Arizona e Jean-Marc Triscone, professor do Departamento de Física da Matéria Condensada da Universidade de Genebra.

Paralelamente à XXXII Bienal de Física o 19º Encontro Ibérico do Ensino da Física, reuniu cerca de uma centena de professores de Física de Portugal e de Espanha, sobretudo do Ensino Secundário, para abordar a problemática que rodeia a disciplina de Física que, segundo Pablo Muñiz (coordenador de actividades sociais da Bienal), "está a ser maltratada no currículo do ensino secundário", e também encontrar posições comuns para tentar promover o seu conteúdo.

No âmbito do 19º Encontro Ibérico do Ensino da Física decorreram quatro palestras sobre as matérias opcionais para aumentar a formação em Física no Secundário, a Física no mestrado de Formação de Professores do Ensino Secundário e nos Planos Curriculares de Bolonha, e as ciências para o mundo contemporâneo. Neste encontro foram também expostos trabalhos na forma de poster com o tema "O Universo para que o descubras", e apresentado um conjunto de projectos, alguns realizados por jovens investigadores, uma unidade didáctica de Nanociência e Nanotecnologia, e uma oficina de Física Divertida.

Mais informação disponível em http://bienalfisica09.uclm.es/

Acontece

DESCUBRA AS DIFERENÇAS! GAZETA DE FÍSICA: PASSADO, PRESENTE E FUTURO

Adelino Paiva

Desde a sua fundação que a Sociedade Portuguesa de Física publica trimestralmente a revista "Gazeta de Física", destinada a divulgar os avanços da Física e suas aplicações, assim como acontecimentos em que participam físicos, cientistas e professores. Este precioso acervo, construído ao longo de sessenta anos, constitui uma valiosa ferramenta de pesquisa, uma ajuda ao ensino da Física, uma fonte de material de referência para alunos, professores e investigadores e uma visão única da História da Física em Portugal, bem como da colaboração entre físicos nacionais e estrangeiros.
Para permitir a todos o acesso a este acervo, incluindo através de motores de busca e para pessoas com necessidades especiais, bem como a possibilidade de facilmente reutilizar texto e imagens, a Gazeta de Física começou a disponibilizar os seus antigos números *online* em formato PDF. Tal envolve essencialmente os seguintes passos:

- digitalização dos antigos números;
- reconhecimento óptico de caracteres (OCR);
- correcção dos erros introduzidos pelo OCR (entre os mais cómicos e frequentes encontra-se a "urna", resultante do reconhecimento errado da palavra "uma");
- correcção das fontes, tipo e tamanho, pois tendem a não ser reconhecidas de forma consistente;
- reintrodução das fórmulas matemáticas à mão, pois tal está para lá das capacidades dos programas de OCR actuais.

Os números já digitalizados podem ser consultados em: http://gazetadefisica.spf.pt/?page=36.
Visite-o para saborear o passado. E tente começar a responder à questão: Havia muitas diferenças na linha editorial entre esses tempos e a actualidade?

Lídia Salgueiro, do grupo fundador, revia em 1997 os objectivos da Gazeta de Física : (...) foi criada para entusiasmar e elucidar o público português interessado por estudos de Física [1].

Nas palavras de Armando Gibert [2], outro sócio fundador,

"A Gazeta de Física tem por primeiro e grande objectivo contribuir activamente para o desenvolvimento e elevação dos estudos da Física em Portugal em todos os graus de ensino, assim como para o esclarecimento de um público mais vasto sobre a posição real da intervenção da Física na vida moderna e sobre a acção do nível científico dos físicos e técnico-físicos no ritmo e na independência do progresso industrial do nosso país."

Numa altura em que existia apenas uma Licenciatura em Ciências Físico-Químicas, com apenas 4 cadeiras de Física, uma das quais semestral, Armando Gibert continua a descrever o programa da publicação:

"Lutar por uma Licenciatura em Física independente (...) capaz de dar um nível profissional elevado comparável ao dos físicos estrangeiros, o aumento do ensino prático e a criação de seminários e colóquios para despertar o entusiasmo criador dos alunos, sem descurar o papel essencial da Hipótese e o valor estimulante da Teoria. Tal foi finalmente alcançado com a reforma de 1964 [3]."

E diz ainda:

"Promover o interesse de todos pela profissão de físico, bem como das vantagens destes, junto dos industriais

portugueses, reclamando para Portugal o que era prática comum lá fora."

E, claro, porque tudo está nas bases da educação:

"Proporcionar a coordenação dos esforços dispersos e a colaboração entre os professores dos vários graus de ensino e os seus antigos alunos."

A revista conseguiu chegar a ser conhecida no estrangeiro. Numerosas revistas, algumas de grande valor científico, enviavam regularmente fascículos publicados recebendo em troca a Gazeta de Física: em geral indicava-se no fim de cada Gazeta a relação das revistas recebidas [1]. A Gazeta conquistou mesmo uma rede de colaboradores estrangeiros: M. Valadares (Paris), Miguel Catalán (Madrid), A. Van Itterbeck (Louvain), Jean Rossel (Zurique), Pierre Demers (Montreal - Canadá), Marcel L. Brailey (Pittsfield, Mass. – E.U.A.), entre outras colaborações mais esporádicas. A Direcção Editorial actual alimenta o mesmo objectivo [4]: a colaboração de cronistas permanentes como o Jim Al-Khalili; a publicação de artigos de líderes internacionais como Michael Berry, Tony Thomas ou Lawrence Krauss; assim como entrevistas a Freeman Dyson, Francis Everitt e Gérard Mourou, por exemplo.

Nas suas origens, como agora, a Gazeta de Física encontrava-se estruturada em secções e assim se manteve até à mudança da Direcção em 1954 [1]. Algumas secções entretanto desapareceram. Fruto de conquistas, como é o caso da Tribuna da Física e do Ensino Superior da Física onde se promovia a criação de um curso independente de Física. Ou devido à mudança da Direcção e da impossibilidade de se criar uma Gazeta de Química nos mesmos moldes da de Física [5]. E ainda outras, devidas ao ambiente político e decerto aos cortes orçamentais.

Nos números iniciais existiam as secções de Exames do Ensino Médio e de Exames do Ensino Superior. Para além do evidente interesse para os alunos, permitiram mostrar o lado "defeituoso" de algumas das questões postas [1]. Não são pois de hoje estas falhas nos exames nacionais...

Outras secções permanecem também bastante actuais como, por exemplo, o Ensino Médio da Física, sob a responsabilidade de Rómulo de Carvalho. As suas novas reencarnações são as secções Sala de Professores / Sala de Alunos e a Gazeta ao Laboratório (de novo, muitas vezes nos surpreendem as semelhanças entre o ontem e o hoje [6]...) assim como os Problemas Propostos, actualmente representada pelos Cartoons e pelo Vamos Experimentar; bem como Física sem Fronteiras, onde as aplicações da Física à Biologia e à História da Arte continuam sempre presentes. Ou ainda a História e Antologia actualmente incluídas pela Física e Sociedade ou Histórias e Estórias – estas últimas revestidas muitas vezes pelo insólito da pequena grande história.

Algumas secções, no entanto, são hoje completamente novas. São os efeitos da mudança dos tempos. Agora a profissão de físico já é reconhecida pela sociedade, mas é preciso divulgar na secção Inovação como os físicos se transformaram em industriais e empreendedores. Também em Entrevista, se utiliza uma nova forma, mais directa e pessoal, de comunicar ciência. Em Onda e Corpúsculo focam-se aspectos controversos da ciência e da(s) sua(s) política(s). Uma versão renovada e arejada pela diversidade de pontos de vista da secção "Tribuna" dos fundadores.

Vai acontecer

SIMPÓSIO INTERNACIONAL "WOMEN EMPOWERMENT IN SCIENCE" 12 E 13 DE OUTUBRO DE 2009

A AMONET - Associação Portuguesa de Mulheres Cientistas, vai realizar a 12 e 13 de Outubro de 2009 o seu segundo Simpósio Internacional: "Women Empowerment in Science". O Simpósio decor-

1. Lídia Salgueiro, "A epopeia do começo da Gazeta de Física", Gazeta de Física 20 (1), 3-5 (1997).
2. Armando Gibert, "1. Tribuna de Física. Em nome da direcção", Gazeta de Física 1 (1), 1-3 (1946).
3. REFORMA das Faculdades de Ciências: Decreto-Lei n.º 45 840, Diário do Governo de 31 de Julho de 1964.
4. Teresa Peña, "Editorial", Gazeta de Física 30 (2/3), 1-2 (2007).
5. Marieta da Silveira, "10. Química. Origem e objectivos desta secção", Gazeta de Física 1 (1), 20 (1946).
6. Rómulo de Carvalho, "2. O Ensino Médio da Física. Acerca dos trabalhos práticos de física nos liceus", Gazeta de Física 1 (2), 39-41 (1947).

rerá na Fundação Calouste Gulbenkian em Lisboa. Este evento será, nos 5 anos de vida da AMONET, o segundo que se realizará a nível nacional e servirá também para fazer o ponto de situação internacional/europeia/portuguesa no que toca à dinâmica actual das mulheres na condução da ciência, numa

Women Empowerment in Science

II International Amonet Meeting

12th-13th October 2009
Lisbon

À esquerda do logotipo, retrato de Branca Edmée Marques, cientista portuguesa (1899-1986) que se doutorou em 1935 em Paris, tendo durante três anos sido orientada por Marie Curie, laureada com o Prémio Nobel (que faleceu em 1934)

altura em que se desenham alterações importantes no paradigma do papel atribuído a ambos os sexos nesta área.

A lista de oradoras e suas biografias está disponível em http://www.dq.fct.unl.pt/qoa/amonet/speakers.htm

Mais informação disponível em http://www.amonet.org/

CONFERÊNCIA NACIONAL DE FÍSICA E 19º ENCONTRO IBÉRICO PARA O ENSINO DA FÍSICA

Realizou-se no passado dia 7 de Julho uma reunião da Direcção com os Coordenadores de Divisão da SPF.

Estiveram presentes os coordenadores das seguintes divisões: Física Atómica e Molecular; Meteorologia, Geofísica e Ambiente; Física Médica; Física dos Plasmas; Astronomia e Astrofísica.

Foram tomadas as seguintes decisões:
1. A reunião geral da SPF terá lugar em Vila Real, na UTAD, nos dias 1, 2 e 3 de Setembro de 2010;
2. Em simultâneo realizar-se-á o 19º Encontro Ibérico para o Ensino da Física.
3. A Comissão Organizadora é constituída por: Carlos Herdeiro (SPF e U. Porto); Vitor Teodoro (D. Educação SPF e U. Nova)); Marco Naia (UTAD); José Almeida (UTAD); Mário Pereira (UTAD); António Fortuna (Ens. Sec.) e Joana Silva (Ens. Sec.).
4. A comissão científica da reunião será constituída pelos coordenadores das Divisões.
5. Na continuação do modelo adoptado na última reunião, foi decidido que em 2010 seriam as seguintes as áreas que iriam convidar oradores estrangeiros de primeiro plano:

a. Física de Plasmas ; Gravitação e Cosmologia e Física Nuclear — 2 oradores para cada área.

b. Geofísica; Física de Partículas e Física Médica — 1 orador ara cada área.

PRÉMIO FERNANDO BRAGANÇA GIL 2010

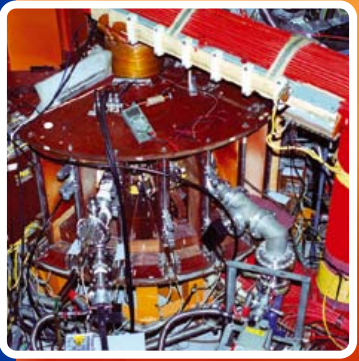
Com o objectivo de honrar a memória do Professor Fernando Bragança Gil, sócio honorário da SPF e o seu primeiro Secretário-Geral, a SPF institui um prémio com o seu nome, no valor de mil euros, ao qual se podem candidatar as teses de doutoramento em física, defendidas em qualquer universidade portuguesa.
O regulamento encontra-se disponível em http://www.spf.pt/files/outros/Premio%20Braganca%20Gil.pdf

INSTITUTO DE PLASMAS E FUSÃO NUCLEAR

Laboratório Associado da FCT
Unidade de Investigação da Associação Euratom/IST

Missão

- Investigação científica, desenvolvimento e inovação em programas internacionais de fusão nuclear, tecnologias de lasers intensos e plasmas, física do espaço e computação avançada
- Consultoria técnica para a participação portuguesa em projectos de grande escala: JET, ITER, DEMO, HiPER e ELI
- Programas nacionais e internacionais de formação avançada: 2° e 3° ciclos de Ensino Superior
- Divulgação científica e transferência de tecnologia nas áreas de competência



Actividades Programáticas

- Dispositivos para fusão por confinamento magnético
- Sistemas de engenharia de fusão nuclear
- Teoria e modelização em fusão
- Fusão inercial
- Aceleradores laser-plasma
- Computação avançada
- Astrofísica relativista
- Novas fontes de radiação
- Fotónica ultra-intensa
- Física do espaço
- Laboratório de engenharia de plasmas para aplicações ambientais
- Cinética em descargas e pós-descargas
- Modelização de fontes a plasma
- Plasmas quânticos

www.ipfn.ist.utl.pt

Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear
Instituto Superior Técnico
Av. Rovisco Pais 1049-001 Lisboa
t. 218 417 818 – ipfn@ipfn.ist.utl.pt

47
gazeta ao laboratório
VOL. 32 - N. 2/3

Nebulosa do Caranguejo (esquerda) e pulsar Caranguejo (direita): uma sobreposição de imagens de raios X (azul) e radiação óptica (vermelho). (Créditos: ESO, NASA e ESA)

Estrelas de neutrões

Constança Providência e Lucília Brito
Centro de Física Computacional
Departamento de Física da Universidade de Coimbra

Neste número dedicado ao Ano Internacional da Astronomia, o artigo da secção Gazeta ao Laboratório fala-nos de estrelas de neutrões, uma das grandes experiências do maior e mais rico laboratório a que podemos aceder: o Universo.

UM POUCO DE HISTÓRIA

A primeira observação de uma estrela de neutrões em luz visível foi realizada em 1997. Mas porque é tão difícil a detecção de um destes astros na luz visível?

Em 1967, a estudante de doutoramento Jocelyn Bell e o seu orientador Anthony Hewish observaram a emissão de impulsos regulares de ondas de rádio vindas da nebulosa do Caranguejo. Era como se existisse um farol naquela nebulosa dando 30 voltas por segundo. Esta radiação foi interpretada como sendo emitida por uma estrela de neutrões isolada e em rotação. Anthony Hewish recebeu o Prémio Nobel da Física por esta descoberta, mas Jocelyn Bell foi esquecida...

A nebulosa do Caranguejo é o remanescente de uma supernova, a SN 1054, registada como uma estrela visível à luz do dia, por astrónomos chineses e árabes em 1054. Fica à distância de cerca de 6 300 anos-luz da Terra.

MAS AFINAL O QUE É E DE QUE É FEITA UMA ESTRELA DE NEUTRÕES?

Pensa-se que uma estrela de neutrões tem uma massa semelhante à do Sol, ou um pouco maior, mas não é provável que possa ter uma massa superior a duas massas solares. Enquanto que o Sol é constituído essencialmente por protões e electrões e algum hélio e tem um raio de cerca de 700 000 km, o raio da estrela de neutrões é da ordem de 15 km! Muitas das estrelas de neutrões conhecidas são pulsares, estrelas de neutrões que rodam com um período de rotação muito regular, que pode variar entre 0,001 s e 2 s. Estas estrelas têm um campo

magnético muito forte à superfície, cerca de 10^9 a 10^{12} G, podendo mesmo ir até 10^{15} G no caso dos magnetares. A radiação que nos chega destas estrelas é emitida ao longo do seu eixo magnético, o qual não está alinhado com o eixo de rotação. Se os telescópios que usamos para observar o espaço forem orientados na direcção do eixo magnético da estrela, conseguiremos observar a radiação emitida pela estrela, caso contrário não. Conhecem-se actualmente 1800 pulsares.

A matéria estelar é electricamente neutra: a carga total das partículas de carga negativa terá de ser compensada por partículas com carga positiva. Os principais constituintes de uma estrela de neutrões são neutrões, protões e electrões mas os investigadores pensam que no interior da estrela poderão existir partículas bem mais exóticas: muões, hiperões, condensados de kaões ou de piões, ou mesmo quarks desconfinados ...

COMO PODE TER UMA ESTRELA DE NEUTRÕES UM RAIO TÃO PEQUENO?

