

A Terra em franjas

Biosurfit,
um caso de sucesso

António Gião, um
eremita científico

Índice

física sem fronteiras

- 2 **A Terra em franjas**
Ver a Terra fora dela
Sandra Heleno

física e sociedade

- 7 **Max Planck (1858-1947)**, um revolucionário conservador
Ana Simões

física e sociedade

- 12 **A física** e a energia
Carlos Varandas

física e sociedade

- 14 **Os 40 anos da Sociedade Europeia de Física (European Physical Society)**
Discurso do Presidente

inovação

- 19 **(Biosurfit) Temos condições para ser um caso de sucesso**
Alexandra Rosa

crónica: pensamentos quânticos

- 21 **A Máquina do Big Bang**
Jim Al-Khalili

crónica: física divertida

- 22 **António Gião, Um Eremita Científico**
Carlos Fiolhais

- 23 **Notícias**

Carlos Herdeiro, Luis O. Silva, José Paulo Santos, Filipe Moura, Tânia Rocha, Isabel Cabaço

gazeta ao laboratório

- 29 **Campo eléctrico** no meio ambiente
Augusto Barroso

vamos experimentar

- 31 **Branca ou preta:** que roupa vestir
Constança Providência

histórias e estórias

- 33 **O homem do** raio da morte
Gonçalo Figueira

por dentro e por fora

- 36 **Contra ventos e marés**
Interações biofísicas e relógios internos durante a fase larvar dos invertebrados marinhos
Henrique Queiroga

sala de professores

- 41 **Um olhar físico** sobre o *bungee jumping*
Bruno Couto

- 44 **Cartoons**

onda e corpúsculo

- 45 **Teoria de cordas:** Ata ou desata?
Filipe Moura
Teresa Peña
Tânia Rocha

onda e corpúsculo

- 47 **Os Media** e a Física Fundamental
Filipe Moura

Publicação Trimestral Subsidiada



FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR



Editorial

O último número da Gazeta apresentou o LHC, o maior acelerador de partículas construído debaixo da Terra. Vai possibilitar entender eventos que são como janelas para o princípio do universo, ocorrendo a escalas milhares de milhões de vezes mais pequenas que a pequena escala dos átomos.

Este número, por sua vez, começa com uma viagem para fora da superfície da Terra, para a rede de satélites que, como uma segunda atmosfera, estendem a Terra para o espaço. E não só para os GPS's ou os telemóveis funcionarem. Mas para termos uma janela muito útil sobre o futuro: É o que Sandra Heleno nos conta na história fantástica de como usar satélites, a centenas de quilómetros de altitude, para medir deformações sub-milimétricas da crosta terrestre, e assim poder fazer previsão sísmica. O método baseia-se em interferências, a transformação de distâncias em diferenças de fase. É a mesma ideia que baseou a experiência de Michelson-Morley — uma das que constituíram o grande sismo que deitou abaixo o edifício da física clássica!

E sabia que nos anos 20 uma carta de Albert Einstein chegou a Reguengos de Monsaraz? Na sua crónica regular, desta vez Carlos Fiolhais revela-nos a solidão trágico-cómica do físico alentejano António Gião, a quem a carta foi endereçada. Também de solidão, tragédia e comédia, é feita a história, pouco conhecida, de Nikola Tesla. Homem fora do seu tempo, deve ser associado a muito mais que os motores de corrente alterna. Criou também fundamentos de robótica, computadores e mísseis. Avançou, sem ter tido o crédito disso,

a ideia de RADAR. Porém, quantos físicos não precisam de recorrer ao *google* para se recordarem do seu primeiro nome? Gonçalo Figueira desvenda episódios (e lendas?) da vida deste físico e engenheiro. Tesla é surpreendente, no seu génio e imaginação, injustamente ainda mal reconhecidos, e nos seus excessos visionários e obsessivos. Não resisto a dizer, previu (mal?) o domínio intelectual das mulheres na sociedade, nos circuitos de conhecimento! Gabava-se de ter descoberto a electricidade aos três anos, ao criar uma aura em volta do seu gato preto de estimação, quando o afagava sofregamente! Vivía no terror aos germes, mas tratava no seu quarto de hotel os pombos de Manhattan que encontrava doentes.

Contemporâneo de Tesla, Max Planck continua neste número a ser retratado por Ana Simões: as suas obsessões (que físico as não tem?) e o refazer constante de convicções e dúvidas, próprio de um físico de génio. Saltando gerações, conheça aqui a Biosurfit, uma empresa portuguesa criada por um engenheiro físico, e saiba, através do artigo de Henrique Queiroga, que em Aveiro há biólogos a trabalhar com físicos. Leia também a notícia de Carlos Herdeiro sobre os 60 anos da descoberta do efeito de Casimir, a força que vem do nada.

Mais ainda: trazemos notícias sobre os 40 anos da EPS, e Carlos Varandas conta-nos a medida da EPS de formar um grupo de trabalho sobre energia. Para os mais novos, é de não perder a beleza da simplicidade das experiências de Constança Providência sobre absorção de energia. Finalmente, Filipe Moura levanta a polémica das relações da Física e da Ciência com os *Media*. Será bom que a Física Fundamental tenha poder nos *Media*? É certamente mau que os *Media* tenham poder na Física Fundamental.

Teresa Peña

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)
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

Augusto Barroso
M. Isabel Cabaço
Bruno Couto
Sandra Heleno
Henrique Queiroga
Alexandra Rosa
José Paulo Santos
Luís O. Silva
João Paulo Silva
Carlos Varandas

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.

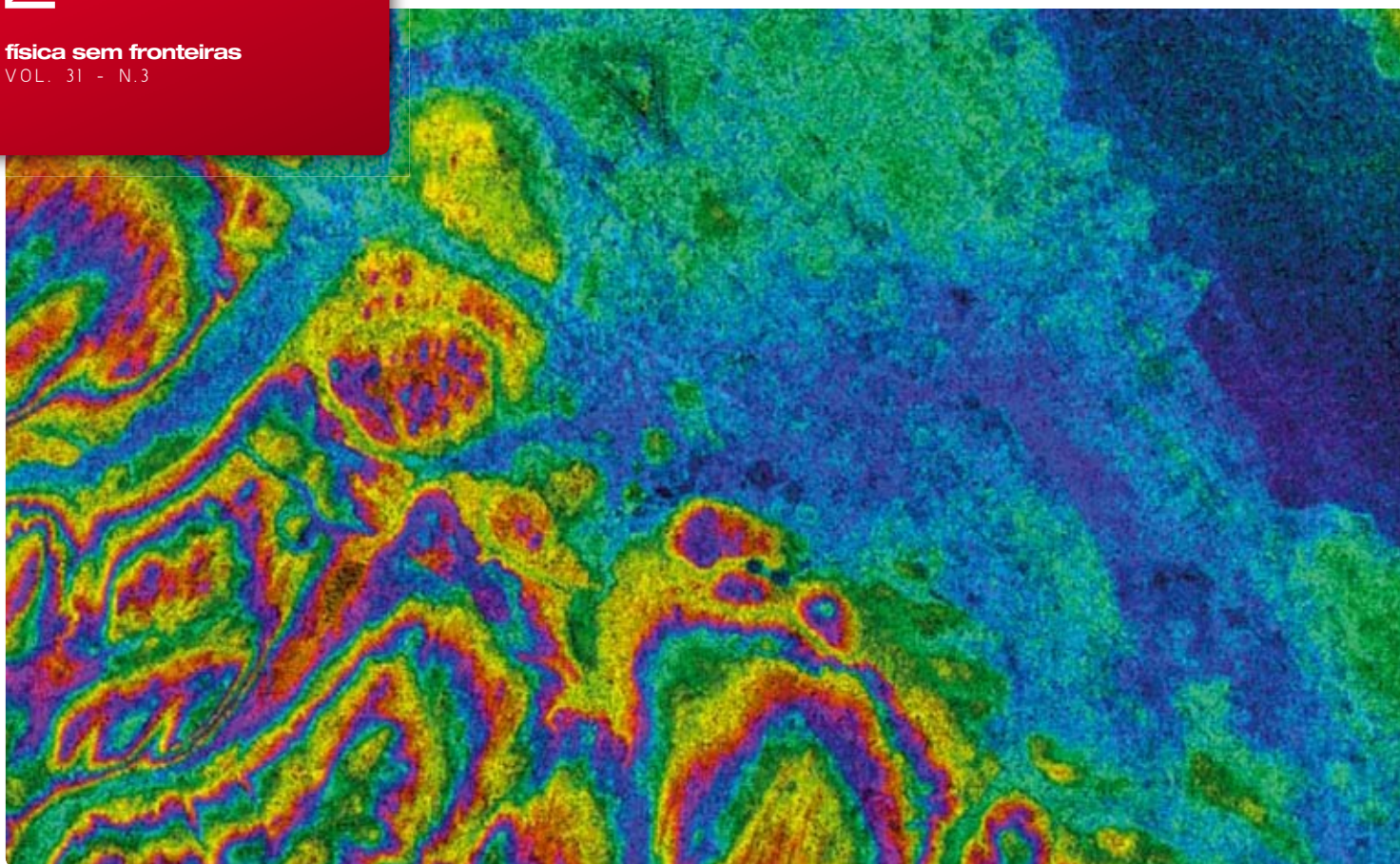
Publicação Trimestral Subsidiada

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.