Vamos voltar à história: em 1911 Rutherford verificou experimentalmente que apesar de o átomo ter um raio de cerca de 0,1 nm a sua massa devia estar concentrada numa pequena região, o núcleo atómico, com raio de 5-10 fm, ou seja, cerca de 0,0001 do raio do átomo. Esta descoberta foi a base experimental de diversos modelos atómicos, como o de Rutherford, o de Bohr, etc. Em 1931 Landau propôs a existência de estrelas que não passariam de um núcleo gigante com cerca de 10^{56} nucleões ligados pela força gravítica. Foi a primeira proposta de existência de estrelas muito densas. Uma colher de chá da matéria do núcleo atómico tem a massa de mil milhões de toneladas!

Em 1932 James Chadwick identificou o neutrão: uma partícula sem carga eléctrica e com massa semelhante à do protão. Por esta descoberta Chadwick ganhou o Prémio Nobel da Física em 1935. A primeira proposta de existência de estrelas de neutrões foi feita pelos astrónomos Walter Baade e Fritz Zwicky em 1933. Segundo eles, as estrelas de neutrões seriam o resultado de uma supernova e teriam um raio de cerca de 10 km! Como observar um objecto tão pequeno num universo tão extenso? Por muitos anos estes astros foram considerados meros objectos teóricos, cuja detecção seria pouco provável ou mesmo impossível... Só voltaram a ser alvo de atenções após a descoberta de Jocelyn Bell!

O raio e a massa de uma estrela de neutrões

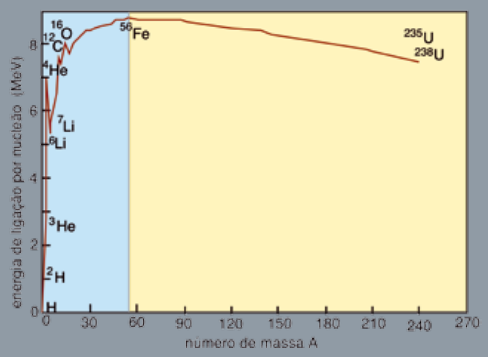
Através de alguns cálculos simples é possível fazer uma previsão do tamanho e da massa de uma estrela de neutrões. A fórmula semi-empírica da massa de von Weizaecker parametriza a energia de ligação dos núcleos em função do seu número de massa *A* e o seu número atómico *Z*. A massa de um núcleo com *A* nucleões e *Z* protões é dada pela expressão

$$M(Z,A)\,c^2 = Z\,m_p c^2 + (A-Z)\,m_n c^2 - B\,(Z,A)$$

onde *B(Z,A)* é a energia de ligação, parametrizada por

$$B(Z,A) = a_{vol}\,A - a_{sup}\,A^{2/3} - a_{Coul}\,Z^2 / A^{1/3} - a_{sim}(Z-N)^2 / A \pm a_p A^{-1/2}$$

sendo a_{vol}, a_{sup}, a_{Coul}, a_{sim}, e a_p parâmetros ajustados de modo a reproduzirem a massa dos núcleos estáveis. O primeiro termo desta expressão indica que a energia de ligação é proporcional ao número de nucleões; é o termo de volume já que o raio de um núcleo é proporcional à raiz cúbica do seu número de massa, $R=r_0A^{1/3}$. Os três termos seguintes corrigem a contribuição de volume tendo em conta que (i) os nucleões à superfície do núcleo não estão tão ligados por não estarem rodeados de vizinhos por todos os lados (segundo termo) ; (ii) os protões sentem a força repulsiva de Coulomb (terceiro termo); (iii) a força nuclear é simétrica na carga e uma assimetria no número de protões e de neutrões, não favorece a ligação (quarto termo). Finalmente, a última parcela reflecte o efeito de emparelhamento: os nucleões são partículas quânticas que estão mais ligadas se estiverem emparelhadas. O sinal mais (menos) corresponde a núcleos par-par (ímpar-ímpar); para núcleos com A ímpar, a_p=0.



Energia de ligação por nucleão em função do número de massa. O máximo ocorre para o ferro-56. Só as reacções de fusão dos elementos na zona a azul podem libertar energia.

A energia de um sistema ligado é uma quantidade negativa, simétrica da energia de ligação, *E(Z,A)=-B(Z,A)*. Se considerarmos um núcleo formado apenas de neutrões (*Z*=0), a energia por nucleão deste sistema reduz-se a

$$E(Z=0,A)/A = -a_{vol} + a_{sup}\, A^{-1/3} + a_{sim} \mp a_p A^{-3/2}$$

sendo as contribuições principais a primeira parcela, o termo de volume que é negativo, e o termo de simetria, terceira parcela. Como $a_{vol} \approx 16$ MeV é menor que $a_{sim} \approx 30$ MeV, esta quantidade é sempre positiva e um núcleo de neutrões não é estável. E se entrarmos em conta com a força gravítica, uma força atractiva, poderemos ter um núcleo formado apenas por neutrões, para o qual a energia seja negativa? Qual será o tamanho desse "objecto"?
Teremos, então, de incluir a contribuição resultante da força gravítica na expressão da energia do sistema de nucleões. A energia gravítica de uma esfera de massa $M = Am_n$ é dada por

$$E_{grav} = -\frac{3}{5}\frac{GM^2}{R} = -\frac{3}{5}\frac{G\,(Am_n)^2}{R}$$

em analogia com a energia eléctrica de uma esfera de carga $Q = Ze$

$$E_{Coul} = \frac{3}{5}\frac{(Ze)^2}{4\pi\varepsilon_o R}$$

Incluindo a contribuição da energia gravítica e desprezando o termo de superfície e o de emparelhamento, que são muito pequenos para valores de A grandes, obtemos para a energia por partícula

$$E(A,Z=0)/A = -a_{vol} - \frac{3}{5}\frac{Gm_n^2}{r_0}A^{2/3} + a_{sim}$$

Se A for suficientemente grande, a segunda parcela do segundo membro é dominante,

$$\frac{3}{5}\frac{G\,m_n^2}{r_0}A^{2/3} > a_{sim} - a_{vol}$$

e, portanto, a energia por partícula é negativa. Para valores de A ~ 10^{56} – 10^{57} , obtém-se um "núcleo" ligado com um raio R ~ 10 km e uma massa M ~ 1 M_{Sol}. Apesar de ser um cálculo muito simplificado, permite-nos obter a ordem de grandeza correcta do tamanho da estrela!

A FORMAÇÃO DE UMA ESTRELA DE NEUTRÕES

Pode parecer estranho mas uma estrela de neutrões nasce precisamente quando uma estrela normal com uma massa suficientemente grande morre! Nebulosas – como a nebulosa de Orion – são berços de estrelas, regiões no Universo com massas gasosas imensas contendo hidrogénio, um pouco de hélio, e restos de outras estrelas. Estas nuvens de gás interestelar consistem num gás não uniforme com uma temperatura de 10 a 2000 K, uma massa de 10 a 10^7 M_{Sol} e um raio de 1 a 100 anos-luz.

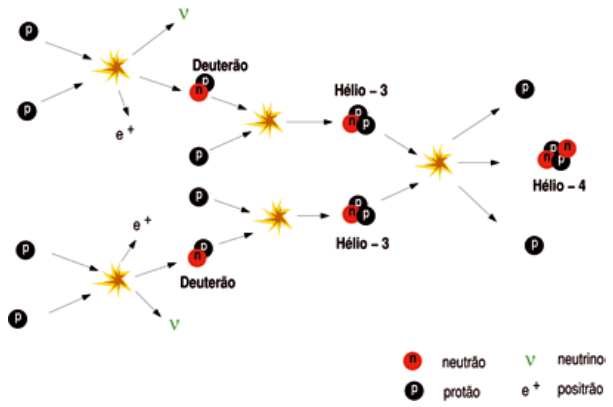
Será necessária uma grande compressão para se iniciarem reacções nucleares e libertação de energia. O pó protege o interior da nuvem da radiação de outras estrelas e o centro da massa gasosa arrefece o que dá origem a uma redução da pressão e o colapso gravitacional torna-se inevitável. A pressão gravitacional comprime o gás e a agitação térmica do gás equilibra a força gravitacional. A densidade e a temperatura no núcleo da estrela aumentam e quando a temperatura atingir 2000 K inicia-se a dissociação da molécula de hidrogénio em dois átomos de hidrogénio. A temperatura terá de atingir 10^7 K (cerca de 10^7 ° C) para a fusão nuclear se tornar possível e a reacção de fusão de dois protões num deuterão começar a ocorrer,

$$p + p \rightarrow D + e^+ + \nu + \text{energia}$$

As partículas formadas, o deuterão (D), o positrão (e^+) e o neutrino (ν), têm, no seu conjunto, uma massa inferior à massa inicial dos dois protões. A diferença de massa, ΔM = 0,41 MeV/c^2, é libertada na forma de energia e corresponde a 0,41 × 1,602 × 10^{-13} J. A fusão nuclear do hidrogénio para formar hélio correspondente à reacção

$$4\,p \rightarrow {}^4\text{He} + 2\,e^+ + 2\,\nu + \text{energia}$$

e é o processo mais importante no início da vida das estrelas. As estrelas irão passar a maior parte da sua vida nesta fase. Por cada quatro protões, forma-se um núcleo de hélio e liberta-se 26,7 MeV de energia.



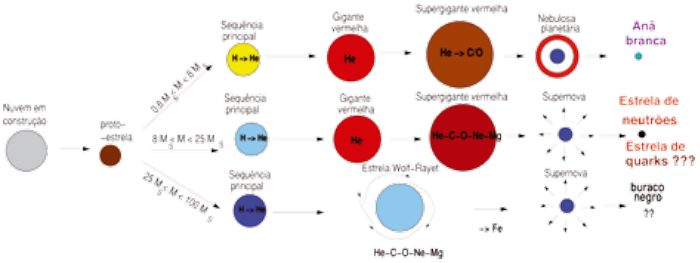
Produção de hélio numa reacção de fusão de protões.

E quando se acaba o hidrogénio no centro das estrelas? Não se produz mais energia, a agitação térmica das partículas diminui e a força gravítica vence. A estrela contrai-se contribuindo para aumentar a temperatura no seu núcleo essencialmente formado por hélio rodeado por uma camada de hidrogénio que continua em "combustão"; as camadas mais externas da estrela expandem-se, e arrefecem deslocando-se o pico da radiação emitida para a zona do vermelho: a estrela evoluiu para uma gigante vermelha.
Se houver massa suficiente, a pressão gravitacional sobre

o “núcleo” da estrela e o aumento da temperatura criarão condições à fusão de núcleos mais pesados. Quando a temperatura atingir 10^8 K inicia-se a combustão de três núcleos de hélio para formar carbono e posteriormente a combustão sucessiva dos núcleos mais pesados, carbono, oxigénio, néon, magnésio, silício até que o núcleo da estrelas é apenas formado por ferro, o elemento com maior energia de ligação. A partir deste momento não será possível libertar mais energia por fusão de dois núcleos e a produção de energia que sustém o colapso gravitacional termina.

Combustível	Produtos	Temperatura (K)	Densidade (g/cm3)	Duração (anos)
Hidrogénio	He	7×10^7	10	10^7
Hélio (3-alfa)	C, O	2×10^8	2000	10^6
Carbono	Ne, Na, Mg, Al	8×10^8	10^6	10^3
Néon	O, Mg	$1{,}6 \times 10^9$	10^7	3
Oxigénio	Si, S, Ar, Ca	$1{,}8 \times 10^9$	10^7	0,3
Magnésio	Ni (decai em Fe)	$2{,}5 \times 10^9$	10^8	5 dias

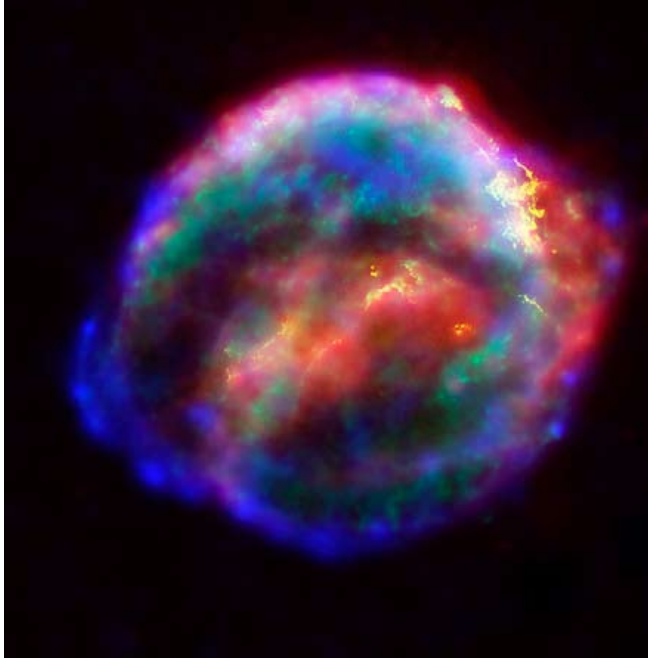
Estágios de uma estrela com 25 M_{Sol}. A maior parte da vida da estrela é passada a converter hidrogénio em hélio.



Evolução estelar de acordo com a massa inicial da estrela. Para se formar uma estrela de neutrões a sua massa inicial deverá estar entre 8 M_{Sol} e 25 M_{Sol}.

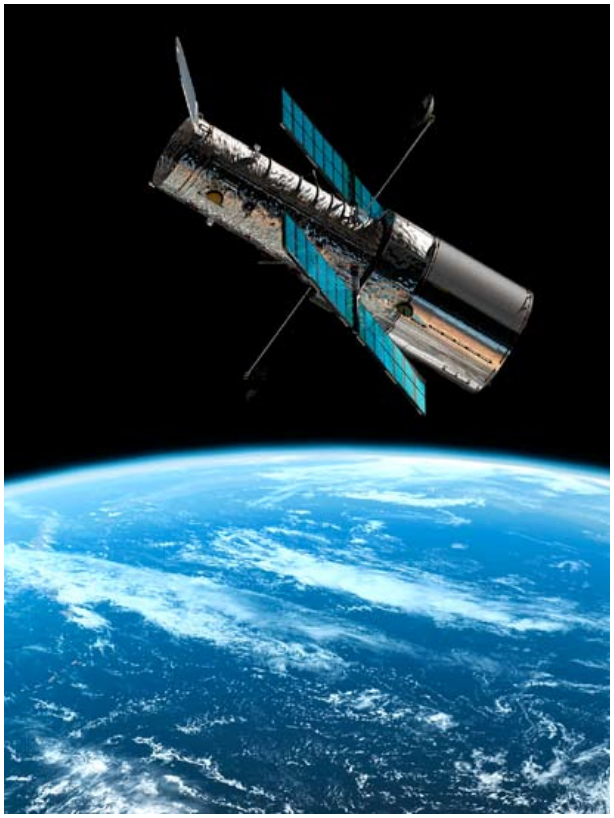
Uma estrela morre quando deixa de realizar a fusão nuclear e o seu caroço colapsa sob a acção da força gravítica. Durante o colapso, protões e electrões no núcleo da estrela combinam-se para formar neutrões, daí o nome estrela de neutrões. O colapso terminará quando a pressão dos neutrões for suficientemente grande para equilibrar a pressão gravitacional. Entretanto, as camadas exteriores da estrela caem sobre o seu caroço e são reexpelidas numa onda de choque que é reavivada pela interacção dos neutrinos com a matéria nuclear. No centro da supernova resta uma estrela de neutrões com uma massa que não ultrapassa as duas massas solares. Poderá formar-se um buraco negro se o caroço da estrela tiver uma massa demasiado grande e a pressão dos neutrões não conseguir equilibrar a pressão gravitacional.

Na figura vemos a imagem duma supernova, captada pelo observatório Chandra, de radiação de raios X, óptica e infravermelho da SN 1604, supernova observada por Kepler em 1604.



Supernova SN1604 (Chandra X-ray Observatory compilação de radiação: raios X, óptica e infravermelho) (NASA).

Como podemos observar estas estrelas e conhecer as suas características?
Será necessário detectar a radiação electromagnética que emitem em todos os comprimentos de onda. Embora a atmosfera terrestre funcione como um filtro opaco a grande parte dos comprimentos de onda, a luz visível e as ondas de rádio conseguem atravessá-la e podem ser observadas à superfície do nosso planeta com a ajuda de telescópios ópticos e radiotelescópios. O Very Large Telescope (VLT) do Observatório Europeu do Sul (ESO) é o maior conjunto de telescópios ópticos do mundo, construído no deserto de Atacama, no norte do Chile. O maior radiotelescópio está instalado em Arecibo em Porto Rico e tem um diâmetro de 200 m.



O telescópio espacial Hubble (ESA).

O Very Large Telescope (VLT), no deserto de Atacama, no norte do Chile (ESO).