Imagem, cortesia NASA/JPL/NIMA (http://visibleearth.nasa.gov/view_rec.php?id=311)

Pormenor de um Interferograma de Radar adquirido durante a missão da NASA “Shuttle Radar Topography Mission” (SRTM), levada a cabo em Fevereiro de 2000 pelo Vaivém Espacial “Endeavour”, que levou a bordo duas antenas de radar (SAR), separadas de 60 m. A imagem representa a topografia de uma zona do estado de Nova Iorque, a Sul do lago Ontário, uma paisagem esculpida pela última glaciação. A cada ciclo de cor (franja) correspondem 100m de variação de altitude. Dimensões aproximadas: 50 por 40 quilómetros; Norte na direcção do canto superior direito.

A Terra em franjas

Ver a Terra fora dela

Sandra Heleno

HÁ MARCOS HISTÓRICOS EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE QUE SE FALA AINDA MUITO POUCO. UM DELES ACONTECEU NO ANO DE 1972, O ANO QUE MARCA O INÍCIO DA OBSERVAÇÃO DA TERRA A PARTIR DO ESPAÇO PARA FINS CIVIS.

Nesse ano a NASA colocou em órbita o Landsat 1, o primeiro satélite civil desenvolvido para investigar os recursos naturais do planeta. A bordo seguiam transdutores¹ da radiação electromagnética solar reflectida na superfície terrestre, para quatro bandas espectrais estreitas. As imagens digitais assim produzidas cobrem praticamente todo o globo, com

um tempo de revisita de pouco mais de 2 semanas, e uma resolução de 80m no solo. Do sucesso desta primeira missão resultou a explosão tecnológica que hoje conhecemos na observação da Terra por satélite. Um exemplo é a série Landsat, que conta já sete satélites², e testemunha o avanço dos sensores multi-espectrais, com resolução de imagem até 15 m, e bandas espectrais optimizadas para o estudo da cobertura vegetal e da geologia (exemplo na figura 1). Mas muitos outros programas e missões espaciais realizam actualmente a observação sistemática da superfície terrestre, com dezenas de sistemas de sensores passivos (e.g. multi-espectrais) e activos (e.g. radar) em órbita, operados por diversas agências espaciais governamentais. Imagens de satélite

de alta resolução (capazes de distinguir objectos com 60 cm) são hoje disponibilizadas comercialmente por empresas a operar no ramo espacial.

INTERFEROMETRIA DE RADAR RADAR DE ABERTURA SINTÉTICA (SAR)

A técnica a que se refere o acrónimo RADAR (“Radio detection and ranging”) baseia-se na emissão de radiação electromagnética com frequência na banda das microondas (comprimentos de onda de 1 cm a 1m), e na consequente detecção da energia reflectida por objectos na linha de vista do sensor. O tempo que o pulso leva no caminho de ida e volta determina a distância ao objecto reflector, enquanto a intensidade do eco dá uma medida da reflectividade do alvo, dependente de características como a rugosidade, ou teor de humidade. Os sistemas de Radar de Abertura Sintética (SAR³) permitem a geração de imagens de radar de alta resolução da superfície terrestre, num processo denominado focagem SAR (ver caixa A). Tal é conseguido com uma pequena antena (1-2m) a bordo de um satélite orbitando a 800 km de altitude, e varrendo obliquamente a superfície terrestre com um feixe de microondas. Uma imagem SAR pode numa primeira impressão assemelhar-se a uma fotografia aérea a preto e branco. Nada mais enganador: a geometria oblíqua do sistema de aquisição, e a incapacidade de distinguir objectos localizados à mesma distância da antena mas com ângulos diferentes em relação a esta, dão origem a importantes distorções geométricas da imagem, especialmente em zonas montanhosas. No que respeita à amplitude do eco, vertentes viradas na direcção da antena de satélite, edifícios urbanos, estruturas metálicas, e solo húmido, aparecem com intensidade alta na imagem. Em contraste, superfícies suaves, como rios e lagos, dão origem a sinais de intensidade baixa (porque a reflexão é especular). A figura 2 mostra um exemplo em que esta última característica é explorada, em imagens de radar adquiridas pouco antes e durante a cheia de Novembro de 1997 na região de Santarém. O mapeamento de cheias é uma aplicação em que as microondas apresentam uma mais-valia crítica: a de serem capazes de penetrar a cobertura de nuvens, frequente durante inundações.

INTERFEROMETRIA DE RADAR DE ABERTURA SINTÉTICA (INSAR)

Como qualquer sinal electromagnético monocromático, o eco do radar é caracterizado por uma amplitude e uma fase. Diferentes distâncias antena-reflector produzem diferenças nos tempos de percurso das microondas, que podem ser medidas através da diferença de fase dos ecos. Após a focagem SAR (caixa A), a imagem de radar consiste num registo bidimensional das amplitudes e fases dos ecos provenientes da superfície varrida pelo feixe de microon-



Fonte: NASA (<http://rst.gsfc.nasa.gov/>)

Figura 1: Desflorestação no Sudoeste da Amazônia (Rondônia, Noroeste do Brasil), revelada por uma imagem Landsat TM adquirida em 1986. As linhas a azul claro representam áreas desflorestadas no interior da floresta sobrevivente (a roxo).

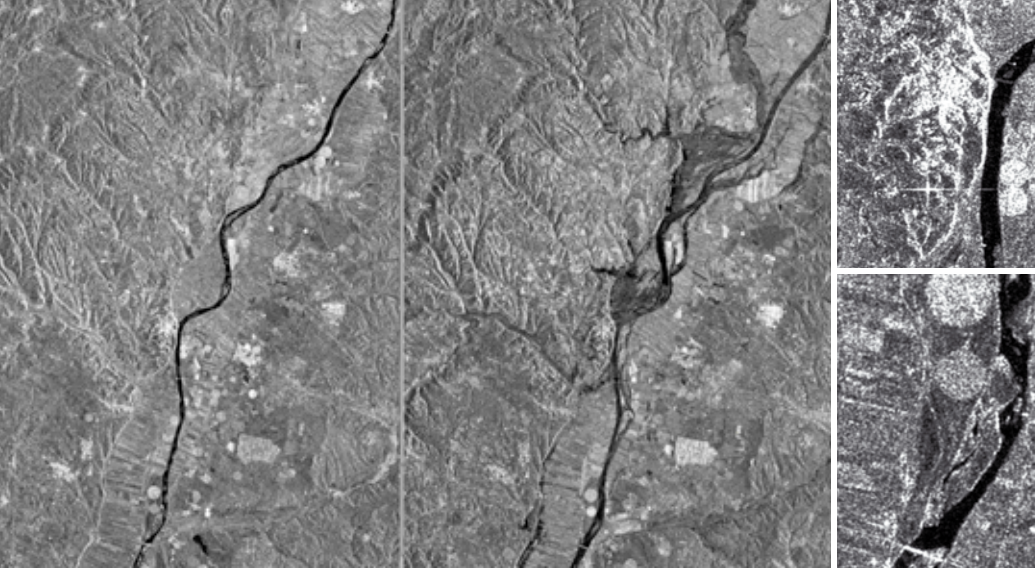
das. É possível usar a informação da fase contida em duas imagens SAR, adquiridas de posições orbitais ligeiramente diferentes, para produzir um padrão de interferência das microondas, ou interferograma (caixa B). Para tal as duas imagens SAR têm de ser alinhadas pixel a pixel (tendo estas dimensões típicas de 20m), e o padrão de interferência resultante é representado por uma grelha 2D em que cada célula de resolução contém a diferença de fase entre os dois pixéis originais. Num interferograma (exemplos na figura 3) a fase relativa é codificada em cores, e cada ciclo de cor, ou franja, varre um intervalo de 0 a 2π radianos, entre os máximos de interferência construtiva. A topografia da superfície terrestre pode ser obtida a partir da informação, pixel a pixel, da variação da distância ao satélite, para duas imagens adquiridas a partir de órbitas ligeiramente diferentes⁴. Em Fevereiro de 2000 a NASA colocou duas antenas SAR, separadas de 60 m, a bordo do Vaivém Espacial “Endeavour”. A Missão “Shuttle Radar Topography Mission” (SRTM) mapeou com uma cobertura quase global a topografia terrestre, com uma

¹ O sensor Multispectral Scanner (MSS), <http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/mss.html>

² O sensor Enhanced Thematic Mapper (ETM+) a bordo do Landsat 7 atinge a resolução de 30 metros nas bandas do visível e infravermelho, mas inclui uma banda pancromática (sensível a todo o espectro visível, resulta numa imagem realista a preto e branco) com resolução de 15 m.

³ Synthetic Aperture Radar.

⁴ A geometria orbital é conhecida com precisão.



Pormenor 1. Cidade de Santarém junto ao rio Tejo. As vertentes inclinadas na direcção do satélite, a zona urbanizada da cidade, e os círculos de irrigação agrícola, reflectem eficientemente o sinal radar de volta para a antena, ao contrário da superfície plana materializada pelas águas do rio.

Pormenor 2. A Sul de Santarém, num troço do Rio Tejo. Observa-se maior intensidade do eco radar em zonas de maior reflectividade, como a ponte que atravessa o rio, ou em círculos de irrigação agrícola. Os mouchões de areia no Tejo também oferecem contraste de intensidade em relação às águas do rio.

(Imagens fornecidas pela ESA, no âmbito do projecto cat-1 SUBSIn)

Figura 2: Imagens SAR de um troço com 45 km do Rio Tejo (de Valada, a Sul, passando por Santarém, até à Golegã), adquiridas pelo satélite ERS-2 da ESA, em 3 de Outubro de 2007 (à esquerda) e 7 de Novembro de 2007 (à direita). A área de baixa intensidade do eco de radar na imagem da direita corresponde à região inundada pelas cheias de Novembro de 1997 na região do Baixo Tejo. Ver análise destas imagens em Silveira e Heleno (2008).

resolução de 25 metros (ver figura de abertura).

APLICAÇÕES DO INSAR AOS RISCOS NATURAIS

O potencial mais fascinante do InSAR reside, sem dúvida, na sua capacidade de detectar e medir, a partir do espaço, pequenas deformações da superfície terrestre. De facto, se numa determinada zona, e entre duas passagens do satélite⁵, a crosta terrestre se mover de forma a aumentar ou a diminuir a sua distância à antena de radar, a diferença de fase resultante pode ser medida, e conseqüentemente também o deslocamento do solo na direcção da linha de vista do radar, com uma precisão da ordem dos milímetros. Há inúmeros exemplos de aplicações do InSAR na área dos riscos geológicos, como a monitorização vulcânica (figura 3), a subsidência de terrenos causada por exploração de águas subterrâneas, ou o estudo de deformações associadas ao ciclo sísmico (figura 4). O ciclo sísmico refere-se à repetição de sismos na mesma falha: um terramoto ocorre como consequência da acumulação, com velocidade da ordem dos milímetros ou centímetros por ano, de deformação elástica na crosta terrestre (Wright, 2002). A possibilidade, trazida pelo InSAR, de mapear com alta resolução espacial grandes extensões de deformação inter-sísmica⁶ encerra em si um potencial de enorme impacto na sociedade, pois abre as portas ao desenvolvimento da *previsão* sísmica. O termo *previsão* é neste contexto utilizado no sentido do termo inglês *forecast*, em que é atribuída uma probabilidade

de à rotura de um determinado segmento de falha para um período de tempo definido. Este tipo de *previsão de médio prazo* é de vital importância, pois permite às agências de protecção civil prepararem as comunidades na vizinhança da falha, através de programas de educação e intervenção (*retrofitting*) no edificado (Wright, 2002).

LIMITAÇÕES. PSINSAR

Falou-se até aqui da sensibilidade da fase do sinal de radar à topografia e à deformação da crosta. Um outro importante factor a ter em conta é o efeito da composição da atmosfera na velocidade das microondas, uma contribuição que pode ser relevante se duas imagens SAR forem adquiridas em condições atmosféricas diferentes. A variabilidade atmosférica da fase é controlada pela flutuação espacial e temporal do conteúdo de vapor de água na baixa troposfera, um efeito que pode ser dominante em regiões tropicais ou sub-tropicais, como é o caso do interferograma na figura 3c (Ilha do Fogo, Cabo Verde). Esta é uma das principais limitações da interferometria de radar, a par da *descorrelação*⁷ geométrica ou temporal das células de resolução no terreno (Hanssen, 2001). Para resolver estas limitações, Ferretti et al. (2001) desenvolveram nos finais dos anos 90, em Milão, o método *Permanent Scatterers Interferometry* (ou PSInSAR), em que os efeitos atmosféricos são estimados e removidos através da combinação de um elevado número de imagens SAR (típicamente 50 ou mais) da mesma zona, adquiridas ao longo de um determinado período de tempo. Para tal analisa-se, nos interferogramas calculados relativamente a uma única imagem (*master*), a fase dos reflectores naturais menos afectados por *descorrelação* (e por isto denominados *permanent scatterers*), explorando as suas relações espaço-temporais para isolar as diferentes contribuições para a fase: orbital, topográfica, defor-

⁵ Estas passagens ocorrem de 35 em 35 dias, no caso do ERS-1, ERS-2 e Envisat.

⁶ Ou pré-sísmica

⁷ Diminuição da coerência devido a movimentos incoerentes dos elementos reflectores dentro do pixel entre as duas aquisições de radar (*descorrelação temporal*) ou devido a ângulos de incidência do radar muito diferentes (*descorrelação geométrica*), dependendo da geometria orbital.

⁸ O algoritmo de optimização é também capaz de estimar as séries temporais do deslocamento na linha de vista do satélite, para cada PS, mas assumindo a priori um modelo simples de deformação (linear ou periódico).

⁹ Utilizando o já longo catálogo SAR da Agencia Espacial Europeia, de 1991 ao presente (satélites ERS1-2, Envisat), com um período de revisita de 35 dias.



(A partir de imagens fornecidas pela ESA, no âmbito do projecto cat-1 SAMAAV)

Figura 3a: Interferograma da Ilha do Fogo, Cabo Verde, calculado a partir de duas imagens SAR adquiridas em Fevereiro e Março de 2006 com o instrumento ASAR colocado a bordo do satélite Envisat, lançado pela ESA em 2002. Cada ciclo de cor (azul, púrpura, amarelo, verde, e novamente azul) representa uma diferença de fase de 2π radianos. As franjas de interferência observadas devem-se essencialmente à diferença de fase produzida pela curvatura da superfície terrestre.

Figura 3b: O mesmo interferograma da alínea anterior, depois de corrigido o padrão de interferência sintético gerado pelo elipsóide de referência que aproxima a curvatura terrestre. As franjas residuais observadas devem-se aos efeitos combinados da topografia, variações atmosféricas, e eventual deformação do solo entre as duas passagens sucessivas do Envisat.

Figura 3c: O mesmo interferograma da alínea anterior, após correcção do efeito da topografia da Ilha do Fogo. Para tal usou-se o modelo digital de terreno global produzido pela missão "Shuttle Radar Topography Mission". As franjas observadas devem-se essencialmente à estratificação vertical do conteúdo em vapor de água na atmosfera, uma limitação do InSAR em regiões montanhosas com climas tropicais ou sub-tropicais, como é o caso da Ilha do Fogo, em Cabo Verde (Heleno et al., 2007; Heleno et al., em preparação). Os interferogramas das alíneas a, b, e c foram sobrepostos a uma imagem de amplitude do eco radar, e processados com o software open-source Doris InSAR processor (TUDelft). A escala de cor convencional varia entre interferogramas.

mação, atmosfera, ruído... O objectivo é a determinação da componente da fase devida à deformação do solo, e o cálculo da velocidade média na linha de vista do satélite de cada *permanent scatterer* (PS)⁸. Estes correspondem normalmente a estruturas construídas em meios urbanos, como edifícios, pontes, ou estruturas metálicas. Na figura 5 apresenta-se o mapa PSInSAR da região de Lisboa, em que foram utilizadas mais de 50 imagens SAR na determinação do deslocamento médio, ao longo da última década,⁹ de cerca de 200.000 pontos (PS) no terreno. Tem sido reclamada uma precisão submilimétrica para o PSInSAR, mas o método tem limitações importantes na análise de zonas afectadas por deformação complexa (Crosetto et al., 2007). Ainda objecto de estudos experimentais de validação, o PSInSAR promete revolucionar as áreas científicas da geodesia e geofísica.

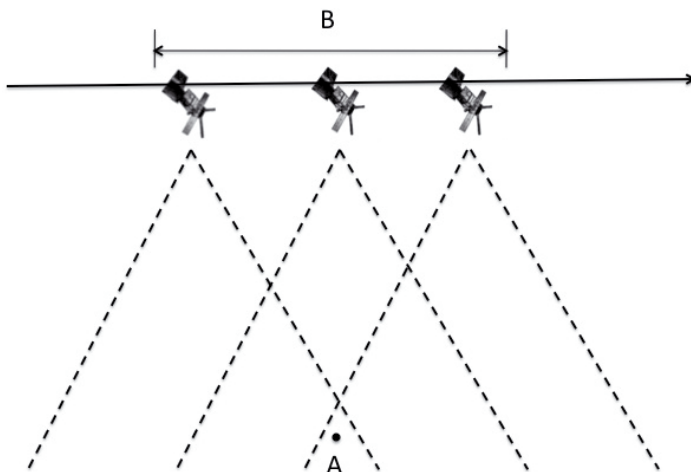
Caixa A – Do eco de radar às imagens SAR

A técnica convencional de geração de imagens de radar usa o sinal reflectido para deduzir informação acerca do alvo, e desta forma gerar uma imagem 2D aproximada da área varrida. Um sistema de radar convencional a orbitar no espaço produziria imagens com células de resolução na ordem dos 5-10km, o que seria muito pouco interessante para as aplicações de observação da Terra.

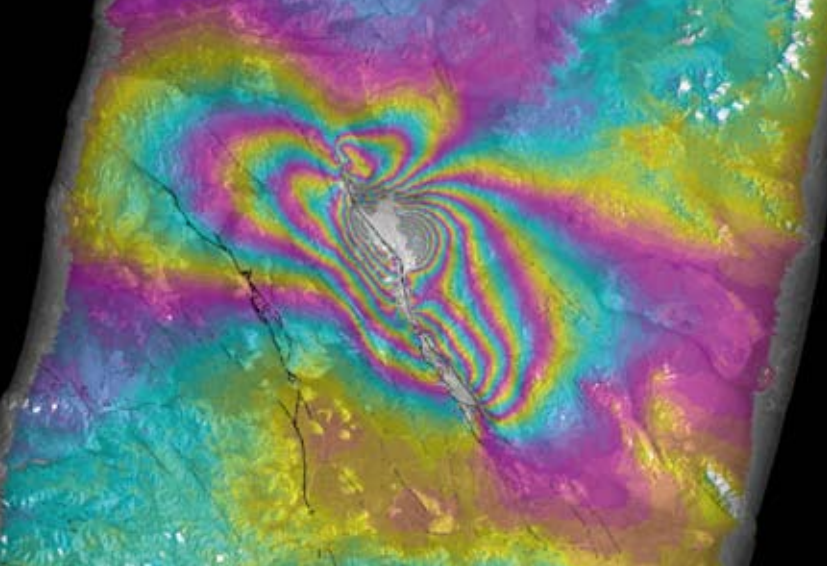
Os sistemas de Radar de Abertura Sintética (SAR) combinam técnicas de processamento de sinal com informação precisa sobre a trajectória orbital para produzir imagens de radar com resolução muito superior (na ordem dos metros ou dezenas de metros). Este processamento denomina-se **focagem SAR**.