A radiação electromagnética emitida pelos diferentes astros poderá também ser observada através de telescópios espaciais, com a vantagem de não ser distorcida ou absorvida pela atmosfera terrestre. Um exemplo é o telescópio espacial Hubble, da NASA e ESA, posto a orbitar em torno da Terra em 1990. Detecta luz visível e demora 97 minutos a dar uma volta à Terra. Outros exemplos são: Chandra, o observatório de raios X da NASA, lançado para o espaço em 23 de Julho de 1999 e projectado para observar raios X; ou Fermi, o telescópio de raios gama projectado para detectar a radiação mais energética do universo.

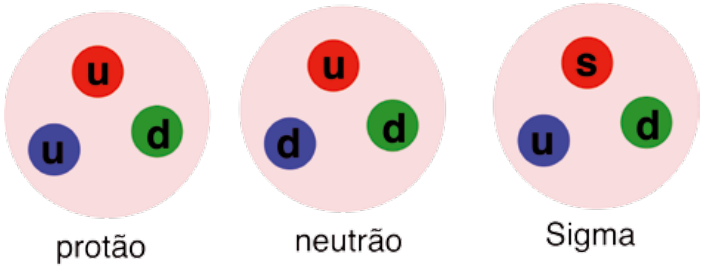
Espera-se também conseguir detectar as ondas gravitacionais emitidas por estes astros quando são perturbados: durante um estrelamoto ou acreção de massa de uma estrela vizinha ou quando ocorrem transições de fase no seu interior. Neste caso, em vez do espectro electromagnético observa-se a deformação do espaço-tempo causada por um objecto com massa. VIRGO, um interferómetro laser de Michelson com dois grandes braços ortogonais, de aproximadamente 3 km cada um, instalado em Cascina, Itália, ou LIGO (Estados Unidos), GEO 600 (Alemanha) e TAMA (Japão) são detectores de ondas gravitacionais a funcionar presentemente, mas já estão programados detectores mais potentes como o LISA, uma colaboração entre a ESA e a NASA.

NEM SÓ DE NEUTRÕES SE FAZ UMA ESTRELAS DE NEUTRÕES

Mas afinal uma estrela de neutrões é apenas constituída por neutrões? Na verdade a constituição da estrela de neutrões vai depender da densidade hadrónica no seu interior e varia da superfície até ao centro. Através da força fraca um protão captura um electrão, transformando-se num neutrão e emitindo um neutrino:

$$p + e \rightarrow n + \nu_e$$

Numa estrela de neutrões estabelece-se um equilíbrio químico entre os diversos tipos de partículas, o qual define, para cada densidade hadrónica, a fracção existente de neutrões, protões, electrões ou outras partículas, como os hiperões.



Constituição de um protão, um neutrão e um Sigma (Σ^0) ao nível de quarks *up* (u), *down* (d) e estranho (s).

Os protões e neutrões não são partículas elementares. São formados por quarks, os blocos elementares constituintes das partículas conhecidas por hadrões. Há seis tipos diferentes de quarks mas as partículas existentes numa estrela de neutrões são apenas formadas por combinações dos três quarks mais leves: o quark *up* (u), o quark *down* (d) e o quark estranho (s). Um neutrão é constituído por dois quarks *down* (d) e um quark *up* (u) enquanto um protão é formado por dois quarks *up* (u) e um quark *down* (d). Protões e neutrões são os bariões mais leves e, como são fermiões, cada estado quântico só pode ser ocupado por uma partícula. Num sistema em equilíbrio começam por preencher os estados de energia mais baixa. Como a fracção de neutrões é muito grande numa estrela de neutrões, a energia destas partículas no nível de energia mais alta é muito grande, podendo ser superior à massa de outras partículas semelhantes ao protão e ao neutrão mas com um ou mais quarks (s) em vez dos quarks (u) ou (d): são os hiperões. O Lambda (Λ), o Sigma (Σ) e a Cascata (Ξ) são exemplos de hiperões. Neste caso será mais favorável do ponto de vista energético o aparecimento destas partículas em vez de neutrões e ocorre, por exemplo, a reacção

$$N + n + \mu^- \rightarrow N + \Sigma^- + 2\gamma + \nu_\mu$$

Desde que se atinjam densidades suficientemente altas no interior de uma estrela é natural que existam hiperões. Matéria com hiperões é conhecida por matéria estranha por conter o quark estranho (s). Esta matéria é um dos possíveis constituintes exóticos de uma estrela de neutrões.

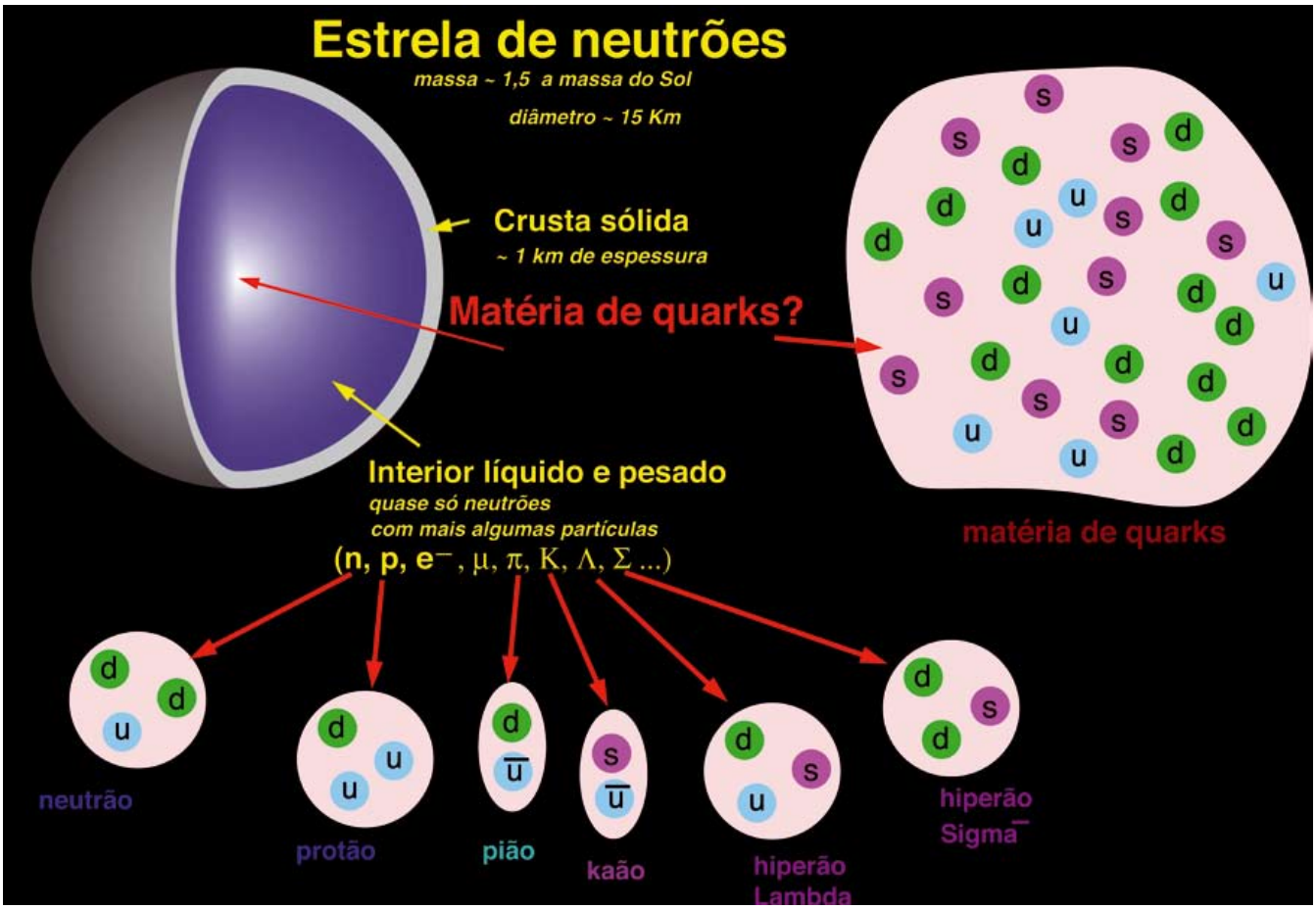
Podem também formar-se condensados de kaões ou de piões. Piões e kaões são hadrões formados por um quark e um anti-quark. São conhecidos por mesões e são bosões. Bosões são partículas quânticas, bem distintas dos fermiões, pois, ao contrário destes, podem ocupar todas o mesmo estado quântico. Quando muitas partículas estão no mesmo estado de energia dizemos que se formou um condensado. Os piões que poderão aparecer numa estrela de neutrões têm carga negativa e são formados por um quark (d) e um anti-quark ($\bar{u}$) enquanto que os kaões são formados por um quark (s) e um anti-quark ($\bar{u}$). Um condensado de

kaões contém quarks estranhos e por isso é outra forma de matéria estranha.

Até agora nunca foram detectados quarks isolados no laboratório. Talvez seja possível formar matéria de quarks desconfinados no grande colisionador LHC, no CERN. Mas no interior das estrelas de neutrões atingem-se pressões tão altas que possivelmente os neutrões e protões começam a sobrepor-se, podendo ocorrer uma transição para uma fase sem protões e neutrões mas sim com quarks isolados. Matéria de quarks desconfinados é outra possível fase exótica de uma estrela de neutrões.

E sobre as estrelas neutrões, o que falta descobrir? Muito! Precisamos de medir o raio e a massa de uma estrela de neutrões, pois, até agora apenas temos medições da razão massa/raio ou da massa, o que é pouco. Pretende-se descobrir que sinais indicam que a estrela é constituída por matéria exótica e, em particular, se é constituída por quarks desconfinados, possivelmente numa fase conhecida por supercondutora na cor. O estudo do comportamento da sua crosta é outro domínio a desvendar: existirão estrelamotos? Como arrefece a estrela? Que informações se recolherão a partir da detecção das ondas gravitacionais? É também necessário descobrir por que razão têm campos magnéticos tão fortes, observar e interpretar a evolução destes campos com o tempo. Há, pois, muitas questões em aberto e, como tal, muito trabalho a fazer numa área interdisciplinar que reúne físicos nucleares e de partículas, astrofísicos, físicos computacionais e cosmólogos.

A rede europeia CompStar (http://www.compstar-eps.org/), recentemente formada, tem justamente como objectivo principal reunir físicos europeus e do resto do mundo interessados no estudo destes objectos exóticos de modo a conjugarem as suas diversificadas experiências, contribuindo para formar uma nova geração de físicos nesta área interdisciplinar.



Possível constituição de uma estrela de neutrões. No seu interior poderão existir diferentes tipos de matéria exótica: desde hiperões, a condensados de kaões ou um caroço de quarks.

Referências
Norman K. Glendenning, Compact Stars, Springer Verlag, 2000.
J. M. Eisenberg e W. Greiner, Nuclear Models III, North Holland, 1976.
http://en.wikipedia.org/wiki/Neutron_star

Uma estrela de neutrões: o pulsar do caranguejo (imagem de raios X do Chandra combinada com imagem óptica do Hubble, NASA e ESA).

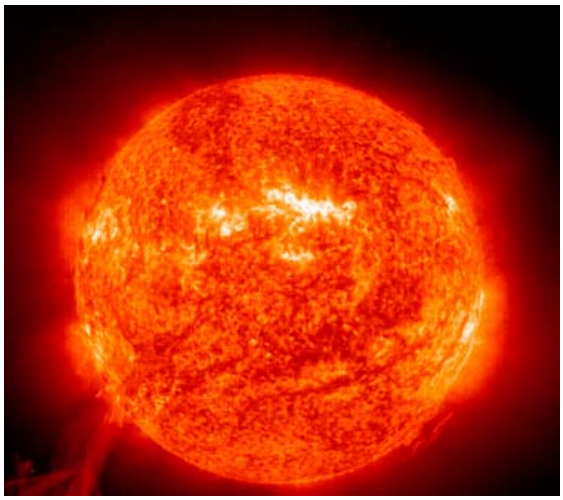
Quanto é que eu peso numa estrela de neutrões?

Constança Providência

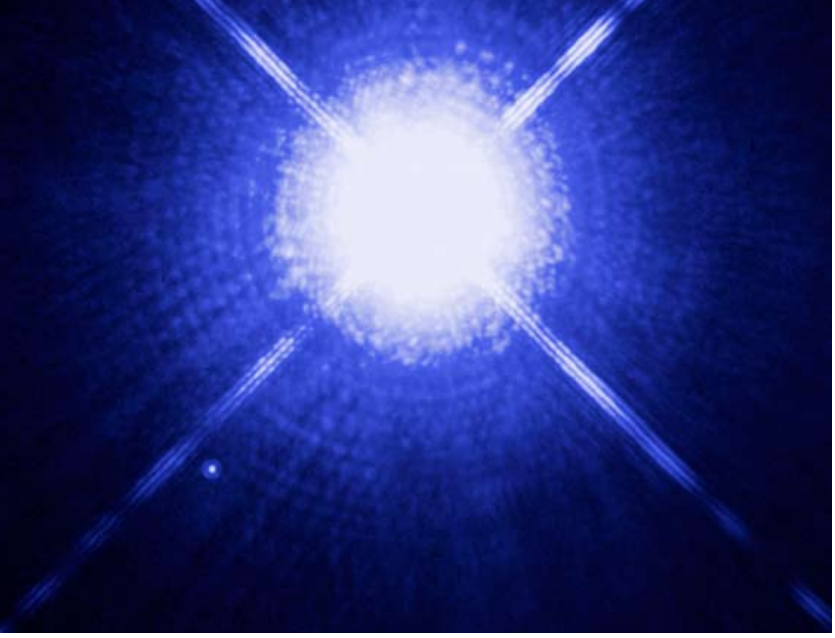
Sabias que quando te pesas estás a medir a força que a Terra exerce sobre ti? A esta força chamamos força da gravidade. O físico inglês Isaac Newton ensinou-nos que todos os objectos com massa atraem todos os outros objectos que também têm massa. A Terra tem massa e tu também tens massa: então a Terra atrai-te em direcção ao seu centro e tu atrais a Terra em direcção ao teu centro com uma força igual.

Compreender a força da gravidade é muito importante para percebermos como evolui o Universo, como se movem os astros e como podemos projectar uma sonda espacial que desça em Marte, ou em Saturno, ou que consiga passar as fronteiras do sistema solar.

Vamos descobrir um pouco desta força tão especial. Imagina que conseguias visitar com a tua balança vários astros do Universo: alguns do sistemas solar como o Sol, Mercúrio e Júpiter, e outros fora do sistema solar ou mesmo fora da nossa galáxia, por exemplo uma anã branca e uma estrela de neutrões. Sírius B, a estrela irmã da Sírius A, uma das estrelas mais próximas da Terra, é uma anã branca.



Sol (imagem do SOHO, NASA).



Sirius A (estrela grande) e Sírius B (ponto branco á esquerda em baixo). A Sírius B é uma anã branca (Imagem do Hubble – NASA, ESA).

O Sol, a anã branca e a estrela de neutrões são estrelas que têm em comum a sua massa. Todas têm massas semelhantes. Mas diferem no tamanho: o Sol tem 700 000 km de raio, cerca de 100 vezes maior que o raio da Terra, a anã branca tem um raio semelhante ao da Terra, cerca de 7000 km ou menor, e o raio de uma estrela de neutrões é cerca de 10 km. Sim, 10 km, a distância de Coimbra a Condeixa!

Newton descobriu que quanto maior for a massa, maior será a força da gravidade e que, quanto maior for a distância entre os objectos, menor será a força. Vamos perceber o que nos disse Newton fazendo uns cálculos e uma experiência simples.

Que valor indica a tua balança se te pesares em cada um dos planetas do sistema solar?

Para saberes multiplica o teu peso por cada um dos factores indicados na tabela e ficarás a saber quanto pesas em cada planeta do sistema solar e ainda na Lua.

Planeta	factor de conversão	o meu peso
Mercúrio	0,38	
Vénus	0,91	
Lua	0,17	
Marte	0,38	
Júpiter	2,36	
Saturno	1,06	
Úrano	0,89	
Neptuno	1,13	

Em que planeta pesarias mais? E em qual deles terias um peso mais próximo do teu peso na Terra?

E que valor indica a tua balança se te pesares no Sol, numa anã branca e numa estrela de neutrões, três estrelas de massas semelhantes?

Estrela	factor de conversão	o meu peso
Sol	27	
anã branca	1 300 000	
estrela de neutrões	140 000 000 000	

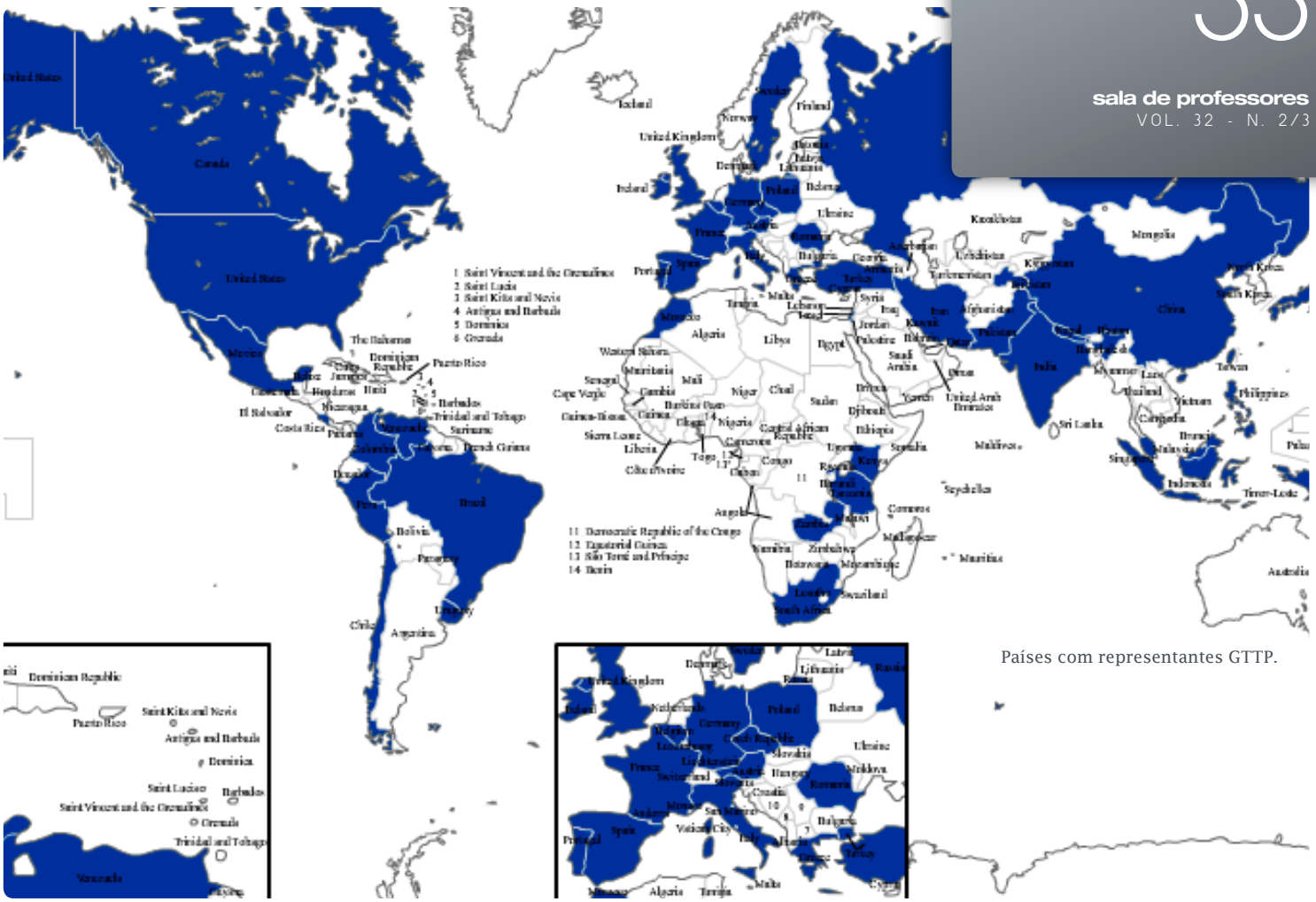
Porque é que os valores que obténs nas três estrelas são tão diferentes?

O raio de uma estrela de neutrões é muito menor que o do Sol e o da anã branca, e, de acordo, com Newton, quanto menor for a distância entre os objectos maior é a força. Esta distância é a distância que vai do centro do teu corpo ao centro da estrela. No Sol essa distância é aproximadamente 700 000 km e numa estrela de neutrões apenas 10 km. A distância é muito menor para uma estrela de neutrões: 70 000 vezes menor! E por isso a força é muito maior, 70 000 vezes 70 000 vezes maior!

Imagina que queres simular na Terra, por exemplo na tua sala de aula, o peso de uma folha de papel A4 obtido em vários astros. As tabelas vão-te ajudar. E também é útil saber que uma resma de papel tem 500 folhas. Para cada astro prepara uma etiqueta com o nome e por baixo coloca o número de folhas que representam o peso da folha no astro que estás a considerar. Terás uma folha para a Terra, quatro décimos de uma folha para Marte e Mercúrio, duas folhas e um terço para Júpiter, nove décimos para Vénus e Úrano, uma folha e um décimo para Néptuno e Saturno, 27 folhas para o Sol. E para a anã branca? Vais precisar de 2600 resmas! E se quiseres representar o peso de uma folha A4 numa estrela de neutrões? De quantas resmas precisas? Não achas que uma estrela de neutrões é mesmo uma superestrela?

Peso em Marte (Mariana Monteiro).

Bibliografia:
http://www.exploratorium.edu/ronh/weight/
Ciência a Brincar: Descobre o Céu, Constança Providência, Nuno Crato, Manuel Paiva e Carlos Fiolhais, Editorial Bizâncio, 2005.



Países com representantes GTTP.

Galileo Teacher Training Program
Uma rede mundial de apoio à formação de professores

ROSA DORAN
Chair do Galileo Teacher Training Program para o IYA2009
AIA2009 / NUCLIO / Global Hands-on Universe Association
rosa.doran@nuclio.pt

Este ano é um ano especial para o mundo da ciência, é o Ano Internacional da Astronomia (AIA2009). Nunca tantos recursos e conteúdos foram produzidos e disponibilizados gratuitamente. Nunca um esforço de divulgação da astronomia reuniu tantos promotores e atraiu tanto o interesse dos órgãos de comunicação social. O objectivo do AIA2009 é incentivar as pessoas a "Redescobrir o seu lugar no Universo".

Mas este não é um objectivo que se consiga em 365 dias de iniciativas, nem tampouco que se transforme num hábito, tão importante e necessário. A perpetuação deste esforço

passa por educar as pessoas para a beleza e importância do nosso lugar neste vastíssimo Universo. Parece que a nossa espécie esqueceu que vivemos num pequenino planeta, na zona habitável à volta de uma pequenina estrela, mergulhados numa enorme galáxia, que passeia pelo Universo respeitando as leis de uma ainda não muito bem conhecida dança cósmica. Acordar para essa realidade e para a sua importância nas nossas vidas é muito mais do que apreciar o céu nocturno, é preciso aprender a conhecê-lo, ou talvez, perceber tudo o que ainda nos falta compreender. Na era das novas tecnologias e das descobertas que elas carregam é curioso e estarrecedor o crescente problema da falta de interesse dos mais jovens por temas relacionados com as ciências. Estudos recentes como o Rocard Report ("Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe") ou o projecto Rose ("The Relevance of Science Education Study"), mostram claramente a existência de um problema crescente e perturbador. Um dos factores que muito influencia estes resultados é justamente a forma como os estudantes interagem com a ciência, desde a mais tenra idade até o momento em que têm de fazer uma escolha profissional. Neste processo de formação ao longo da vida, o estudante conta com um forte aliado – o professor – que é o tutor que o guiará pela jornada do conhecimento. Cada vez mais, o papel de um bom professor passa por ser capaz de perceber que tem novos e grandes desafios pela frente. A forma tradicional de ensino da ciência até aos dias de hoje tem demonstrado falhas, e o hiato entre o ensino clássico das ciências e a ciência que efectivamente se faz nos centros de investigação é cada vez maior. É imperioso aproximar essas duas faces da ciência transformando as aulas em uma simulação da verdadeira investigação – algo muito simples nos dias que correm, já que a investigação científica está agora à distância de um clique.

Com o advento das novas tecnologias tudo avança mais depressa, os desafios são maiores, e as exigências enfrentadas por estudantes e educadores são cada vez maiores. O problema está identificado, a solução também, mas o caminho a percorrer não é trivial e depende do esforço pessoal de educadores e do apoio da comunidade de investigadores. Esse foi um dos motivos que justificou a adopção pela União Astronómica Internacional do "Galileo Teacher Training Program" (GTTP) como programa mundial do AIA2009. As necessidades estão identificadas, os recursos pedagógicos são muitos e com grande qualidade; contudo, poucos são os professores, sem formação específica, que os utilizam. A razão é simples: é necessário um investimento pessoal grande, e é fundamental um critério de selecção dos materiais, confiança nos resultados obtidos e adequação ao programa escolar. Para atender a parte destes requisitos, muitos criadores de recursos promovem sessões regulares de formação de professores – a NASA e a ESA são bons exemplos. Contudo, mesmo professores que tenham recebido formação, nem sempre utilizam em sala de aula o que aprenderam, simplesmente por receio dos resultados efectivos da sua aplicação. Assim, uma forma de resolver este problema é a criação de redes de educadores que promovem a ajuda entre pares, a troca de informação acerca

Exemplo de aplicação em sala de aula de recursos integrantes de uma sessão de formação em que participou uma professora do 3ºciclo.

dos diferentes recursos, uma selecção e classificação de actividades de acordo com a sua utilidade e aplicação específica. Essa é justamente a missão do GTTP: formar educadores na utilização de diferentes recursos e promover a criação de uma rede mundial que funcione como um repositório de experiências e como uma linha de suporte constante.

O objectivo do GTTP não é produzir recursos mas sim criar um repositório de bons recursos que estejam disponíveis gratuitamente e permitir aos utilizadores avaliar a sua qualidade. Neste momento, os recursos estão classificados de acordo com os critérios estabelecidos pelo GTTP para certificação de professores durante o AIA2009; no futuro terão uma classificação que pretende facilitar a busca de opções para ensino de tópicos específicos e adequação etária.
Todos os professores que participem numa formação GTTP terão direito a um certificado de *Galileo Teachers*. Para que uma sessão de formação receba a certificação de sessão GTTP tem que promover o ensino de pelo menos três das seguintes componentes:

- Utilização de novas tecnologias para o ensino das ciências;
- Astronomia Básica;
- Utilização de Recursos produzidos no âmbito do AIA2009;
- Utilização de telescópios robóticos.

O GTTP conta, a nível mundial, com o apoio dos promotores da "Global Hands-on Universe Association", uma associação mundial que promove o ensino da astronomia. A organização tem parceria com vários telescópios operados remotamente e que estão à disposição dos *Galileo Teachers*.
O nosso planeta não tem fronteiras naturais, elas são uma simples invenção humana, mas com terríveis consequências. Organizamo-nos em pedacinhos marcados por linhas imaginárias e determinamos que direitos e deveres cada conjunto de seres

André Moitinho (SIM/FCUL) apresentado o projecto de investigação científica aos alunos da Escola Secundária da Cidadela.

Professora Leonor Cabral, professora piloto do "Hands-on Universe" em Portugal.

Estudantes E.S. Cidadela que participaram no projecto.

(todos da mesma espécie) têm. Esta forma estranha de organização tem um efeito muito nefasto para aqueles que habitam pedacinhos menos privilegiados. O GTTP tem também esta preocupação e, sendo um programa mundial, pretende proporcionar a educadores de todos os cantos do mundo a possibilidade de acesso à formação. Esse objectivo não será certamente concretizado em 2009, mas as sementes estão a ser lançadas. A forma de garantir direitos iguais a todos é criar uma rede mundial de promotores que garanta a representatividade das diferentes regiões, que represente os mais carenciados ao requerer as necessárias condições para as diferentes regiões do planeta. Numa primeira fase, os conteúdos serão disponibilizados *online* (http://www.galileoteachers.org) gratuitamente. A fase seguinte é a produção de materiais em suportes auto-contidos, de forma a atender populações onde a internet ainda é um problema, e finalmente atender as populações onde o computador ainda não é uma ferramenta de trabalho.

Estão a ser estabelecidas parcerias com organizações que possam garantir a dinamização de sessões de formação de professores por vídeo-conferência. Todo o material produzido ao longo destas formações fica disponível na página do programa para ser utilizado por outros professores que não tenham oportunidade de participar nas sessões organizadas para o GTTP ou para aqueles que queiram simplesmente rever o que aprenderam.

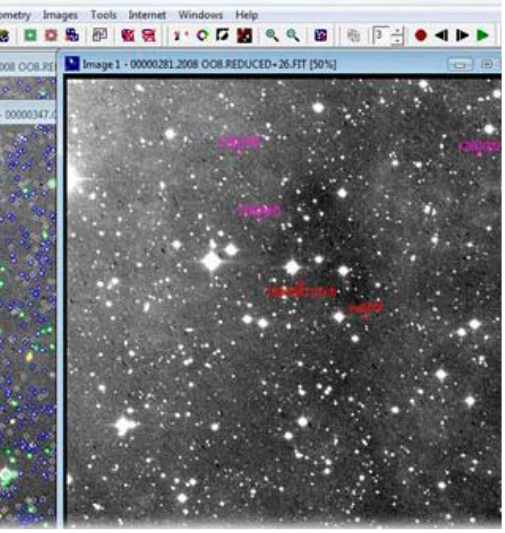
Outra componente fundamental do programa é o apoio da comunidade científica. A aproximação das Universidades às escolas é, comprovadamente, uma forma muito poderosa de conquistar jovens para o mundo da ciência. O GTTP também pretende convidar astrofísicos a adoptarem escolas promovendo verdadeiros projectos de investigação nas escolas. O NUCLIO (Núcleo Interactivo de Astronomia), representante português do GTTP, tem vários casos de sucesso na relação próxima de cientistas com estudantes. Um exemplo é o projecto "Caçar enxames à volta de estrelas do Tipo O" promovido na Escola Secundária da Cidadela pelo Doutor André Moitinho. Os estudantes do 12º ano participaram no projecto de investigação proposto pelo cientista e a aventura culminou com o 3º lugar, obtido por uma das alunas que participou no projecto, no concurso europeu "Catch a Star" promovido pelo Observatório Europeu do Sul (ESO). Os estudantes contribuem para a ciência enquanto aprendem o método científico e a eficiente utilização das novas tecnologias, algo que lhes será útil em qualquer área profissional que venham a escolher.

Exposição de trabalhos sobre Marte na Escola Secundária Fernando Namora.

Outro caso com resultados positivos muito apreciáveis foi o dos estudantes da Escola Secundária Fernando Namora que foram acompanhados de perto pelo Dr. José Saraiva (CERENA /IST), que acompanhou os estudantes ao longo de 2 anos.

Em resumo, o GTTP pretende:

- Formar professores para a utilização das novas tecnologias
- Promover a contínua renovação de conhecimentos
- Criar/fortalecer uma rede mundial de promotores e educadores
- Promover uma consciencialização da cidadania global
- Ampliar horizontes
- Promover a promoção de projectos inter-escolas, internacionais



Estudantes da Escola Secundária Fernando Namora à procura de asteróides.

A grande aposta é na disseminação das boas práticas em sala de aula, não só em sessões de formação de professores mas também na construção de projectos entre escolas.

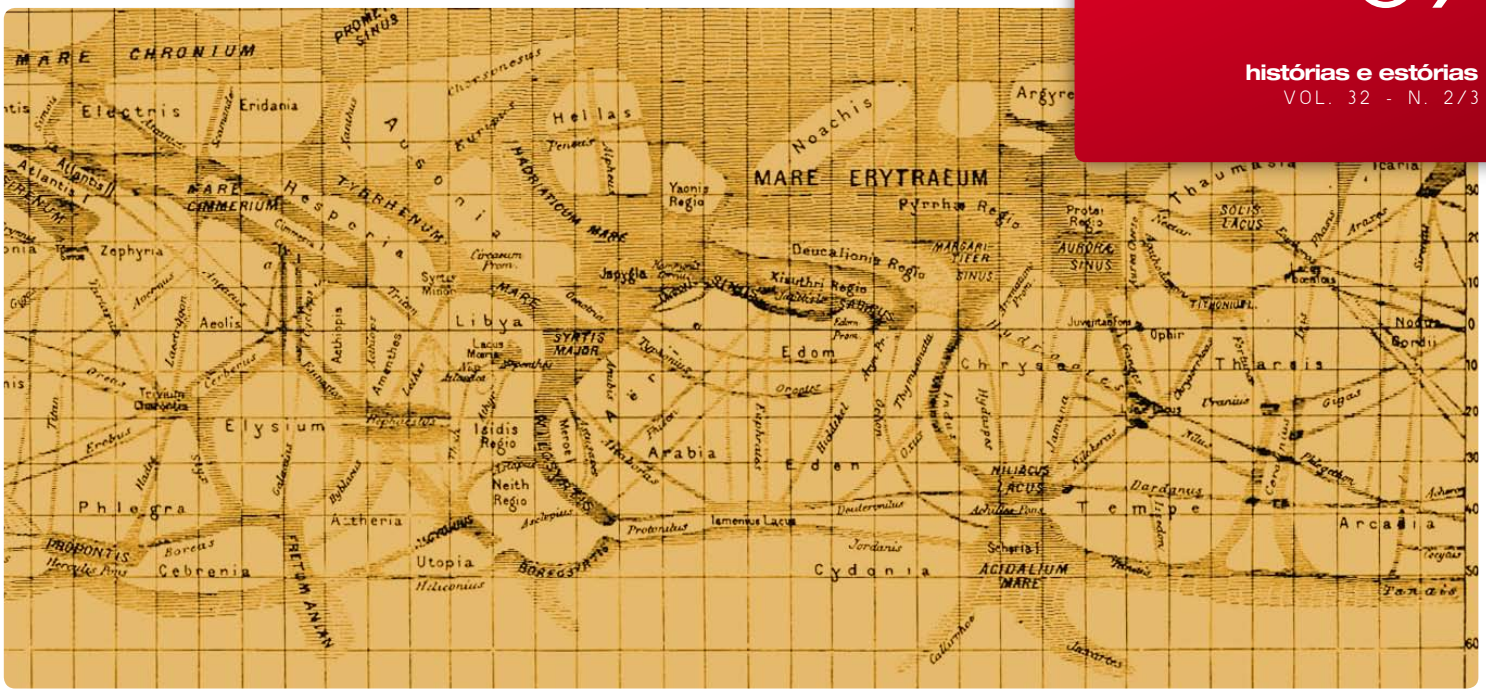
Formação GTTP na China (em cima), em Portugal (no centro) e em parceria com a Agência Espacial Europeia (em baixo).