Consiste, por um lado, no uso de técnicas de compressão de impulso na emissão do sinal de radar, com o objectivo de melhorar a diferenciação dos ecos provenientes de alvos próximos entre si ao longo da direcção perpendicular à trajectória orbital (*range*).

A focagem na direcção da trajectória de voo (azimute) consiste na sintetização de uma antena de radar com uma abertura muito superior à real, fazendo-se para tal uso da coerência da fonte de radar e do movimento relativo da antena sobre o alvo (ponto A na figura). O sinal de radar reflectido pelo ponto A está presente em sucessivos ecos registados pela antena ao longo da sua trajectória. O tempo de percurso do sinal é combinado com a informação dada pela variação Doppler da frequência do sinal, permitindo distinguir alvos próximos entre si ao longo da direcção de voo.



Fontes: Burgmann et al., 2000; A. Fonseca & J. Cordeiro, 2004.



Imagem, Cortesia do Jet Propulsion Laboratory, NASA (<http://www-radar.jpl.nasa.gov/sect323/InSar4crust/HME/>)

Figura 4: Interferograma devido à deformação co-sísmica gerada pelo sismo “Hector Mine”, que ocorreu em 16 Outubro de 1999 na Califórnia, com Magnitude $M_w=7.1$, e produziu rotura superficial (representada pela linha no interior da zona com maior densidade de franjas) ao longo de 50 km. Um ciclo de cor representa uma variação de 10 cm da distância à antena de radar, entre as duas passagens do ERS-2 (em 15 de Setembro e 20 de Outubro de 1999). Para saber mais consultar Peltzer et al. (2001).

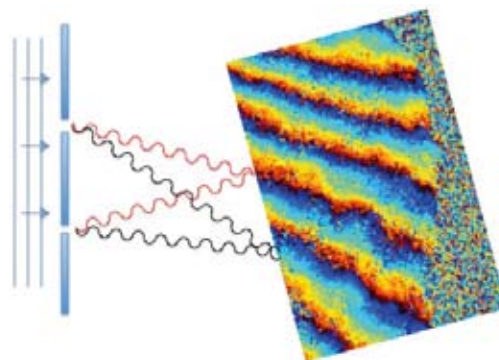
Caixa B – Interferência de ondas electromagnéticas

A interferência de ondas electromagnéticas ocorre quando duas ou mais ondas se sobrepõem num dado ponto. Se duas fontes de radiação são coerentes (i.e. mantêm constante a fase de uma em relação à outra) e emitem na mesma frequência, observa-se um padrão de interferência determinado pela variação espacial da diferença de fase (δ) entre as ondas sobrepostas. Para um alvo plano colocado a uma certa distância, nos pontos em que a radiação chega em fase ($\delta=0, 2\pi, 4\pi, \dots$ rad) dá-se interferência construtiva total e a amplitude é máxima. Nos pontos em que as duas ondas chegam em oposição de fase ($\delta=\pi, 3\pi, \dots$ rad), dá-se interferência destrutiva total e a amplitude é zero. À variação entre dois máximos de amplitude (franja de interferência) corresponde um ciclo de fase de 2π radianos.



Imagem, Cortesia NPA (Nigel Press Associates) group. Dados fornecidos pela ESA (European Space Agency). Dados processados pela TRE (Tele-Rilevamento Europa) (http://www.terrafirma.eu.com/Documents/TERRAFIRMA_ATLAS.pdf)

Figura 5: Mapa PSInSAR da região de Lisboa (produzido no âmbito do Projecto ESA-GMES TerraFirma, liderado por Fugro NPA Ltd. www.terrafirma.eu.com). A letra A localiza a área industrial de Alverca do Ribatejo, onde se verifica a taxa máxima de subsidência do terreno na região de Lisboa. Para saber mais sobre o psinsar e os resultados TerraFirma em Lisboa: <http://sismologia.ist.utl.pt/psinsar/>



Referências

Burgmann, R., Rosen, P., Fielding, E., 2000. Synthetic Aperture Radar Interferometry to Measure Earth's Surface Topography and Its Deformation. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 28: 169-209.
Crosetto, M., Agudo, M., Raucules, D., Bourguine, B., de Michele, M., Le Cozannet, G., Bremmer, C., Veldkamp, J.G., Tragheim, D., Bateson, L., Engdahl, M., 2007. Validation of Persistent Scatterers Interferometry over a Mining Test Site: Results of the PSIC4 Project. Envisat Symposium, 23-27 April 2007, Montreux, Switzerland.
Ferretti, A., Prati, C., Rocca, F., 2001. Permanent Scatterers in SAR Interferometry. IEEE Transactions in Geoscience and Remote Sensing, vol. 39, n. 1, pp. 8-20.
Fonseca, A., Cordeiro, J., 2004. Detecção Remota. Lidel, Lisboa.

Hanssen, F., 2001. Radar Interferometry - Data Interpretation and Error Analysis. Kluwer Academic Publishers.
Heleno, S., dOreye, N., Oyen, A., Faria, B., Kervyn, F., 2007. Discrimination between tropospheric effects and crustal deformation in SAR interferograms of Fogo volcano, Cape Verde Islands (1993 - 2006). 26th ECGS Workshop "Active Volcanism & Continental Rifting", 19-21 November 2007, Luxembourg. (disponível em <http://www.ecgs.lu/pdf/AVCOR07/Presentations/AVCOR07-Heleno.pdf>)
Heleno, S., Frischknecht, C., dOreye, N., Lima, J., Kervyn, F., em preparação. Seasonal Tropospheric Influence on SAR Interferograms for Volcanoes close to the ITCZ - the case of Fogo and Mount Cameroon. Para submissão ao Journal of Volcanology and Geothermal Research.

Peltzer, G., Crampé, F., Rosen, P., 2001. The Mw 7.1, Hector Mine, California earthquake: surface rupture, surface displacement field, and fault slip solution from ERS SAR data. Earth and Planetary Sciences, 333, pp. 545-555.
Silveira, M., Heleno, S., 2008. Water/Land Segmentation in SAR Images Using Level Sets. IEEE International Conference on Image Processing, October 12-15, 2008, San Diego, Califórnia.
Wright, T., 2002. Remote monitoring of the earthquake cycle using satellite radar interferometry. Philosophical Transactions of the Royal Society A, vol. 360, n. 1801, pp. 2873-2888.

Sandra Heleno licenciou-se e doutorou-se em Engenharia Física Tecnológica no Instituto Superior Técnico, em 1995 e 2001. Foi Bolseira da Fundação para a Ciência e a Tecnologia entre 1996 e 2007, nas áreas da sismologia e da vulcanologia, tendo desenvolvido o seu trabalho entre Lisboa, Cabo Verde e Reino Unido. É desde Janeiro de 2008 Investigadora Auxiliar no Instituto Superior Técnico (ICIST), na área de processamento digital de imagem de satélite, aplicada à mitigação dos riscos geológicos.



Max Planck (1858-1947), um revolucionário conservador

Ana Simões

NÃO HÁ, TALVEZ, FIGURA QUE MELHOR EXEMPLIFIQUE AS VICISSITUDES DA TRANSIÇÃO DA FÍSICA CLÁSSICA PARA A FÍSICA QUÂNTICA, AS HESITAÇÕES, AVANÇOS E RECUOS QUE A ACOMPANHARAM, DO QUE O FÍSICO ALEMÃO MAX PLANCK, A QUEM FOI ATRIBUÍDO O PRÉMIO NOBEL DA FÍSICA EM 1918 PELO SEU “TRABALHO NO ESTABELECIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA TEORIA DOS QUANTA.”¹

E que continue, nas exposições incluídas em manuais escolares e livros de divulgação, a integrar relatos de tipo mítico, que mais recordam contos de fadas do que verdadeiras narrativas históricas.

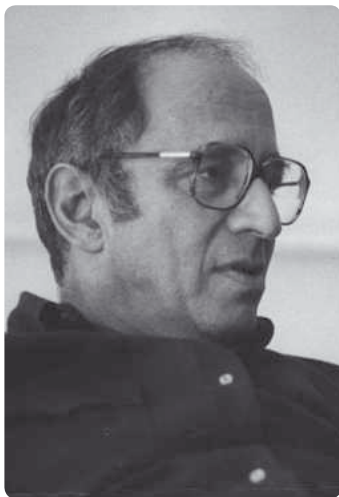
PERCURSOS DE PLANCK: DA TERMODINÂMICA ÀS INCURSÕES QUÂNTICAS

Max Karl Ernst Ludwig Planck nasceu a 23 de Abril de 1858. Frequentou o ensino secundário no Maximilian-Gymnasium em Munique.² A referência feita pelo professor de matemática ao princípio universal da conservação da energia exerceu imediatamente um enorme fascínio sobre o jovem Planck, cujo percurso científico será pautado desde então pela procura do universal e do absoluto.³ Frequentou a Universidade de Munique por três anos e a Universidade de Berlim por um ano, tendo tido aulas com Hermann Helmholtz e com Gustav R. Kirchhoff. Do primeiro recordará a integridade, modéstia de carácter e as aulas mal preparadas, do segundo relembrará aulas áridas e entediantes mas meticulosamente preparadas. Data de então a sua imersão no tratado de termodinâmica de Rudolf Clausius, cujo estilo e conteúdo sempre o fascinaram. Doutorado em 1879 com uma tese sobre a Segunda Lei da Termodinâmica, tornar-se-á *Privatdozent* em Munique e, a partir de 1885, professor associado em Kiel. Na sequência da morte de Kirchhoff muda-se para Berlim em 1889, ainda como professor associado e, em 1892, torna-se professor catedrático aos 32 anos.