Países com representantes GTTP.

O NUCLIO forma professores há cerca de quatro anos e verificamos que, a pouco e pouco, as boas práticas vão sendo difundidas. Um bom exemplo é o programa de procura de Asteróides ("International Asteroid Search Campaign"). Os alunos são convidados a colaborar com a NASA na descoberta de novos asteróides ou na verificação de rotas de objectos recém-descobertos. Várias escolas portuguesas já foram premiadas no âmbito deste projecto. Na formação inicial participaram duas professoras e neste momento são mais de oito escolas as que participam no projecto.

São cerca de 50 os países que promovem o GTTP neste momento e várias sessões de formação estão já em curso por todo o planeta.

São pequeninos passos que revolucionam o ensino das ciências, mudam o paradigma da sala de aula, voltam a criar nos estudantes o gosto pela ciência e valorizam o papel do professor/tutor tendo um forte efeito no aumento da auto estima e confiança dos educadores. O GTTP é um dos programas-chave que ficará como um legado do AIA2009.



Quando Marte era habitado

Gonçalo Figueira

Há uns anos atrás, o anúncio da descoberta de água em Marte foi recebido com considerável entusiasmo pela comunidade científica, pelas novas perspectivas que abre quanto à possibilidade de existência de vida em outros planetas. A notícia teve o raro privilégio, para um assunto de ciência, de correr os media de todo o mundo, se bem que talvez não tenha propriamente deixado o cidadão comum aos pulos de excitação. Algo diferente da histeria colectiva de há cem anos atrás, quando a opinião pública acompanhava empolgada as sucessivas notícias publicadas por respeitáveis jornais americanos, com destaque de primeira página, sobre *fait-divers* dos nossos vizinhos marcianos, em particular as suas proezas de engenharia civil...

Sim, é verdade que nessa época, para uma boa parte da população, a existência de marcianos era tão natural quanto a existência de, digamos, australianos. Para compreender a raiz deste panorama, recuemos até 1877. Neste ano, o astrónomo italiano Giovanni Schiaparelli aproveitou a particularmente vantajosa oposição de Marte (situação em que o planeta se apresenta mais próximo da Terra e mais brilhante) para realizar observações extremamente detalhadas da sua superfície. Schiaparelli era um reputado especialista neste planeta, tendo baptizado boa parte das suas formas topográficas com nomes de mares e continentes, à semelhança da Terra. Mas nesta ocasião, graças ao aumento de visibilidade, descobriu surpreendido que o planeta era atravessado por uma misteriosa rede de finas linhas, nunca antes detectadas, e estendendo-se ao longo de milhares de quilómetros. Nesse mesmo ano já se tinha descoberto que Marte era orbitado por dois satélites, pelo que mais uma novidade era plausível. Em oposições posteriores pode confirmar a realidade das linhas, cartografando-as detalhadamente e publicando mapas cada vez mais precisos (ver imagem acima).

Schiaparelli usou a palavra italiana *canali* para descrever estas linhas. Em português, a tradução é óbvia e pacífica: *canais*. Mas em inglês podemos pensar em várias alternativas: talvez *channels*, como em *English Channel*, ou *canals*, como em *Suez Canal*. Ora foi precisamente a segunda opção que vingou junto do público e, como se pode ver pelos exemplos atrás, a tradução é provocante. O canal do Suez tinha sido concluído em 1869, e estava em curso a construção do canal do Panamá, ambas portentosas obras da mais recente engenharia. Para alguém que vivesse no último quartel do séc. XIX, a afirmação de que tinham sido descobertos *canals* em Marte era desconcertante.

Não tardou a que as observações fossem repetidas por outros astrónomos, e no final da década de 1880 mesmo os mais potentes observatórios do mundo confirmaram os resultados. A cada nova observação era mesmo anunciada a descoberta de canais até aí não detectados. Em 1892, ano da oposição mais favorável desde 1877, a obsessão por Marte espalhou-se como uma epidemia pela América do Norte e Europa: em jornais, revistas, livros, palestras e até anúncios publicitários. Mesmo astrónomos profissionais se deixaram levar na corrente e começaram a enviar os seus resultados para jornais diários, evitando a arbitragem de pares.

Mas falta ainda entrar o principal actor desta história. Percival Lowell (Fig. 1), nascido em 1855, era membro de uma influente família da aristocracia de Boston. Apesar de desde jovem ter mantido um certo interesse em assuntos científicos – como era costume entre os cavalheiros educados de então – em particular astronomia, a sua formação preparou-o sobretudo para se tornar um digno sucessor à frente dos negócios da família. Já adulto, viveu intermitentemente durante uma década no Extremo Oriente, escrevendo diversos livros sobre os hábitos e tradições locais. Embora acompanhasse com curiosidade a evolução das descobertas sobre a superfície de Marte, talvez não fizesse ideia de que se tornaria no maior obcecado de sempre com este planeta, até finais de 1893. Nesse ano, recebeu de presente de Natal um exemplar do livro "O planeta Marte e as suas condições de habitabilidade", do astrónomo francês Camille Flammarion. Além de cientista, Flammarion era um autor prolífico, hábil divulgador, e investigador de espiritismo. Neste livro apresenta uma compilação ricamente ilustrada de todas as observações de Marte feitas até à data, incluindo naturalmente as de Schiaparelli; descreve o que pensa serem as paisagens amenas do planeta, mares pouco fundos e planícies secas; e conjectura sobre a existência de uma avançada civilização de marcianos que terá construído os canais.

A ideia de vida inteligente em Marte apaixonou violentamente Lowell. Em poucos dias, tomou a decisão radical de mudar o rumo da sua vida e devotar-se inteiramente à observação deste planeta, com o fim explícito de confirmar esta hipótese. O facto de não ser um astrónomo profissional e não ter acesso aos grandes observatórios não o deteve: ele decidiu que construiria o seu próprio observatório. Ficaria assim com controlo absoluto sobre a agenda do mesmo, e o mérito exclusivo de quaisquer descobertas que viesse a fazer. Mas o tempo escasseava rapidamente: a próxima oposição de Marte – a melhor em mais de uma década – teria lugar em Outubro de 1894. Mais importante, Lowell tinha os meios para financiar um observatório de raiz, mas não tinha conhecimentos técnicos para o construir. Felizmente, encontrou a combinação oposta de recursos no astrónomo William Pickering, investigador do Observatório de Harvard, e irmão mais novo do seu director Edward Pickering. William tinha experiência no dimensionamento de observatórios, e tinha acabado de passar uma temporada na estação de Arequipa, no Peru, onde – contrariando as ordens do irmão, que o tinha enviado para observação estelar – se tinha dedicado a caracterizar detalhadamente as alterações meteorológicas e o aparecimento de "lagos" na superfície de Marte. O jovem Pickering tinha assim as condições para ser o parceiro ideal para a empreitada. Os dois homens começaram rapidamente à procura de um local com condições atmosféricas adequadas à observação planetária, aspecto fundamental para se conseguir observar com uma boa resolução. Optaram por uma colina perto da pequena cidade de Flagstaff, no Arizona. Convém recordar que estamos a falar do faroeste americano do séc. XIX, pelo que outra das preocupações de Lowell quanto ao local escolhido era que o futuro observatório não fosse atacado por índios!

Fig.1 - Percival Lowell (1855-1916) no início do século.

O processo da colaboração envolveu alguns aspectos delicados; Lowell era rico, mas um mero amador comparado com o experiente Pickering. Era conhecido pela sua literatura de viagens, mas não tinha quaisquer créditos em astronomia. Querendo atrair publicidade para o novo projecto, percebeu

que, para a opinião pública, o "seu" observatório estava a ser demasiado associado a Harvard para o seu gosto; ele era visto apenas como um filantropo. Esta questão irritou-o a tal ponto que a colaboração só pode prosseguir quando Pickering pediu licença sem vencimento da sua instituição, e se tornou efectivamente seu empregado. E, para eliminar quaisquer dúvidas sobre quem mandava, o projecto foi baptizado Observatório Lowell.

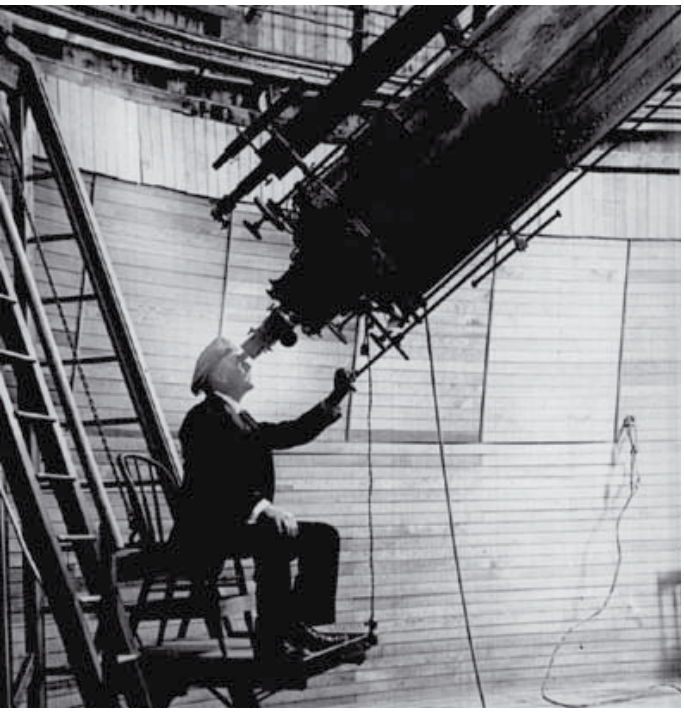


Figura 2 – Ao telescópio no Observatório Lowell.

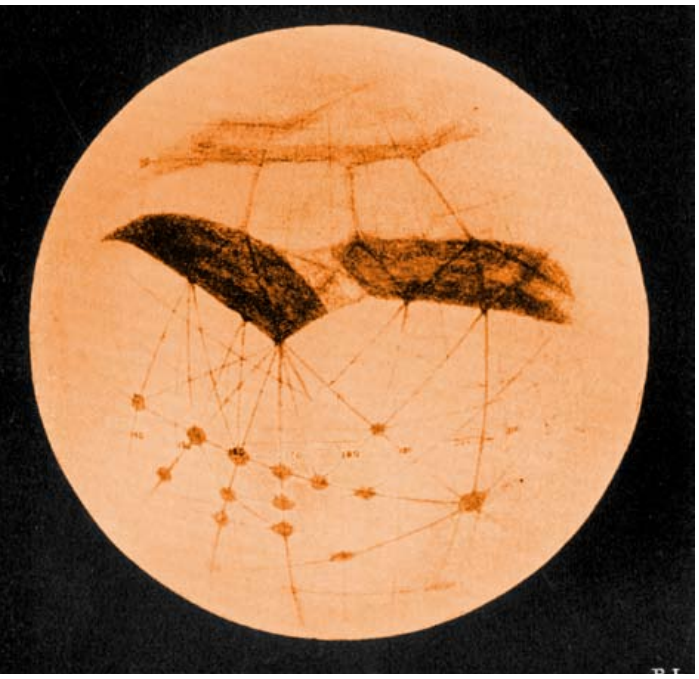


Figura 3 – Desenho da superfície de Marte por Lowell.

A construção foi concluída a tempo, e graças a dois telescópios emprestados de 12 e 18 polegadas (Fig. 2) foi possível recolher uma vasta quantidade de dados durante o período da oposição – a tal ponto que o número de canais observados disparou em relação aos já conhecidos (Fig. 3). Homem ambicioso de fama, Lowell aproveitava todas as ocasiões para publicitar as suas descobertas, e em pouco tempo o seu nome era sinónimo de Marte. As suas qualidades como requintado orador e divulgador contribuíam para transmitir ao grande público o fascínio da descoberta do novo, e, muito por obra dele, neste período a astronomia começou a desfrutar de uma popularidade inédita.

Em 1895 surge o seu primeiro livro sobre o tema, chamado simplesmente "Marte"[1]. Outros dois se seguiriam: "Marte e os seus canais", de 1905, e "Marte, lar de vida", de 1908. Nestes desenvolve as suas ideias sobre a origem dos canais e constrói livremente teorias sobre a civilização marciana. Segundo ele, os canais servem para conduzir a água que provém do gelo derretido nas calotas polares até às regiões áridas do equador marciano, onde são usadas para irrigação. Sustenta esta ideia com o facto de que, quando as calotas encolhem durante o Verão, se observa um escurecimento do resto do planeta, que seria então provocado pelo crescimento de vegetação. Os canais seriam assim a evidência de uma fértil faixa verdejante ao longo de uma conduta de irrigação – um aspecto semelhante ao que tem o rio Nilo visto do espaço. Além disso, defende, os canais são demasiado regulares para resultarem de um acaso da natureza, e só podem ser obra de uma inteligência superior. Conclui assim que Marte é habitado por seres extremamente inteligentes e altruístas, formando uma sociedade unida em torno do desígnio comum de combater a extinção pela seca.

Como é compreensível, estas afirmações bombásticas não encontravam grande simpatia por parte da comunidade de astrónomos profissionais. Lowell considerava-se uma autoridade sobre Marte, mas afinal era um mero amador pretensioso, que escrevia sobretudo para publicações de popularização científica, e insinuava as suas teorias como factos junto do público, sem distinguir o que era aceite e o que era especulação fantasiosa. Além disso, os outros observatórios tinham dificuldade em conseguir acompanhar a verificação do crescente número de canais que Lowell apregoava; surgiram sérias dúvidas quanto à sua natureza quando se constatou que quanto melhores as condições de observação, mais difícil se tornava vê-los. Seria mais coerente tratar-se de ilusões de óptica, de confusão com estruturas geológicas naturais, ou de uma imaginação exacerbada (Fig. 4); no fundo, seriam de facto obra de seres inteligentes, mas que estavam do lado errado do telescópio... Com o passar dos anos, o número de astrónomos que defendiam a realidade dos canais reduziu drasticamente, e aumentou o daqueles que atacavam a falta de ética científica de Lowell.