Especialista em termodinâmica e, em particular nas aplicações da Segunda Lei à física e à química, acompanha e

participa nos trabalhos de construção da sub-disciplina que ficou conhecida por química-física e que então dava os seus primeiros passos. Na polémica que opõe Ludwig Boltzmann, o autor da interpretação microscópica da entropia, ao químico-físico Wilhelm Ostwald, o principal arauto da escola da energética que conferia estatuto de exclusividade à energia, toma o partido do físico-filósofo austríaco, embora não nutra qualquer simpatia nem pela teoria cinética dos gases nem pela teoria atómica em que esta assenta. Para Planck, a Segunda Lei continuava a ter uma validade absoluta, e não meramente estatística, como reclamava Boltzmann.⁴ Será na qualidade de sucessor de Kirchhoff e editor das suas lições póstumas que se vê forçado a dominar os métodos da teoria cinética dos gases, o que se revelará fundamental nas suas incursões quânticas.

É já em Berlim que contacta com o trabalho de Otto Lummer, Ernst Pringsheim, Heinrich Rubens e Ferdinand Karlbau, os experimentalistas do Physikalisch-Technische Reichsanstalt (Instituto Físico-Tecnológico), que estudam as propriedades térmicas de equilíbrio da radiação do corpo negro com o objectivo de encontrar uma classificação para a eficiência de lâmpadas eléctricas útil no desenvolvimento das indústrias alemãs de iluminação e aquecimento.⁵ A questão não era, portanto, uma questão meramente académica mas um problema técnico eminentemente prático. Admira o rigor das experiências aí realizadas que acompanha atentamente e a credibilidade que atribui a estes resultados experimentais virá a ser um factor decisivo na proposta de lei a que obedece a radiação do corpo negro,⁶ que apresentará em 1900 e que, de acordo com a tese comumente aceite, marca o início da física quântica.⁷ Com efeito, esta tem a sua origem no estudo das propriedades térmicas da radiação e, em particular, no esclarecimento das propriedades do corpo negro.



A TESE DE THOMAS KUHN: A QUANTIFICAÇÃO PARA PLANCK ERA APENAS UM TRUQUE DE MATEMÁTICA A ENQUADRAR NA FÍSICA CLÁSSICA

Desde os finais da década de 1970 e, nomeadamente, desde os trabalhos do historiador e filósofo das ciências Thomas S. Kuhn,⁸ os historiadores da ciência têm vindo a reavaliar o significado atribuído por Planck à quantificação introduzida em 1900. Para Kuhn a nova física associada às

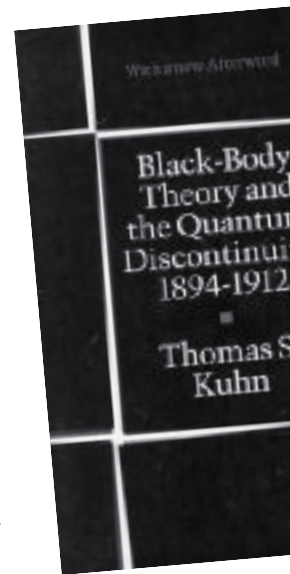
contribuições de Planck viria a entrar em conflito com a física clássica, com a visão do mundo que sempre tinha sido, e que continuava a ser, a de Planck, e com o seu programa de investigação, pautado pela incessante procura do absoluto (universal) na física. Foi a constatação deste aparente paradoxo que levou Kuhn a propor uma revisão da história das origens da física quântica. Analisando os trabalhos de Planck no contexto da física da

sua época (1894-1912) e das preocupações do próprio Planck, tentando esclarecer quais os problemas, métodos e hipóteses que constituíam o seu programa de investigação assim como de todos aqueles que se preocuparam com o esclarecimento da radiação do corpo negro e de fenómenos radiativos igualmente paradoxais, constatando a ambivalência tardia de Planck face à física quântica (1900-1906), Kuhn acabaria por concluir que, em 1900, Planck introduzira apenas um constrangimento matemático, sem implicações físicas, tentando nos anos seguintes interpretar esta imposição matemática no contexto da física clássica.

PLANCK E A TEORIA DE CORPO NEGRO

No centro do projecto de investigação de Planck encontrava-se a tentativa de explicação dos processos irreversíveis numa base exclusivamente termodinâmica. Neste contexto, explorará as relações entre termodinâmica e electrodinâmica, procurando justificar a irreversibilidade dos fenómenos radiativos com base nas equações de Maxwell e tornando-se, assim, alvo fácil das críticas de Boltzmann que o alertava para a impossibilidade de derivar um comportamento irreversível a partir de leis reversíveis, a não ser através da introdução de uma hipótese adicional. Planck ver-se-á, assim, forçado a procurar um outro caminho que o conduza ao esclarecimento do comportamento do corpo negro (Caixa 1).

No período de dois anos, entre 1897 e 1899, Planck submeteu à Academia das Ciências da Prússia uma série de cinco artigos em que expunha uma teoria geral da radiação do corpo negro. Para representar a interacção da radiação com as paredes da cavidade do corpo negro recorreu a osciladores harmónicos, escolha resultante da aplicação de um critério de simplicidade que, devido ao teorema de Kirchhoff, não retirava qualquer generalidade ao modelo escolhido. Partindo da igualdade entre as taxas de emissão e de absorção dos osciladores em equilíbrio, Planck demonstrava que $u(\nu, T) = 8\pi \frac{\nu^2}{c^3} U(T)$ representando $u(\nu, T)$ a densidade da energia e $U(T)$ a energia média do oscilador de frequência ν , sendo T a temperatura absoluta e c a velocidade da luz. Notava seguidamente que a expressão anterior e a lei de Wien correspondiam a admitir que a entropia S dos osciladores era dada por $\frac{\partial^2 S}{\partial U^2} = \frac{const}{U}$. Embora a teoria cinética dos gases e, em particular, o teorema da equipartição da energia, permitissem afirmar



imediatamente que $U(T) \propto kT$, esta relação nunca é usada por Planck, que opta sempre, de acordo com a sua visão do mundo, pelo recurso a raciocínios termodinâmicos (Caixa 2).

Esta fase do projecto planckiano culminou com um artigo de revisão publicado na revista "Annalen der Physik" no princípio de 1900, em que apresentava uma sùmula das suas contribuições anteriores. Entretanto, o trabalho experimental de Lummer e Pringsheim sobre a radiação do corpo negro realizado no Instituto Físico-Tecnológico sugerira a possibilidade de desvios face à lei de Wien na gama das baixas

frequências. A 19 de Outubro de 1900, Rubens e Kurlbaum apresentam à Sociedade Alemã de Física um trabalho que não só confirma estas suspeitas como mostra inequivocamente que nas baixas frequências $u(\nu, T) \propto T$.

À apresentação de Rubens e Kurlbaum seguiu-se a leitura realizada pelo próprio Planck, já a par destes resultados, de um artigo intitulado "Nota àcerca de um refinamento da lei de distribuição de Wien," em que é derivada uma nova lei de distribuição compatível com a lei de Wien nas frequências elevadas e com os resultados experimentais de Rubens e Kurlbaum nas baixas frequências. Como Planck já mostrara que a lei de Wien correspondia a admitir que a entropia S dos osciladores

era dada por $\frac{\partial^2 S}{\partial U^2} = \frac{const}{U}$, Planck sugeria

agora que na gama das baixas frequências se introduzisse uma nova hipótese

$\frac{\partial^2 S}{\partial U^2} = \frac{const}{U^2}$ e, seguidamente, para se obter uma

fórmula válida em toda a gama de frequências, se fizesse, tal como em muitos dos raciocínios usados na química-física, uma interpolação entre as duas expressões anteriores, isto é, se admitisse que

$\frac{\partial^2 S}{\partial U^2} = \frac{a}{U(U+b)}$ em que a e b são constantes.

A igualdade termodinâmica $\frac{1}{T} = \frac{\partial S}{\partial U}$ conduziu

imediatamente à nova lei de distribuição $u(\nu, T) = \frac{AV^3}{e^{B\nu/T} - 1}$

(A e B são constantes, $A=8\pi h / c^3$ e $B=h/k$, h constante de Planck e k constante de Boltzmann).

Nos dois meses seguintes e até 14 de Dezembro de 1900, dia em que apresenta o artigo "Sobre a teoria da lei de distribuição da energia no espectro normal," Planck procurou justificar teoricamente a nova lei de distribuição recorrendo a um modelo para a interacção entre radiação e matéria derivado de princípios fundamentais. A influência de Boltzmann é clara na derivação probabilística que apresenta. Recorre então à fórmula de Boltzmann $S = k \log W$ que relaciona a entropia S com a probabilidade termodinâmica W e que escreve pela primeira vez desta maneira. Para determinar W , conta o número de maneiras de distribuir uma energia determinada por um conjunto de osciladores. Inspirando-se na técnica de Boltzmann,

O CORPO NEGRO EM CONTEXTO

O corpo negro é uma idealização que descreve um corpo que absorve completamente a radiação electromagnética que nele incide. Como no interior de uma cavidade a radiação que nela penetra não tem por onde sair e é continuamente absorvida e re-emitada pelas paredes, esta constitui uma boa materialização de um corpo negro.