1 O livro pode ser lido online em http://www.bibliomania.com/2/1/69/116/frameset.html

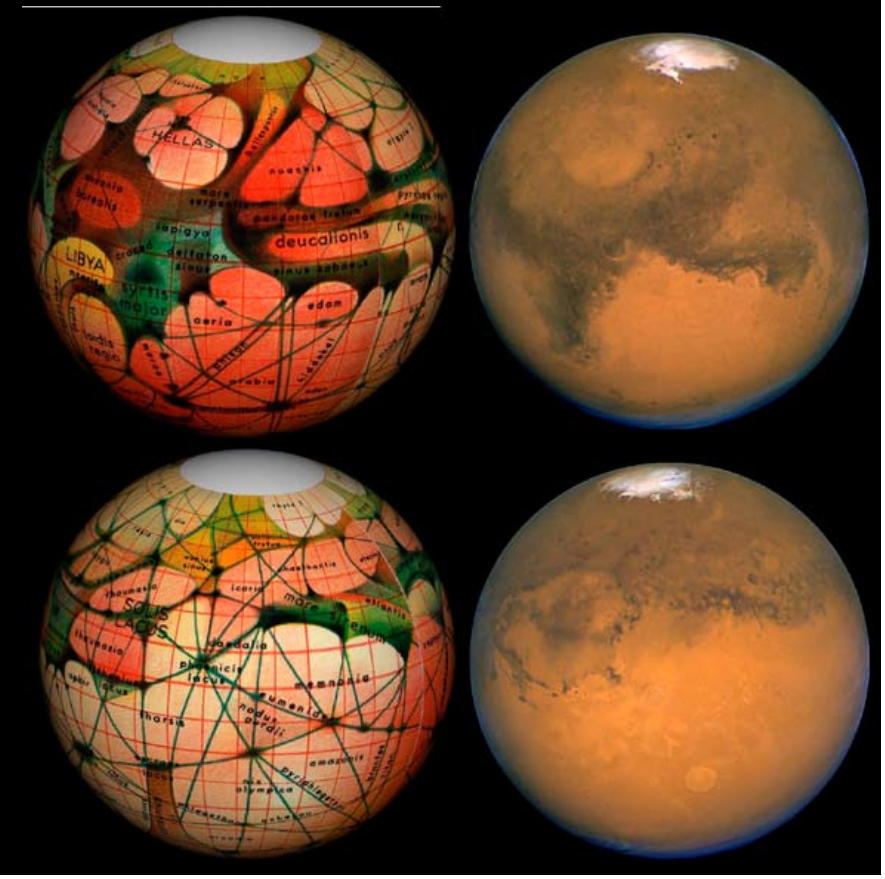
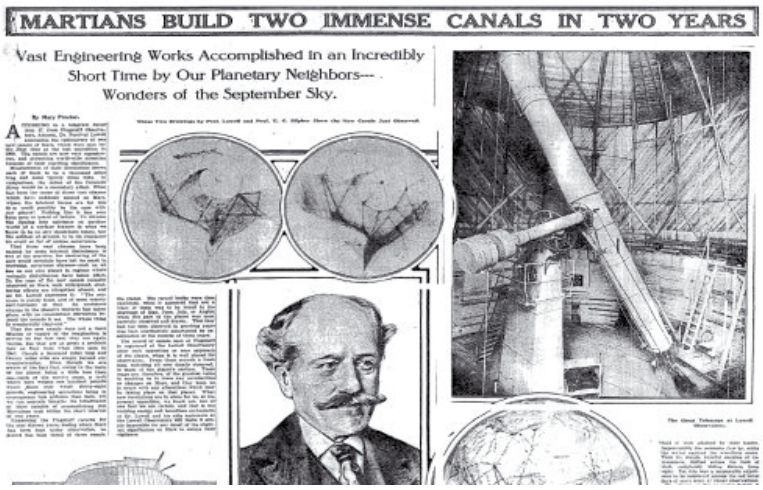


Figura 4 – Ilustração comparativa das linhas na superfície de Marte conforme desenhadas pelo astrónomo Eugene Antoniadi em 1894 (com o Pólo Sul para cima, de acordo com a convenção da época) e imagens do Hubble Space Telescope de 2003. Note-se a elevada correlação entre os dois mapas na distinção de zonas claras e escuras, mas a total ausência de canais no segundo. [Créd. Tom Ruen, Eugene Antoniadi, Lowell Hess, Roy A. Gallant, HST, NASA].

Paradoxalmente, a sua aceitação pública crescia ao ponto de o tornar numa figura de culto. Os seus livros e palestras eram um sucesso. Os jornais recebiam avidamente os seus comunicados anunciando o aparecimento de novos canais. Discutia-se o trágico destino da civilização marciana e a sua luta desesperada por salvar todo o planeta da desertificação. Durante a oposição de 1909, Lowell anunciou que tinha assistido passo por passo à construção de um novo canal, o que provava definitivamente a verdade das suas teorias (Fig. 5); os leitores aceitaram a "descoberta" sem


MARTIANS BUILD TWO IMMENSE CANALS IN TWO YEARS

Vast Engineering Works Accomplished in an Incredibly Short Time by Our Planetary Neighbors--- Wonders of the September Sky.

Figura 5 - Notícia do New York Times, 27 de Agosto de 1911: "Marcianos constroem dois enormes canais em dois anos – grande obra de engenharia concluída num prazo incrivelmente curto pelos nossos vizinhos planetários."

pestanejar. Para estes, o seu estatuto de adversário da ciência convencional parecia torná-lo ainda mais heróico.

Manteve a sua obstinação até ao final da vida, em 1916. Além de Marte, nos seus últimos anos interessou-se pela eventualidade da existência de um nono planeta álem de Neptuno, que não era então conhecido. Plutão viria a ser descoberto em 1930, no Observatório Lowell, por Clyde Tombaugh, seguindo o trabalho pioneiro do seu fundador. As iniciais do nome escolhido para o novo membro do sistema solar e o seu símbolo astronómico, as letras P e L, configuram uma homenagem ao homem que viveu efectivamente apaixonado por outro planeta. Com a sua morte, não restaram muitos interessados em procurar mais linhas em Marte, e nas décadas seguintes o assunto esmoreceu lentamente. A refutação final só veio em 1965, quando a sonda Mariner 4 obteve as primeiras fotografias próximas da superfície, enterrando de vez o romance da civilização marciana. E hoje, qualquer um de nós pode mesmo "explorar" a paisagem de Marte, sem sair de casa, através da internet – algo com que Lowell nunca terá sonhado.

Apesar da contribuição de Lowell para o avanço da astronomia ser quase marginal aos seus esforços principais, e das dores de cabeça que provocou aos seus colegas contemporâneos, o seu papel principal acabou por ser o de catalisador do interesse público por temas como o prazer da descoberta científica, a importância da observação astronómica, e a busca de vida extraterrestre. Provavelmente, sem o seu enamoramento por Marte e o legado cultural resultante não teríamos tido algumas das melhores obras de ficção científica do séc. XX. O seu brilhante estilo de exposição, que era simultaneamente fonte de irritação e de inveja para os profissionais, apelou à imaginação e despertou o interesse de toda uma geração para a astronomia, para os mistérios do céu, e para a possibilidade real de não estarmos sós no Universo. Só por isto, até podemos desculpar o facto de o ter conseguido às custas de defender uma ideia errada. Quase que podemos dizer que se escreveu direito por... canais tortos.

Referências:

K. Zahnle, "Decline and fall of the martian empire", Nature 412, 209 (2001).
D. Strauss, "Percival Lowell, W. H. Pickering and the founding of the Lowell Observatory", Annals of Science 51, 37 (1994).
R. Crossley, "Percival Lowell and the history of Mars", The Massachusetts Review 41, 297 (2000).

Os meus livros

RUI AGOSTINHO
Observatório Astronómico da Universidade de Lisboa

Entre enciclopédias caseiras, manuais escolares, tratados universitários e obras de divulgação, muitos são certamente os livros que contribuem para a formação de um astrónomo e que ele recorda como favoritos. Pedimos ao conhecido investigador e divulgador de astronomia Prof. Rui Agostinho que nos contasse a história dos seus.

16 de Julho de 1969: o enorme foguetão Saturno V levantou de Cabo Canaveral rumo à Lua. Os dados estavam lançados. Neil Armstrong comandava a missão que o "Diário de Notícias" de Lourenço Marques (actual Maputo) detalhava com textos descritivos dos avançadíssimos equipamentos a bordo, as infografias da viagem calculada ao quilómetro no espaço e ao segundo no tempo, dos perigos da alunagem em solo muito irregular, do momento em que o Módulo Lunar retornasse à nave de Comando em órbita da Lua, do ângulo e velocidade de reentrada na atmosfera Terrestre. Ao quarto dia de viagem, a 20 de Julho as notícias foram:

Armstrong e Aldrin estão na Lua! "Um grande passo para a Humanidade". Prestes a fazer 11 anos de idade devorei as muitas páginas do "Diário de Notícias" dedicadas à Apolo XI durante os quase oito dias da missão, pois não havia televisão e a rádio não era tão prática.

A tecnologia associada e o problema das órbitas sempre me fascinaram. Coisa difícil que, acreditava, um dia saberia fazer. No estudo da Ciência no Liceu António Enes os livros preferidos eram os manuais de Física do 4º (8º) e 5º (9º) anos, onde adorava a óptica, as leis de Newton, a estática, as propriedades térmicas e magnéticas dos materiais. Contudo a fonte incomensurável do saber moderno era a grande enciclopédia "Ciência Ilustrada", em 10 volumes que havia em casa (está ainda em casa da minha mãe), que me deliciava as interrogações do espírito, muito em particular as da física. Foi aí que li sobre todas as partículas elementares incluindo os quarks e taquiões, a dilatação do Tempo, a Relatividade e os seus "paradoxos", os efeitos de Peltier e de Seebeck, os supercondutores, etc.. Conhecia as páginas e os volumes com os artigos que mais me interessavam para ler e reler. Tudo isto era maravilhoso, a Enciclopédia inesgotável e sentia que um dia iria estudar tudo isso.

A astronomia foi surgindo nas aulas de Ciências Naturais e depois com a luneta do meu pai, que permitia correr o céu austral escuro mas citadino e onde se espraia a profusão riquíssima do centro da Via Láctea. A Enciclopédia de Astronomia Larousse com as belíssimas fotografias, algumas tiradas pelo fantástico telescópio gigante (um espelho de 5 metros) do Monte Palomar, ilustrações e textos explicativos do que eram as galáxias e a sua ordenação no diagrama de Hubble, a expansão do universo, a morfologia dos planetas, a evolução das estrelas, buracos negros e pulsares, etc., era deveras cativante e abria-a com excitação.

Já na Metrópole, do Liceu D. João de Castro à Faculdade de Ciências em Lisboa, os livros de divulgação de física num Portugal da Revolução desfolhavam-se de outra maneira: Os "Diálogos sobre Física Atómica" de Werner Heisenberg, "A Natureza da Matéria" de Otto Frisch, "Elementos de Física Nuclear: Partículas e Aceleradores" de Robert Gourian que ainda usei bastante tempo para ir assimilando estes tópicos. O "ABC da Relatividade" de Bertrand Russell discutia sem matemática alguma a fenomenologia desta nova visão da natureza. Ainda me recordo da estranheza que foi a capa da edição da Europa América: além da foto de Einstein estava escrito E= V2M em vez do tradicional e correcto mc^2.

"O Significado da Relatividade" de Albert Einstein já me apanhou no início da Física universitária, e recordo-me que, por causa da sua notação tensorial e conceitos mais elaborados que formalizavam a geometria do espaço-tempo, atrasei-o para segundas núpcias. Culpa do autor? Bem, é verdade que o subtítulo era "Com a Teoria Relativista do Campo não Simétrico" o que deveria ser uma boa pista para leigos espertos ou estudantes imberbes na física universitária. Apesar de saber que era falha só minha, gostava de atribuir alguma culpa ao editor Arménio Amado que o publicou na "Colecção Studium: Temas Filosóficos, Jurídicos e Sociais"(!) vá-se lá perceber porquê. Sei que nunca o acabei de ler pois não pescava nada do Princípio Variacional, do Tensor de Riemann ou da Densidade Tensorial de Levi-Cività, entre outros termos que lá apareciam e só no 4º ou 5º ano de Física os comecei realmente a aprender (alguns…).

Muitos outros livros foram marcando de modo mais forte ou indelével o meu gosto e aventura pela física, sempre norteado pelo objectivo de conhecer a explicação dos "porquê?". Paralelamente fui lendo sobre os grandes debates da cosmologia e da estrutura do universo obtida pela observações astronómicas. As descobertas revelavam-se em textos sobre "Cosmologia" de Hermann Bondi, "O Universo" de Isaac Asimov e, bem mais tarde com "Um Pouco Mais de Azul" de Hubert Reeves ou o "Cosmos" de Carl Sagan.

Interessei-me desde cedo pelo debate entre a Teoria do Estado Estacionário de H. Bondi, T. Gold (e depois F. Hoyle) e a do Big-Bang, esta última bem exposta n'"Os Três Primeiros Minutos do Universo" de Steven Weinberg (1998). O debate era moderno e aparecia em diversas publicações. O Princípio Cosmológico Perfeito é elegante apesar de algo arrojado. A estrutura do espaço-tempo tinha uma descrição relativista com geometria plana mas o pressuposto da criação espontânea e contínua de protões a partir do nada para manter uma densidade constante de galáxias num universo em expansão, gerava insatisfação pois nenhum dos fenómenos físicos habituais apontava ou deixava pistas nesse sentido. Era um pressuposto no qual apenas se acreditaria com provas claras que secundassem as previsões teóricas. As observações astronómicas subsequentes mostraram que a distribuição das abundâncias químicas com a predominância exageradamente elevada de hidrogénio (75%) e hélio (23,4%) só eram compatíveis com o Big-Bang e a nucleossíntese primordial dos primeiros minutos. Por outro lado a contagem de rádio galáxias fracas dava valores muito altos para as previsões feitas e só a teoria do Big-Bang poderia ser ajustada para explicar tais resultados. Surgiu depois a questão da Radiação Cósmica de Fundo que tudo indicava ter um espectro de Planck. Foi excelentemente medido em 1990 pelo satélite COBE (nas microondas $\lambda \sim 2$ mm) e que permitiu detectar a temperatura de 2,725 K e flutuações da intensidade de radiação inferior a 10^{-4} provenientes da formação primeva das grandes estruturas do universo em expansão: as galáxias e seus grupos. A Teoria do Estado Estacionário (TEE) era definitivamente incompatível com uma curva de corpo negro e, também por causa disso, por aí se ficou na história da cosmologia mesmo após as alterações introduzidas por Hoyle e Narlikar. Parece que ainda hoje é referida em alguns modernos manuais

escolares deste país como uma teoria válida para entendermos a evolução do universo. Vá-se lá saber porquê.

Dos textos usados na universidade revejo a poesia da geometria diferencial dos espaços e curvas tridimensionais com o plano osculador, as fórmulas de Frenet-Serret, etc., que lia e relia na "Introdução à Álgebra Linear e Geometria Analítica" de Dias Agudo. Não posso esquecer dos volumes de "Análise Real" do mesmo autor ou do "Calculus" de T. Apostol. Muito usados foram os livros de física geral como os dois volumes de "Física: um curso universitário" de Alonso e Finn, a "Mecânica Racional" de J. Synge e B. Griffith, o "Quantum Physics" de Cohen-Tannoudji entre outros.

Surgiu também um debate entre hipóteses científicas no estudo dos princípios da Mecânica Quântica: fomos alertados para a questão do desvio para o vermelho no espectro das galáxias, de pretensa origem cosmológica, poder ter apenas origem na hipótese do fotão cansado de Zwicky (1929) e defendida por L. de Broglie. Esta ideia sem qualquer indicação experimental forte que a sustentasse, foi mantida por alguns ao longo de décadas. Só mesmo no ano passado o artigo de S. Blondin *et. al*., no Astrophysical Journal, mostrou que as curvas de brilho das supernovas tipo Ia apresentam uma dilatação temporal relativista em acordo com a sua distância e a constância de c num universo homogéneo, isotrópico, em expansão, ou seja em pleno acordo com a teoria do Big-Bang. A prova derradeira está finalmente dada contra a proposta de Zwicky.

A mudança ocorreu nos estudos graduados em astrofísica na Universidade da Carolina do Norte em Chapel Hill, EUA. Para além do ensino mais tradicional baseado num livro de texto, como foi a cadeira de "Quantum Mechanics" que tive com Eugen Merzbacher (livro do mesmo autor) a experiência de ter aulas com Bruce Carney sobre Astronomia Galáctica foi a grande surpresa: além do excelente livro que servia de base, o "Galactic Astronomy" de D. Mihalas e J. Binney, o recurso à leitura e discussão de artigos científicos publicados era uma constante na dinâmica das aulas e dos trabalhos requeridos. Abriu-se um novo universo à minha frente… que trouxe para os cursos graduados que iniciei em Lisboa.

A aprendizagem da estrutura e evolução estelar foi penosa com bases tiradas do clássico, puro e duro, "Stellar Atmospheres" de D. Mihalas. Mais simples, moderno e pedagogicamente apresentado está este assunto nos três volumes de "Introduction to Stellar Astrophysics" da Erika Böhm-Vitense, que recomendo ao início dos estudos graduados. Ela consegue fazer a ligação elegante entre a física fundamental, o comportamento das estrelas e os parâmetros observacionais. Pode usar-se também o "Principles of Stellar Evolution and Nucleosynthesis" de D. Clayton, numa outra vertente mais teórica.

Alguns textos são fundamentais e verdadeiras referências, preciosidades, no ensino e investigação como o "Galactic Dynamics" de J. Binney e S. Tremaine, o "Radiative Processes in Astrophysics" de George Rybicki ou o "Cauldrons in the Cosmos: Nuclear Astrophysics" de Claus Rolfs. Para o ensino da análise espectroscópica pode recorrer-se ao completo "Stars and their Spectra: An Introduction to the Spectral Sequence" de J. Kaler, por exemplo.