Em 1860, Gustav Robert Kirchhoff definiu um corpo negro ideal e estabeleceu o "carácter universal" da lei de distribuição da densidade de energia u da radiação em equilíbrio numa cavidade a temperatura constante, isto é, mostrou que esta é independente da natureza dos corpos materiais em equilíbrio com a radiação (Teorema de Kirchhoff) e, por isso mesmo, denota algo de "absoluto". Em 1879 o físico austríaco Josef Stefan verificou experimentalmente que a densidade total de energia do corpo negro é proporcional à quarta potência da temperatura $(\int_0^\infty u(\nu, T) d\nu = \sigma T^4)$. E, cinco anos mais tarde, o seu

compatriota Ludwig Boltzmann demonstrou teoricamente que este resultado decorria da aplicação da segunda lei da termodinâmica à radiação tratada como um gás cuja pressão é a pressão da radiação dada pela teoria electromagnética de Maxwell. Ao chamar a atenção dos físicos para esta nova área de estudos, a lei de Stefan-Boltzmann (1884), como veio a ser conhecida, foi uma de entre várias leis que foram propostas para dar conta do comportamento do corpo negro. Apesar de não oferecer qualquer solução para o esclarecimento da lei de distribuição espectral da radiação, contribuiu para colocar esta questão na agenda dos físicos. Com efeito, em 1893, Wilhelm Wien mostrou que a segunda lei da termodinâmica impunha uma limitação à forma da função u : $u(\nu, T) = \nu^3 f(\nu/T)$, da qual decorria a confirmação do resultado conhecido $\lambda_{max} T = const$ (lei do deslocamento de Wien). Três anos depois, em 1896, Wien encontrou uma solução particular para a função f , ao mostrar que $u(\nu, T) = \alpha \nu^3 \exp(-\beta \nu/T)$ com α e β constantes.

Se esta função dava conta do comportamento experimental então conhecido da radiação do corpo negro na gama das frequências elevadas, os argumentos teóricos em que se baseava estavam longe de ser aceites consensualmente. Por outro lado, ao explorar-se o comportamento do corpo negro noutras gamas de frequências, confirmou-se a validade limitada da lei. Estava aberto o caminho à participação de Max Planck.

introduz a hipótese de que E , a energia total dos osciladores, se encontra dividida em "elementos de energia" finitos ϵ . E afirma: "A energia E é composta por um número bem definido de partes iguais e recorreremos à constante da natureza $h=6,55 \times 10^{-27}$ erg s. Esta constante multiplicada pela frequência comum ν dos osciladores permite obter o elemento de energia ϵ em erg e dividindo-se E por ϵ obtemos o número P de elementos de energia que devem ser distribuídos pelos N osciladores. Se este quociente assim calculado não for inteiro, toma-se P por um inteiro da vizinhança."⁹

Estes dois artigos são habitualmente associados à introdução do conceito de espectro discreto de energia, de quantificação e de descontinuidade embora não haja neles qualquer referência explícita a esses conceitos. Se foram estes os primeiros passos de uma revolução na física, na altura passaram despercebidos a todos e também, seguramente, a Planck. Mas Planck rejubilava com a possibilidade oferecida pela sua lei para calcular rigorosamente várias constantes universais da natureza: a constante de Boltzmann, o número de Avogadro e a carga eléctrica elementar. Que maior compensação podia oferecer a sua teimosa procura do universal! Nos finais do ano seguinte, Planck mostra que a nova função S é uma

PLANCK E A CATÁSTROFE DOS ULTRAVIOLETAS

Ao descrever o percurso que conduziu Planck às contribuições de 1900, não fiz qualquer referência à lei de distribuição de Rayleigh-Jeans nem à chamada catástrofe dos ultravioletas. Porque é, então, comum ler em manuais escolares e livros de divulgação científica que foi para resolver a catástrofe dos ultravioletas que Planck introduziu os quanta na física? Será que Planck conhecia a lei de distribuição que o físico inglês Lord Rayleigh tinha derivado como consequência necessária da física clássica? E, caso a conhecesse, que importância lhe atribuía?

Numa pequena nota de duas páginas “Remarks upon the law of complete radiation” publicada no “Philosophical Magazine” (Junho de 1900) Rayleigh expôs um modelo mecânico para o éter e usou o teorema da equipartição da energia, derivado no contexto da teoria cinética dos gases, e os seus conhecimentos sobre fenómenos ondulatórios, para demonstrar que $u(\nu, T) \propto \nu^2 T$ (mais tarde conhecida por lei de Rayleigh-Jeans) Acrescentou cautelosamente no fim do artigo que um factor exponencial de correcção deveria ser introduzido para completar a lei de distribuição derivada. Em 1902, na colectânea “Scientific Papers”, Rayleigh é muito mais claro. Declara, então, que a fórmula anterior só é válida na gama das baixas frequências pois, na gama das altas frequências, isto é, na

gama dos ultravioletas, $\int_0^{+\infty} kTv^2 dv$ é divergente. Até meados de 1900, os (poucos) físicos que se interessavam pela radiação do corpo negro depararam-se com uma situação complicada: a lei de Wien dava conta dos resultados experimentais mas a sua justificação teórica não era satisfatória e a lei de Rayleigh-Jeans oferecia uma justificação teórica clássica moderadamente aceitável, dependente do teorema da equipartição cuja generalidade se discutia, mas não era compatível com a lei de Wien. E as coisas complicaram-se ainda mais quando se verificou que nem a lei de Wien sobrevivia aos novos dados experimentais.

Não é possível esclarecer definitivamente se Planck conhecia o artigo de Rayleigh, mas é provável que assim acontecesse. Na verdade, neste período surgem várias propostas de leis de distribuição, derivadas de formas mais ou menos *ad hoc*, e sabe-se que Planck acompanhava de perto estes desenvolvimentos. Contudo, não posso deixar de notar que o raciocínio de Rayleigh, dependente da teoria cinética dos gases, era ortogonal ao programa de investigação, assente na termodinâmica, que ocupava Planck há mais de uma década, pelo que é razoável concluir que, mesmo que Planck conhecesse a fórmula de Rayleigh-Jeans, esta não lhe teria despertado interesse particular. Finalmente, um dos mitos mais pertinazes da história da física, segundo o qual Planck introduziu os quanta na física para evitar a chamada “catástrofe dos ultravioleta,” foi retrospectivamente construído por Paul Ehrenfest, ao criar em 1911 uma versão revisionista da história da física quântica, em que a apresentava em contraste abrupto com a física clássica.

função monótona crescente e tende para um máximo, sendo portanto identificada com a entropia termodinâmica. E, em 1906, na primeira edição das “Lições sobre a teoria da radiação térmica” reproduz o raciocínio dos artigos anteriores. De acordo com Kuhn, neste livro não há nenhum retrocesso mas simplesmente a continuação e, simultaneamente, o culminar de um extenso programa de investigação.

créditos: AIP



FINALMENTE PLANCK CEDE: HÁ MAIS QUE MALABARISMO MATEMÁTICO

Só em 1908, numa carta que endereça a Lorentz, goradas todas as tentativas explicativas de encontrar uma justificação clássica para a sua fórmula, e após a introdução dos quanta de luz por Albert Einstein, em 1905, e a dedução independente da fórmula da radiação do corpo negro por Paul Ehrenfest, é que Planck finalmente admitiria que o “malabarismo matemático” de 1900 implicava também uma restrição dos valores da energia, isto é, uma descontinuidade física. Escreve enfim que a energia dos osciladores é um múltiplo inteiro do elemento de energia. Nos anos seguintes exporá o seu novo ponto de vista culminando na publicação da segunda edição das “Lições sobre a teoria da radiação térmica” (1911). Para Kuhn esta mudança conceptual é acompanhada por uma mudança ao nível do vocabulário técnico, dando o “elemento de energia,” que representava a divisão matemática do contínuo de energia, lugar ao “quantum de energia,” que simboliza um átomo indivisível de energia. Kuhn aduz três tipos de evidência a favor da sua interpretação: por um lado o trabalho de Planck emerge

como consequência de um trajecto mais lógico e contínuo, sendo eliminadas várias inconsistências nas publicações à cerca da teoria do corpo negro e, por outro, as afirmações de Planck do período 1908-1909 apontam para uma mudança de atitude radical.

FONTES, HISTORIADORES DAS CIÊNCIAS E O PROCESSO DA DESCOBERTA CIENTÍFICA

O estilo críptico do artigo de 1900 de Planck justifica parcialmente a existência de diferentes interpretações das origens da física quântica. Contudo, não deixa de ser curioso constatar que tanto no discurso proferido na aceitação do prémio Nobel, em 1920, como na “Autobiografia Científica” (1948), Planck faz afirmações que corroboram a tese kuhniana, ao considerar os seus esforços falhados em confinar o quantum de acção ao espartilho da física clássica como “roçando uma tragédia” e atribuindo a “paternidade” dos quanta sobretudo a Einstein.¹⁰ A questão é, contudo, difícil de esclarecer historicamente pois a biblioteca de Planck, com todo o seu conteúdo impresso e manuscrito, desapareceu durante um ataque aéreo que atingiu a sua moradia no final da segunda guerra mundial.

Pesados os limites impostos pelas fontes disponíveis às interpretações dos historiadores, a história de Planck ilustra exemplarmente que a descoberta científica é um processo complexo, multi-facetado, prolongado espacial e temporalmente, resultante de contribuições de vários cientistas, mas que pode, e deve, ser explicado historicamente. Neste sentido, muito mais interessante do que indagar quem descobriu os quanta, afigura-se entender o que levou

Planck a formular as hipóteses de 1900, a indagar o contexto da física em que se movimentou e em perceber o tipo de física que o interessava, quais os problemas experimentais ou teóricos que o preocupavam e que tentou resolver e, finalmente, quais os princípios temáticos que o guiaram nessa resolução. Será só no final da primeira década do século XX, quando a teoria do corpo negro deixa de ser a preocupação central de uma pequena comunidade de físicos que incluía Lorentz, Ehrenfest, Jeans, Einstein, Larmor e, claro está, Planck, para dar lugar ao esclarecimento do problema dos calores específicos e, depois, à teoria atómica que, verdadeiramente, se pode falar finalmente em física quântica.

Ana Simões é Historiadora das Ciências e Professora da Universidade de Lisboa. Coordena também o Centro de História das Ciências, que agrega investigadores da Universidade de Lisboa e da Universidade Nova de Lisboa.



Referências:

1 “Presentation Speech,” 1 Junho 1920, http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1918/press.htm (consultado a 30 Junho 2008)

2 Dieter Hoffman, “Max Planck,” in Noretta Koertge, org., *New Dictionary of Scientific Biography* (Nova Iorque: Charles Scribner’s Sons, 2008, vol. 6), pp.111-15; Helge Kragh, *Quantum Generations. A history of physics in the twentieth century* (Princeton: Princeton University Press, 1999). Para mais detalhes consultar a biografia de Planck da autoria de John L. Heilbron, *The dilemmas of an upright man. Max Planck and the fortunes of German Science* (Harvard: Harvard University Press, 2000), 2ª edição com um novo posfácio, primeira edição de 1986.

3 Max Planck, “A scientific autobiography,” in *Scientific autobiography and other pa-*

pers (Nova Iorque: Philosophical Library, 1949), pp. 13-51, tradução da edição original de 1948, p.14.

4 No contexto desta controvérsia, e não no da discussão das origens da física quântica, enuncia o famoso “princípio sociológico [de Planck]” segundo o qual uma novidade científica impõe-se não porque convença os seus oponentes mas porque estes morrem. Ver op.cit.(3), pp.33-4.

5 Deste ponto de vista a radiação do corpo negro descreve a pior fonte possível de iluminação servindo de padrão para a classificação das lâmpadas.

6 Dieter Hoffmann, “On the experimental context of Planck’s foundation of quantum theory,” *Centaurus* 43 (2001), 240-55.

7 Martin J. Klein, “Max Planck and the beginnings of the quantum theory,” *Archive for*

History of Exact Sciences 1 (1962), 459-79.

8 Thomas S. Kuhn, *Black-body theory and the quantum discontinuity, 1894-1912* (Oxford: Oxford University Press, 1978); Thomas S. Kuhn, “Revisiting Planck,” *Historical Studies in the Physical Sciences* 14 (Part 2) (1984), 231-52.

9 Max Planck, “On the theory of the energy distribution law of the normal spectrum,” in D. ter Haar, org., *The old quantum theory* (Londres: Pergamon Press, 1967), pp.82-90, p.84.

10 Max Planck, “The genesis and present state of development of the quantum theory,” *Lição Nobel*, 2 Junho 1920, http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1918/planck-lecture.htm (consultado a 30 Junho 2008); Planck, “A scientific autobiography,” op.cit. (3), pp.44-5.



A física e a energia

Carlos Varandas

A ENERGIA É HOJE UM TEMA MUITO FAMILIAR AOS CIDADÃOS, DADO QUE A USAMOS NO NOSSO QUOTIDIANO SOB DIVERSAS FORMAS (MUSCULAR, QUÍMICA, CALORÍFICA, ELECTROMAGNÉTICA E, ATÉ, TERMONUCLEAR QUE NOS CHEGA DO SOL). QUANDO ANDAMOS OU CORREMOS, QUANDO COMEMOS, QUANDO AQUECEMOS E ILUMINAMOS AS CASAS, QUANDO LIGAMOS O

COMPUTADOR OU A MÁQUINA DE LAVAR LOIÇA, QUANDO UTILIZAMOS AUTOMÓVEIS, COMBÓIOS OU AVIÕES, ETC, ETC, INEVITAVELMENTE GASTAMOS ENERGIA.

E sentimos directa ou indirectamente as consequências desta utilização constante e crescente de energia no aumento do preço dos combustíveis e nas alterações climáticas. A energia é um grande benefício e simultaneamente um grande problema para a Humanidade,

porque o desenvolvimento sustentável da nossa sociedade exige o fornecimento ecológico, seguro e barato de energia. Ecológico, através da utilização de tecnologias que minimizem a poluição atmosférica. Seguro, pelo recurso diversificado e flexível das fontes energéticas e dos seus fornecedores, de modo a garantir que a abastecimento do mercado não depende de conflitos numa região da Terra ou num País. Barato, dado que o preço da energia não deve ser um obstáculo ao desenvolvimento económico. A concretização dos objectivos atrás referidos exige um corte, progressivo, com o recurso intensivo aos combustíveis fósseis, com relevo especial para o petróleo. O paradigma energético do século XXI deve estar baseado no aumento da eficiência na produção, distribuição e consumo de energia e no incremento do peso das energias renováveis no cabaz energético de cada País. Em paralelo, os governos devem incentivar e financiar actividades de investigação e desenvolvimento que possam conduzir à comercialização de novas tecnologias ou transportadores energéticos, como, por exemplo, o hidrogénio, as baterias de lítio, o carvão limpo, os hidrocarbonetos, os óleos pesados e a fusão nuclear. No entanto, e se necessário para atingir os objectivos do Protocolo de Quioto, existe sempre a possibilidade do recurso à energia nuclear convencional, apesar dos problemas que ainda subsistem relacionados, especialmente, com os lixos radioactivos. É muito provável que a aceitação da energia nuclear pela opinião pública aumente dentro de 20 a 30 anos com a comercialização dos reactores da Gerações IV. Estes reactores terão níveis extremamente elevados de segurança e permitirão a operação em ciclo fechado e a produção de hidrogénio, provavelmente o transportador energético do futuro para o importante sector dos transportes, responsável por 30% do consumo mundial de energia. Actualmente, assiste-se ao já chamado “renascimento nuclear”, dado que estão a ser construídos novos reactores nucleares na Finlândia, França, China e Índia e vários Países estão a rever os seus programas nucleares, como, por exemplo, o Reino Unido, a Itália e a Suécia. A Física tem dado ao longo dos séculos contribuições muito importantes para a problemática da energia. De facto, e para além dos conceitos básicos que estão subjacentes a muitas fontes de energia e ao funcionamento das centrais eléctricas (aqui temos de dar o grande tributo a Faraday com a descoberta da lei da indução magnética e a intuição imediata que teve sobre as suas aplicações), a energia nuclear, a mais poderosa fonte energética jamais colocada

à disposição do Homem, foi integralmente descoberta nos laboratórios pelos físicos Otto Hahn, Lise Meitner e Fritz Stassmann (1938) e Enrico Fermi (1943), após os trabalhos pioneiros de Henri Becquerel (descoberta da radioactividade do urânio, 1896) e Albert Einstein (relação entre massa e energia, 1905).

No futuro e em estreita colaboração com a Engenharia, a Física continuará, certamente, a contribuir para o desenvolvimento de modelos que permitam explicar, e até prever, as alterações climáticas, de novos materiais para os reactores nucleares, painéis solares e células fotovoltaicas, de métodos mais eficientes de tratamento dos resíduos radioactivos, de novos modelos de reactores nucleares (por exemplo, os das Gerações III+ e IV) e de novas tecnologias energéticas baseadas em conceitos com grande ligação à Física, como, por exemplo, a Fusão Nuclear.

Não admira, por isso, que as Sociedades de Física dêem atenção especial às questões relacionadas com a Energia. O programa das comemorações Portuguesas do “2005 Ano Mundial da Física” incluiu um conjunto de actividades subordinadas ao tema “As Energias do Presente e do Futuro”. Mais recentemente a Sociedade Europeia de Física constituiu um Grupo de Trabalho sobre Energia para promover a criação e coordenar a actividade de Grupos sobre Energia nas Sociedades Nacionais, elaborar documentos de opinião sobre a política energética da União Europeia, promover a realização de reuniões de sensibilização do poder político e realizar uma conferência anual sobre os Físicos e a Energia. Os Grupos Nacionais devem elaborar um documento de opinião sobre a política energética de cada País, fazer um levantamento das actividades de investigação científica e desenvolvimento tecnológico na área da Energia e promover debates técnicos para esclarecimento dos cidadãos sobre as questões directa ou indirectamente relacionadas com a Energia.

Carlos Varandas é Professor Catedrático do Instituto Superior Técnico e Presidente do Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear





Os 40 anos da Sociedade Europeia de Física (European Physical Society)



PASSAGENS DO DISCURSO DO PRESIDENTE DA EPS, FRIEDRICH WAGNER, NA CERIMÓNIA DAS COMEMORAÇÕES DO 40º ANIVERSÁRIO DA EPS, QUE TIVERAM LUGAR DURANTE A REUNIÃO DO COUNCIL DA EPS, EM MARÇO DE 2008.