Por último uma palavra sobre o ensino de 1º ciclo onde gosto de usar tanto o clássico "Introductory Astronomy and Astrophysics" de M. Zeilik, S. Gregory, E. Smith mas também o "Universe" de R. Freedman e W. Kaufmann devido à sua constante actualização, a riqueza dos textos e na introdução de equações e conceitos físicos.

Outros livros foram e vão passando pelo caminho, seja sobre a própria investigação, do Sistema Solar ou das galáxias mais distantes, dos métodos observacionais e das equações subjacentes, mas tudo se resume a um único objectivo: compreender qual é a resposta aos "porquê?" A astro-Física é mesmo linda!

Matéria escura e... futuro sombrio

Gonçalo Figueira

Patrícia Guiod de Castro é licenciada em Eng. Física Tecnológica pelo Instituto Superior Técnico (IST, 1998) e doutorada em Astrofísica pela Universidade de Oxford (2004), onde se especializou na estatística da radiação cósmica de fundo. Depois de um pós-doutoramento em Edimburgo, regressou ao IST em 2007, onde é actualmente investigadora no CENTRA, continuando o estudo da radiação cósmica de fundo. Recebeu o Prémio de Cosmologia Gruber de 2007, integrada na equipa "Supernova Cosmology Project" de Saul Perlmutter.

A Gazeta quis saber a sua opinião sobre o que é ser hoje em Portugal uma jovem investigadora em astronomia. E ficámos a saber que o seu fascínio pelo trabalho contrasta duramente com a ausência local de perspectivas viáveis para esta profissão.

GF – Como nasceu o seu interesse pela astronomia?
PGC – Desde miúda sempre tive interesse por áreas técnicas, embora mantivesse, e ainda mantenha, gosto pelas áreas literárias. De forma que, desde cedo, a Astronomia exerceu fascínio sobre mim, visto conjugar ciência com aspectos mais filosóficos. Programas televisivos e livros de divulgação científica em cosmologia, tal como o "Cosmos" do Carl Sagan, tiveram um papel importante, embora não determinante, quando era mais jovem. A sorte de ter bons professores no ensino secundário permitiu-me envergar por áreas científicas ainda no Liceu, e pelo curso de Física mais tarde. Fui estreitando os meus interesses, e foi durante o curso que surgiu o estudo específico da Astronomia.
GF – O que a levou a escolher uma licenciatura em física?
PGC – Como gostava muito de áreas técnicas no Liceu, em particular as cadeiras de Física e de Matemática, a escolha de Licenciatura surgiu naturalmente. Algo que me aliciava no curso de Física era que era suficientemente abrangente de forma a permitir um maior leque de opções profissionais. Nessa altura ainda não tinha decidido por que área dentro da Física queria enveredar, nem que iria mais tarde fazer um doutoramento.
GF – Quando e como decidiu tornar-se astrónoma profissional?
PGC – Foi no último ano do meu curso, quando tive a oportunidade de fazer um estágio em Berkeley, nos EUA, num grupo que estava nessa altura muito perto de fazer uma descoberta revolucionária. Esta descoberta, na qual participei, foi de que o nosso universo está em expansão acelerada, implicando a existência de uma forma de energia desconhecida, denominada a energia escura, e que corresponde a cerca de 74% de toda a energia existente no universo. A restante energia divide-se entre 4% de matéria bariónica, de que somos feitos, e 22% de matéria escura. Hoje em dia, este é um dos temas mais importantes de investigação em cosmologia, pois tem implicações em física fundamental. A minha experiência no seio do grupo que fez esta descoberta foi fantástica, e foi o que me decidiu a fazer da astronomia a minha profissão.
GF – À partida já tinha um assunto preferido de trabalho, ou surgiu em função das circunstâncias/oportunidades?
PGC – Tipicamente, quando se decide fazer um Doutoramento, não se está ainda completamente a par da área de investigação que se escolhe, pois ainda nem sequer se iniciou o trabalho de investigação propriamente dito. No meu caso, este processo iniciou-se um pouco mais cedo devido à oportunidade de fazer o projecto de final de curso nos EUA, mas a Cosmologia era sem dúvida a área em astronomia que mais me aliciava na altura. Embora o meu tema de doutoramento não tenha sido exactamente no mesmo tema de investigação que prossegui em Berkeley, que envolvia o estudo de supernovas para determinar as características

da evolução do universo, foi de certa forma uma continuação natural deste trabalho. Acabei por me especializar na radiação cósmica de fundo, uma radiação emitida quando o universo tinha cerca de 400 000 anos, e que nos permite igualmente inferir conhecimento sobre propriedades básicas do nosso universo. Foi a descoberta da radiação cósmica de fundo que confirmou a existência do *Big Bang* no início dos anos 90, descoberta esta que mereceu o Prémio Nobel da Física em 2006.

GF – Quais acha que vão ser os *hot topics* dentro da sua área nos próximos anos?

PGC – Neste momento, o objectivo mais consensual em cosmologia é sem dúvida o de perceber a natureza da energia escura, responsável pelo comportamento evolutivo do universo. Existem várias experiências internacionais em funcionamento ou planeadas nesse sentido. A ideia é estudar com muita precisão a variação da velocidade de expansão do universo ao longo do tempo, usando observáveis diferentes. Mas há também que perceber em que consiste exactamente a matéria escura que é detectável apenas através do seu efeito gravítico, não emitindo qualquer radiação, e como se deu a criação das estruturas que vemos à nossa volta, tais como as galáxias e os enxames de galáxias.

GF – Ao longo da sua carreira, já teve oportunidade de trabalhar em vários países e ambientes diferentes – quais as semelhanças e diferenças que encontrou, no caso específico da sua área?

PGC – Ao longo dos meus anos de investigação, deparei-me com uma característica comum entre todos os países onde trabalhei: a qualidade dos seus investigadores, que interagem entre si, numa simbiose benéfica que vai para além das culturas, e que torna o mundo da investigação tão mais interessante. Dito isto, é possível discernir algumas diferenças, ligadas às próprias culturas dos diferentes países. Correndo o risco de estereotipar, eu diria que, em geral, nos EUA são abertamente competitivos e até agressivos, embora sejam altamente eficientes, enquanto que no Reino Unido são sobretudo muito pragmáticos e organizados nos seus objectivos, embora sempre bastante cordiais, o que contrasta bastante com os EUA. Em França faz-se muito boa investigação de fundo, o que é bastante importante e não é tão comum em países anglo-saxónicos. Em Portugal, apesar de haver muitos cosmólogos portugueses espalhados pelo mundo, não há massa crítica suficiente para se impor nesta área de investigação. No entanto, julgo que, se houvesse condições para reunir este grupo de portugueses, haveria o potencial para contribuirmos significativamente para esta área, devido às características inerentemente portuguesas, de conhecimento multifacetado e abrangente na área da Física.

GF – Neste momento regressou às "origens" – o IST, onde concluiu a licenciatura há onze anos. Quais as motivações para regressar a Portugal?

PGC – Por mais aliciante que seja a carreira científica no Reino Unido, após sete anos fora sentia falta de Portugal, da família, dos amigos, do tempo, etc. Como tive a possibilidade de prosseguir com a minha linha de investigação no CENTRA no IST mantendo as minhas colaborações anteriores activas, decidi voltar. Neste momento não estou segura que tenha sido a opção correcta...

GF – Qual a sua impressão pessoal sobre o que é hoje ser um astrónomo profissional em Portugal?

PGC – Infelizmente, a minha opinião é bastante negativa. Para já, o estatuto de pós-doutorado em Portugal é lamentável, comparativamente ao de outros países. Os salários são baixos para o nível de qualificações, sem evolução ao longo dos anos de carreira, e tem-se um estatuto de estudante sem sequer se ter direito ao subsídio de desemprego. As perspectivas de futuro são inexistentes, não havendo praticamente concursos para posições estáveis há anos. Mesmo as iniciativas Ciência 2007 e 2008, de cinco anos, por muito mérito que tenham, não dão qualquer tipo de garantias a longo prazo. Além disto, o apoio do Estado é pequeno e pouco regular, num meio em que a regularidade é essencial. Isto faz com que muitos cosmólogos portugueses acabem por ficar no estrangeiro, ou mudem de carreira e eventualmente abandonem investigação.

> "Muitos cosmólogos portugueses acabam por ficar no estrangeiro"

GF – Considera a possibilidade de, um dia, vir a estabelecer-se profissionalmente noutro país? Ou, pelo contrário, faz questão de prosseguir a carreira cá?

PGC – Como gostaria de continuar a morar em Portugal nos próximos anos, por motivos familiares, e como não há oportunidades cá para prosseguir a minha carreira, neste momento estou a considerar seriamente sair da investigação, para minha grande pena.

GF – Qual a mensagem que deixaria a um jovem candidato a astrónomo?

PGC – Não gosto de ser pessimista, mas neste momento diria que as perspectivas de ser um astrónomo em Portugal não existem, e que, para se ser astrónomo profissional, mais vale ficar por fora do país após a Licenciatura. É uma pena, pois a Astronomia é o ramo mais antigo da Física, e desde sempre um dos mais atraentes, com muitas incógnitas fundamentais e potencialmente revolucionárias do nosso conhecimento da física actual.

Um salto dos astros para a City

Mini-Entrevista a Cláudia Rola por

Teresa Peña

Quando nas últimas férias fomos a Londres, visitámos Canary Wharf, um dos cais do Tamisa. Nos séculos XVI e XVII era o desembarcadouro dos barcos com os produtos transportados do mundo novo, ou mesmo, quem sabe?, pilhados a meio pelos piratas. Mas dessa história não há vestígios. Nem se vêem marinheiros no cais. Antes, implantou-se um complexo, a versão moderna da velha City que precisou de mais espaço. Entre as fontes e flores à beira do rio, levantam-se as vidraças de enormes prédios, incluindo os três maiores do Reino Unido.

Mulheres e homens, em geral jovens, numa elegância informal, cruzam-se e falam discretamente em grupos pequenos. Não há chapéus de coco na nova City. E mesmo as gravatas já são poucas. E apesar dos borrifos de chuva constantes, na mão, as famosas umbrellas foram substituídas por telemóveis Blackberry. Neste ambiente tive o gosto de encontrar uma portuguesa. Nas primeiras trocas de palavras, percebi uma atitude familiar, que não tinha a ver (só) com sermos ambas portuguesas. Veio depois a confirmação do que devia ter sido logo óbvio para mim. Cláudia Rola era cientista de formação. E agora trabalha, com grande naturalidade, como Directora Executiva na Morgan Stanley. Já com muita experiência e um percurso de sucesso. Um brilho no olhar, uma estrela no firmamento da City londrina. Não resisti ao improviso de uma entrevista para a Gazeta de Física.

GF – Como foi optar por trabalhar na área financeira, em vez de Astrofísica?
CR – No último ano do meu contrato de pós-doutoramento em Cambridge (Reino Unido) fui contactada por agentes de recrutamento (*headhunters*) da City de Londres. Procuravam jovens doutorados em Matemática ou Física que estivessem interessados numa mudança de profissão para o mundo da Finança. Informei-me com outros doutorados que tinham feito esse salto e a maior parte das experiências eram positivas. Decidi então fazer um ano de sabática numa área muito diferente e ver, fora da "bolha protectora" da Ciência, o mundo da City, sobre o qual tinha muita curiosidade.
No início foi duro. A cultura é muito diferente da da Ciência, mas adaptei-me e agora gosto muito do que faço. Em particular, dado a natureza do meu trabalho e o ritmo acelerado da City, a minha contribuição diária para o banco de investimento em que trabalho tem um impacto imediato e pode fazer uma grande diferença. Obviamente existe muito *stress* associado, mas por outro lado, isso pode ser muito motivador.
Por outras palavras, sinto-me imediatamente útil à sociedade, o que me dá uma grande satisfação. Claro que muitas vezes tenho saudades da Astrofísica. Felizmente, como tenho família e amigos próximos ainda na área, lá vou tentando manter-me a par.

GF – Como e porquê uma licenciatura e um doutoramento em Astrofísica se adequam ao trabalho na City?
CR – Uma formação em Física ou Astrofísica dá-nos um *background* em matemática que é muito útil para o estudo de produtos financeiros complexos chamados "produtos derivados" (*derivatives*, em

inglês). Por outro lado, um doutoramento nestas áreas dá-nos a experiência de sermos capazes de aprender assuntos novos muito rapidamente, de saber colocar um problema concisamente, e depois trabalhar numa solução consistente.

Todas estas competências (os anglo-saxónicos dizem *skills*) são muito úteis para o desempenho de funções de *quantitative analyst* na City. Tipicamente, este tipo de função é o ponto de entrada na City para pessoas com uma formação técnica superior como a científica. A partir dai, à medida que se vai ganhando experiência sobre os vários produtos e também sobre a forma como os bancos e o mundo financeiro funcionam, outras funções vão sendo possíveis, sempre com uma forte conotação técnica.

GF – Algum pensamento, história ou experiência do percurso académico e profissional, que queira contar à GF?

CR – Contrariamente às ideias pré-concebidas sobre a City, os bancos de investimento têm uma consciência social muito elevada e fazem questão em dar o exemplo em relação a todo o tipo de iniciativas que procuram melhorar e ajudar a sociedade.

Além das óbvias doações a instituições de beneficência, os bancos organizam várias iniciativas que encorajam todos os seus funcionários a também dar uma contribuição, mesmo que esta não seja monetária. Um exemplo é o chamado *volunteering day*, em que todos os empregados são encorajados a devotar pelo menos um dia de trabalho por ano a ajudar uma *charity* (instituição de beneficência ou apoio social, sem fins lucrativos). Por exemplo, este ano a minha equipa passou um dia inteiro a pintar as paredes e os muros de uma escola. O ano passado passamos o dia a limpar o lixo abandonado numa reserva natural, além de construir novos caminhos pedestres.

Uma outra iniciativa, ligeiramente diferente, mas que foi particularmente tocante, passou-se no Natal passado. Os directores de um asilo para idosos para pessoas sem família e desfavorecidas pediram ajuda ao nosso banco para tentarem melhorar o Natal destas pessoas. Montou-se então uma grande árvore com decorações de Natal, que foi colocada numa das salas de recepção do banco onde trabalho. Em cada enfeite, estava pendurado o nome de uma pessoa desfavorecida (além de uma lista de vários itens que esta gostaria/precisaria; pedia-se que se escolhesse um destes itens como oferta). Havia pedidos de canetas, bolos ou chocolates, mas também de meias, cachecóis, camisas, livros, etc., etc.

Cada voluntário levou um enfeite com as instruções, até que a árvore ficou despida durante cerca de uma semana. Passado uma semana, as pessoas começaram a voltar com as suas compras feitas e a devolver os enfeites à árvore, Depositando o respectivo presente aos pés da árvore. Cada presente estava acompanhado de um postal ou cartão com o nome do recipiente e com uma mensagem pessoal. Foi fantástico observar a progressão da árvore, ficando cada vez mais bonita, e o volume crescente de embrulhos coloridos à sua volta. A árvore e os presentes foram então transportados para o lar de idosos alguns dias antes do Natal. Soubemos depois que foi um dos melhores Natais que essas pessoas já tiveram.

Voltando aos cientistas: contribuem muito para a sociedade, a longo e médio prazo. Mas também podem envolver-se mais directamente nela. Na educação e na solidariedade a todos os níveis, por exemplo. Exercendo de vez em quando a sua criatividade de forma diferente, para muitos cientistas esta contribuição social pode ajudá-los a sentirem-se (ainda) mais satisfeitos com eles próprios.

Cláudia Rola obteve a licenciatura em Física e Matemática Aplicada na Universidade do Porto, em 1990. A isto seguiu-se o Mestrado em Astrofísica e Técnicas Espaciais (1991) e o Doutoramento em Física Teórica (1995) na Universidade de Paris VII (França). Durante os três anos seguintes foi Research Associate no Instituto de Astronomia da Universidade de Cambridge e Observatório de Greenwich (Reino Unido), até que em 1999 se mudou definitivamente para Londres e para o mundo das finanças, onde veio a desempenhar o cargo de Assistant Vice-President no Bank of America. Nos anos seguintes passou pelo Sanwa International e Societé Generale, antes de ingressar como *Vice-President* na Morgan Stanley em 2002. Em 2005 ascendeu a *Executive Director* (*Global Head of Equity Valuation Review*). Actualmente é *Executive Director, Global Head of ISG Model Control and Quantitative Support*.

Cartoons

Cortesia da European Physical Society (EPS).

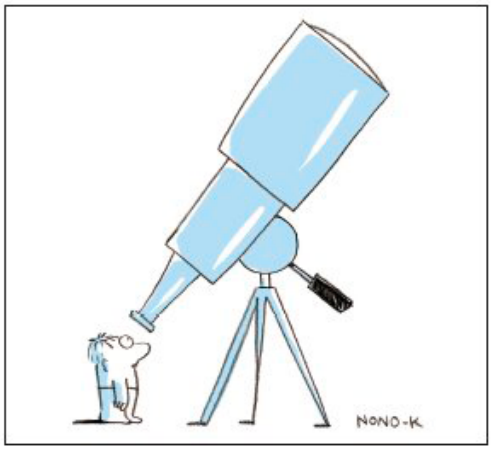
Veja as respostas em:

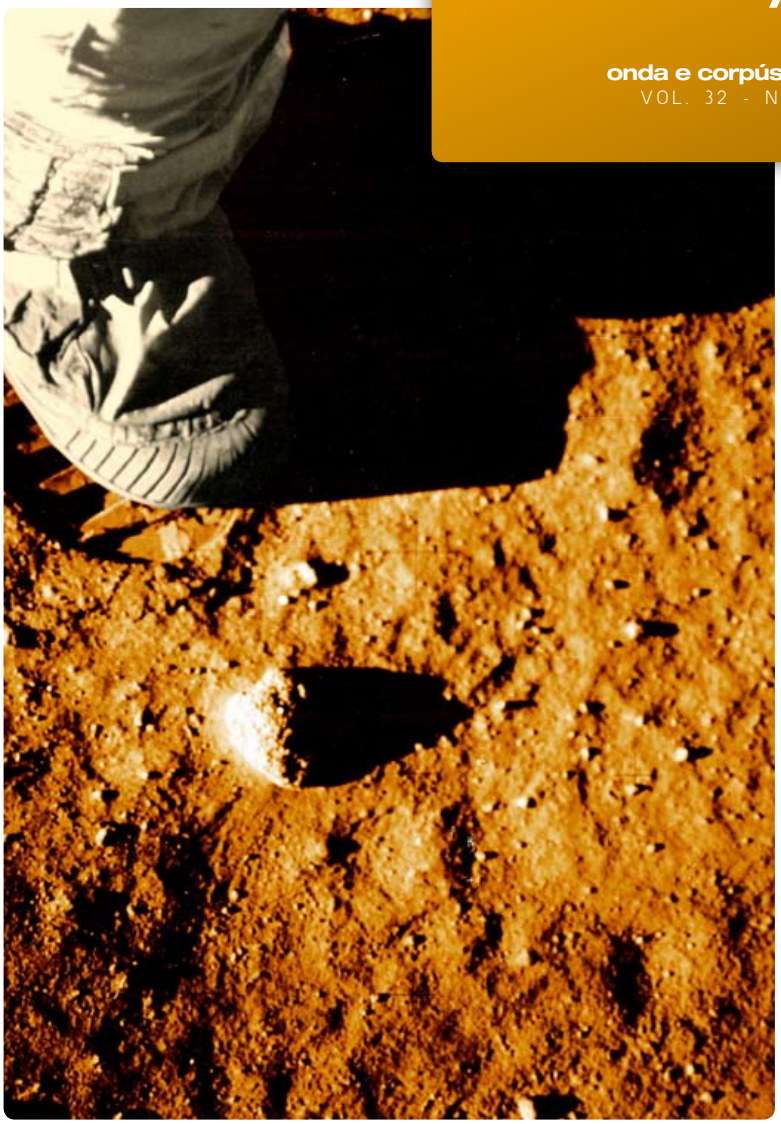
WWW.GAZETADEFISICA.SPF.PT

A **Gazeta de Física** *online* irá publicar regularmente cartoons que desafiam os leitores com uma pergunta. Na semana seguinte à publicação dos cartoons as respostas correspondentes estarão disponíveis também *online*.

Por que é que a noite é mais fria quando o céu está limpo do que quando está nublado?

No céu, como distinguimos as estrelas dos planetas?





Moonwalk Sem ar nem gravidade, mas muita água

Teresa Peña

A 12 de Setembro de 1962, o discurso de J. F. Kennedy na Universidade de Rice foi a rampa de lançamento político para a primeira viagem do homem à Lua, que se concretizou sete anos depois, há precisamente 40 anos. A exploração espacial foi iniciada para vencer a URSS, apesar da poesia "*We choose to go to the moon*" das palavras suaves de Kennedy. Com guerra fria ou não, a noite de 20 de Julho de 1969 foi uma festa em minha casa. Se guerra houve, foi de almofadas. Tivemos autorização especial para acampar na sala pela noite dentro, e assistir de madrugada à transmissão directa pela televisão das imagens do homem na Lua pela primeira vez. Um astronauta hesitante, em luta entre a memória do peso do fato e a pequena gravidade da lua, a andar aos saltos, em *slow motion*, na insegurança de cair, de cada vez que dava um passo.

Não fiz perguntas inteligentes nessa noite. Mesmo com a dúvida da cratera onde aterrou o módulo *Eagle* se chamar Mar da Tranquilidade e de parecer não existir uma gota de água na Lua. A Lua terá secado toda? Lembro-me também de sentir a angústia de a comunicação entre a Terra e a Lua poder terminar a qualquer instante, deixando o astronauta sozinho à mercê eterna daquela desolação lunar, a preto e branco. Foi esse *suspense* que dominou a noite para mim. O risco e a coragem. Não me apercebi, nas palavras de José Mensurado, o locutor de serviço, da emoção da aterragem no mar da Tranquilidade ter sido manual, porque

o computador falhou. Se tivesse percebido isso na altura, ainda mais comovida tinha ficado com a voz calma e arrastada de Neil Armstrong: "*A small step....*". Não pensei em poesia nessa altura, mas alguns anos mais tarde, ao ler Pessoa, "Sou do tamanho do que vejo e não do tamanho da minha altura", lembrei-me de Neil Armstrong, Edwin (Buzz) Aldrin e Michael Collins (o astronauta da *Apollo* que não desceu à Lua). É como se Pessoa me dissesse: desde que se veja longe, não há diferença entre ser português e ser americano.

Valeu a pena ter ido à Lua? Vale a pena investir recursos em viagens espaciais? Com todo o respeito a José Saramago, vale sim. Os argumentos evocados por Saramago no discurso de aceitação do Nobel da Literatura para ser contra, justificam que se seja a favor. A escassez e limitação de recursos na Terra, as mudanças possíveis nas condições de habitabilidade e sustentabilidade podem levar-nos a ter que sair da Terra para sermos felizes, ou mesmo sobreviver. A Lua e a Terra partilham um passado em que estiveram unidas, até um impacto gigantesco de um asteróide as ter colocado a 350 000 km de distância. Partilham um presente, em que a estabilidade do eixo da Terra é devida à Lua e viabiliza a presença de vida. Perceber a formação e evolução geológica da Lua permite compreender melhor a da própria Terra e a origem da vida. E o futuro? A Lua é um laboratório privilegiado para explorarmos a nossa capacidade física e psicológica de adaptação à vida fora da Terra, e para explorarmos novas estruturas de habitação e de economia, necessárias se tivermos de abandonar um dia a Terra.

Ao contrário do que eu pensei em 1969, a aridez da Lua não é absoluta. Os primeiros sinais disso chegaram com as explorações geológicas da *Apollo 17*, descobrindo no solo lunar minerais hidratados – significando que nem todo o vapor de água escapou da atmosfera devido à gravidade reduzida. Depois, foi o Pólo Sul da Lua que se revelou interessante, com a possível presença de filossilicatos, que não se formam sem água. Enquanto escrevo, acabam de sair dados da LRO (*Lunar Reconnaissance Orbiter*) que excedem todas as expectativas. A medição de hidrogénio a partir da contagem de neutrões lentos nos pólos da Lua evidencia extensões de gelo cobrindo entre 15 000 a 70 000 km^2. Ainda para esta semana em que escrevo está prometida a revelação de resultados do mais avançado espectrómetro, o *Moon Mineralogy Mapper* (M^3), com que a NASA participa na primeira missão da Índia à Lua, a *Chandrayaan-1*, iniciada em 2008. O M^3 dará um primeiro mapa de alta resolução espacial (estrutura) e espectral (composição). A presença de água não é só excitante por nos fazer sonhar com viagens à Lua no futuro. É intrigante, fazendo-nos viajar ao passado: foram embates de asteróides há milhares de milhões de anos que enterraram tanto gelo? Ou foi o vento de protões vindo do sol que se combinou com neutrões para formar água nas zonas frias dos pólos? [1]

Entretanto, um painel independente, de iniciativa presidencial, acabou de publicar a 8 de Setembro as recomendações para as futuras missões da NASA. O relatório Augustine, do nome do seu *chairman*, elegeu cinco vias de investimento[2], de entre 3000 teoricamente possíveis. Uma deles prevê que a NASA invista em voos tripulados à Lua ou a Marte, a um asteróide ou a um ponto entre a Terra e a Lua com gravidade zero (pontos de Lagrange), preferencial para construir uma estação espacial. Para tal, o relatório prevê a necessidade de um reforço do orçamento anual em 3 mil milhões de dólares. E recomenda a participação internacional. Antecipa-se que nem só o Estado seja actor. Nas pequenas altitudes, o sector privado, com apoio da experiência da NASA, pode vir a explorar o turismo espacial de viagens a orbitar a Terra, e o lançamento de veículos. Assim se gerariam receitas.

Quarenta anos depois da grande aventura da *Apollo 11*, a sonda japonesa *Kaguya*, entre 2007 e 2009, construiu uma cartografia 3D de alta definição do solo lunar visto a 100 km. Este Verão, na exposição "Portugal e o Mundo" (*Encompassing the globe*) no Museu de Arte Antiga, lembrei-me das imagens de Kaguya, perante os mapas quinhentistas das Américas e de África. Num deles, que veio da Universidade de Modena, a costa ocidental africana está minuciosamente detalhada, com os dados de espionagem a Portugal por emissários europeus. Mas actualmente na exploração do espaço a cooperação internacional pode ainda ser o tom. Estados Unidos, Índia, Japão e China estão na linha da frente, sendo no entanto que a escassez de recursos que preocupa Saramago pode impor a união de esforços, ao contrário da missão *Apollo 11* em plena guerra fria. Poderá ficar o mundo melhor, unido pela ciência? Antecipo a crítica de pertencer à geração romântica que cresceu com o programa *Apollo* e, mais tarde, a série *Star Trek* e as ideias da Federação Galáctica. Mas andar na Lua, ou *Moonwalk,* pode no futuro não se reduzir às flutuações de Michael Jackson em passos de *breakdance*. Façam favor de ser felizes, dizia-nos Solnado. Na Terra, na Lua, or *beyond*, se for necessário, digo eu.

[1] http://www.nature.com/news/2009/090918/full/news.2009.931.html
http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/ice/ice_moon.html
[2] http://www.spaceref.com/news/viewsr.html?pid=32379

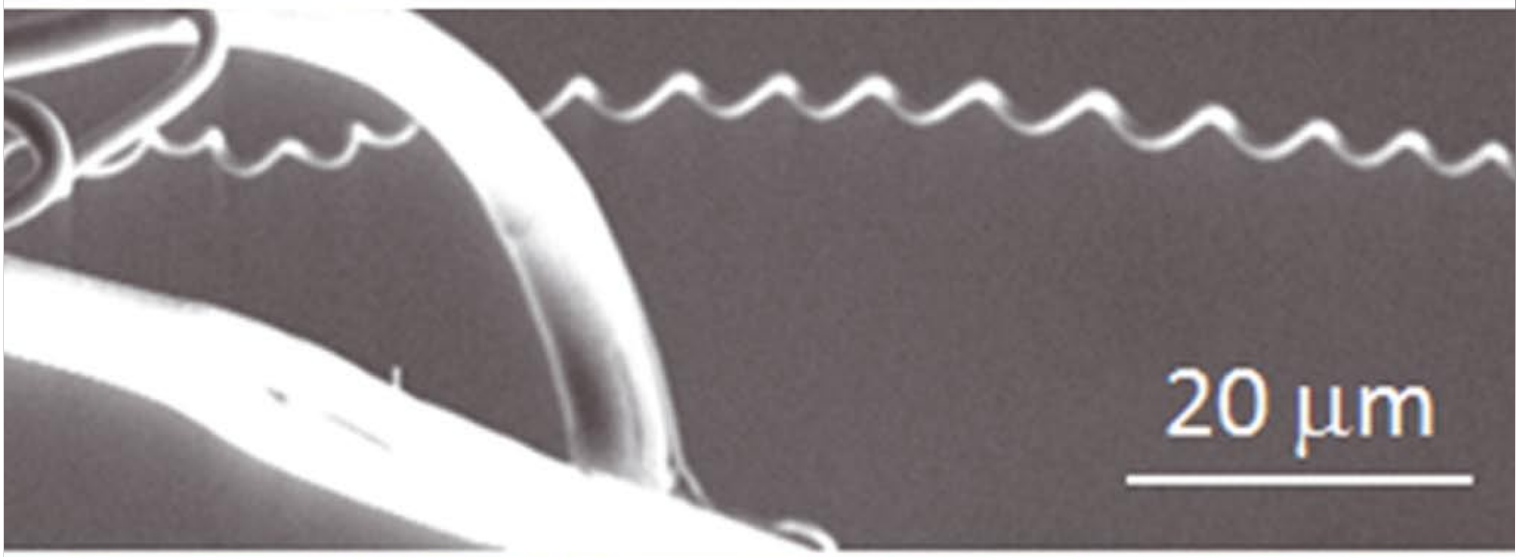
A energia do país passa por nós.

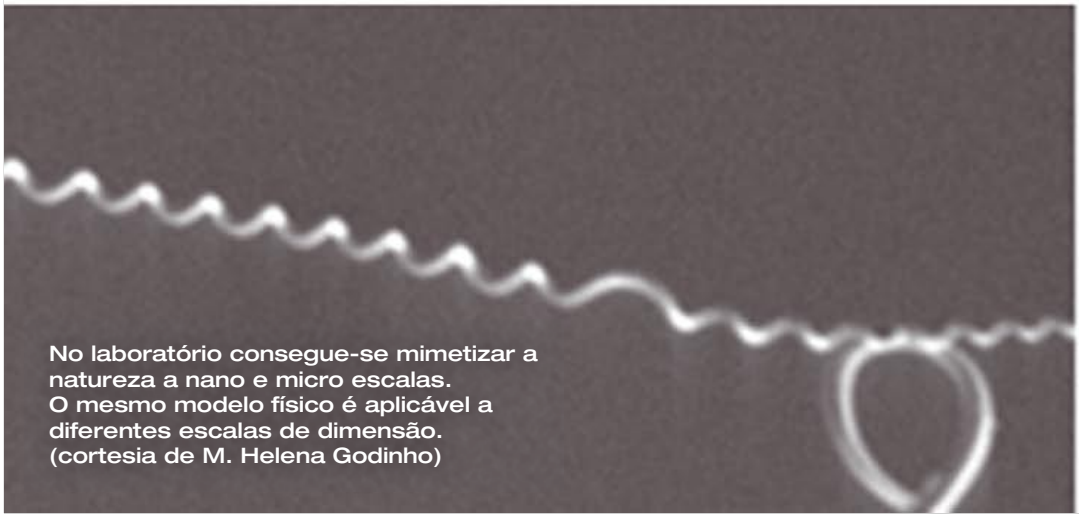
Fazer chegar a energia onde ela é necessária é uma das nossas missões. Sempre com consciência e preocupação a nível social e ambiental e com altos critérios de qualidade e segurança. Por isso, a REN – Redes Energéticas Nacionais – assegura um canal de transporte eficaz de toda a energia do país, seja ela de muito alta tensão ou de alta pressão tendo em conta os elevados padrões de exigência do mercado. Porque é no futuro de todos nós que dedicamos toda a nossa energia – Electricidade ou Gás - onde é preciso. Em todo o país.

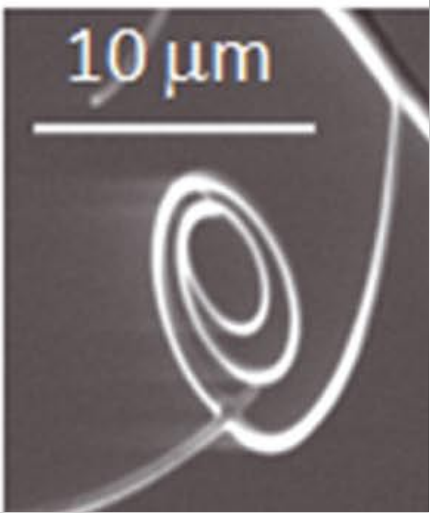
Não perca

no próximo número:

Nanotecnologia
O tamanho não interessa







No laboratório consegue-se mimetizar a natureza a nano e micro escalas.
O mesmo modelo físico é aplicável a diferentes escalas de dimensão.
(cortesia de M. Helena Godinho)