VERSÃO INTEGRAL DO DISCURSO DISPONÍVEL EM
[HTTP://WWW.GAZETADEFISICA.SPF.PT](http://www.gazetadefisica.spf.pt)

(TRADUÇÃO: ANA SAMPAIO)

BOAS VINDAS E PROGRAMA DA COMEMORAÇÃO

Senhoras e Senhores, caros Convidados,
Muitos físicos ilustres deram o seu contributo para a ideia

de uma Europa sem fronteiras que permite aos cientistas deslocarem-se livremente, trocarem informações e partilharem conhecimentos e ideias. Em 1968, Gilberto Bernardini foi o presidente fundador da Sociedade Europeia de Física (EPS), sendo seguido por muitos cientistas famosos que já não se encontram entre nós, como Werner Buckel, Hendrik Casimir, Maurice Jakob, Alan Mackintosh, Eric Rudberg ou Ion Ursu. Eles representam de forma exemplar a vasta gama de domínios da investigação em física que existe na Europa. Outros antigos presidentes, como Jacques Friedel e Ricardo Ricci, não podendo estar presentes, enviam as suas melhores saudações. Todavia, muitos estão hoje aqui connosco para celebrar e partilhar recordações – dos bons velhos tempos, claro: Herwig Schopper, Martin Huber, Martial Ducloy e Ove Poulsen, o meu antecessor. Gostaria de os acolher a todos calorosamente, enquanto parte integrante da grande família EPS e como exemplos do grande legado da física na Europa.

Celebramos o nosso 40º aniversário em Mulhouse, porque é aqui a sede da EPS. O local foi bem escolhido, já que reflecte uma parte da história europeia – embora sendo francês, pertenceu por duas vezes à Alemanha e, durante algum tempo, fez até parte da Confederação Helvética. Mulhouse honra o passado da ciência e da tecnologia

Foundation of the Society

In the morning of 26 September, the former Steering Committee, other physicists and representatives of National Societies, gathered in the Council Chamber at CERN. The Constitution of the European Physical Society was on the table before them and they were asked as individuals and as representatives of National Societies whether they wished to join the new Society. Sixty-two individual members and twenty National Societies, Academies and Groups enrolled in the EPS.

Individual Members :

Former steering committee -

J. B. Adams, Haverill
L. A. Artsimovich, Moscow
D. J. Bémis, Geneva
G. Bernardini, Pisa
N. B. G. Casimir, Eindhoven
L. Cohen, London
H. Conen, Paris
J. de Beer, Amsterdam
A. de-Shalit, Rehovot
A. Einstein, Vienna
L. Erlenne-Anderg (Mrs), Geneva
H. Fritsch, Heidelberg
W. Gentner, Heidelberg
K. Gottstein, Munich
B. P. Gregory, Godeve
F. Janssen, Prague
L. Janssen, Geneva
J. M. Jauch, Geneva
P. Janssen, Hanoi
J. Kasater, Prague
J. R. McConnell, Dublin
K. P. Meyer, Bonn
F. Nohel, Paris
G. Occhialini, Milan
J. M. Otero de Navascués, Madrid
F. Perrot, Paris
Ch. Perrin, Geneva
T. G. Rijkenese, Göttingen
P. Prasad, Geneva
E. Ruediger, Stockholm
G. H. Stafford, Chicago
G. Sparali, Budapest
J. Tauc, Prague
P. C. Thonemann, Swansea
J. Ursu, Cluj
V. P. Waiskopf, Cambridge, USA
A. Zichrovi, Bologna

Delegates and guests -

M. Bismuth, Rabat
A. Bertinot, Paris
G. Boeth, Geneva
C. Bracco, Adelaide
J. Brosset, Paris
M. Cini, Bologna
B. Conen, London
W. Dekeyser, Ghent
J. Frenkel, Paris
M. R. Gavin, London
W. Jacquotte, Hamburg
A. Keller, Paris
M. Kirsten, Braunschweig
E. Lüscher, Munich
Z. Pálffy, Prague
E. Richter, Frankfurt
K. H. Roep, Bonn
A. Salati, Trieste
W. Thuring, Geneva
T. di Francia, Bologna
O. Turchanov, Budapest
F. Yavin, Tel Aviv
F. J. Yonson, Geneva

Societies, Academies and Groups :

Österreichische Physikalische Gesellschaft
AUSTRIA (W. Thirring)
Société Belge de Physique
Belgische Natuurkundige Vereniging
BELGIUM (W. Dekeyser)
Jednota československých matematiků a fyziků
CZECHOSLOVAKIA (Z. Pajner)
Suomen Fysikkoseura
FINLAND (J. Jouho)
Société Française de Physique
FRANCE (J. Brosset)
Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V.
FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY (M. Kerstan)
Eötvös Loránd Fizikai Társulat
HUNGARY (G. Szegedi)
Royal Irish Academy
IRELAND (J. R. McConnell)
Israel Physical Society
ISRAEL (Y. Yavin)
Società Italiana di Fisica
ITALY (G. Toraldo di Francia)
Nederlandse Natuurkundige Vereniging
NETHERLANDS (C. Bracco)
Comitetul National de Fizica Romania
RUMANIA (J. Ursu)
Real Sociedad Española de Física y Química
SPAIN (J. M. Otero de Navascués)
Swedish Society of Physicists
SWEDEN (E. Rudberg)
Schweizerische Physikalische Gesellschaft
Société suisse de Physique
SWITZERLAND (K. P. Meyer)
The Institute of Physics and the Physical Society
UNITED KINGDOM (M. R. Gavin)
Academy of Sciences of the USSR
USSR (L. A. Artsimovich)
Physical Section of the Yugoslav Association of Mathematicians, Physicists, and Astronomers
YUGOSLAVIA (L. Slavik)
European Plasma Physics Group
(P. C. Thonemann)
Groupement AMPERE
(G.-J. Béné)

(Some of the National Societies joined subject to ratification by their own Councils.)

Enrolling in the EPS :

- G. Bernardini (Director of the Scuola Normale Superiore, Pisa)
- L. A. Artsimovich (Academy of Sciences, USSR)
- L. Cohen (Secretary of The Institute of Physics and the Physical Society, UK)
- B. P. Gregory (Director-General, CERN)



CERN/PI 325.9.68



CERN/PI 325.9.68



CERN/PI 325.9.68



CERN/PI 327.9.68

na reunião anual do Conselho¹.

SOBRE OS PRIMEIROS PASSOS

A Sociedade Europeia de Física (EPS) foi fundada a 26 de Setembro de 1968, numa pequena cerimónia realizada no CERN. No ano anterior, a Comunidade Europeia tinha sido criada com base em acordos e tratados anteriores, como o passo seguinte num processo contínuo de unificação. Os seus membros eram a França, a Alemanha – a República Federal Alemã, melhor dizendo –, a Itália e os três países do BENELUX. Mil novecentos e sessenta e oito foi um ano de grande turbulência social, com múltiplas manifestações de estudantes em muitos países. Devem estar recordados dos rituais das ocupações. Na física, a coisa não foi muito má, porque nesta área sempre houve um

grande respeito por aqueles que são capazes de alargar as fronteiras da nossa compreensão do funcionamento da natureza, o que muitas vezes depende das capacidades extraordinárias de cientistas individuais.

Este foi também um ano de graves perturbações políticas, que culminaram com a invasão da Checoslováquia pelas tropas do Pacto de Varsóvia. Já então se faziam sentir as forças da desintegração do Bloco de Leste. A criação do Clube de Roma neste mesmo ano de 1968 constituiu uma manifestação das crescentes preocupações ambientais. Todos estes acontecimentos fizeram emergir uma atitude muito mais crítica por parte da sociedade em relação às ciências naturais – e também à física –, atitude essa que persiste ainda hoje. No entanto, a opinião pública continuou a respeitar a ciência e a tecnologia, associando-as à sua esperança num futuro melhor. Nesse mesmo ano, a nave espacial Apolo VIII dava início às missões tripuladas para a Lua e no ano seguinte, 1969, Neil Armstrong deu o seu famoso passo de gigante.

Nos anos que se seguiram a 1968, o processo de unificação da Europa, não só a nível político e social, mas com os seus famosos museus dedicados a estas matérias e caracteriza-se por ser um centro de desenvolvimento industrial. (...) Dou as boas-vindas ao Prof. Gerd Wolf, em representação do Comité Económico e Social, da Comissão Europeia. Esta tarde, teremos três contributos, dois científicos e um que aborda a política científica na Europa. Sentimo-nos muito honrados pela presença de dois extraordinários cientistas europeus, Günter Hasinger e Thomas Stocker, que nos transportarão para o mundo das maravilhas cósmicas, mas que nos recordarão também a vulnerabilidade da nossa própria existência nesta pequena esfera do Universo a que chamamos Terra. (...) Mais tarde, o Prof. Mariano Gago, o Ministro português da Ciência e da Tecnologia, juntar-se-á a nós e usará da palavra. Dou também as boas-vindas ao Prof. Alex Bradshaw e ao Prof. Sir John Enderby - ambos tomarão a palavra, um esta noite e o outro amanhã, durante a segunda sessão do Conselho. Este aniversário insere-se

grande respeito por aqueles que são capazes de alargar as fronteiras da nossa compreensão do funcionamento da natureza, o que muitas vezes depende das capacidades extraordinárias de cientistas individuais.

Este foi também um ano de graves perturbações políticas, que culminaram com a invasão da Checoslováquia pelas tropas do Pacto de Varsóvia. Já então se faziam sentir as forças da desintegração do Bloco de Leste. A criação do Clube de Roma neste mesmo ano de 1968 constituiu uma manifestação das crescentes preocupações ambientais. Todos estes acontecimentos fizeram emergir uma atitude muito mais crítica por parte da sociedade em relação às ciências naturais – e também à física –, atitude essa que persiste ainda hoje. No entanto, a opinião pública continuou a respeitar a ciência e a tecnologia, associando-as à sua esperança num futuro melhor. Nesse mesmo ano, a nave espacial Apolo VIII dava início às missões tripuladas para a Lua e no ano seguinte, 1969, Neil Armstrong deu o seu famoso passo de gigante.

Nos anos que se seguiram a 1968, o processo de unificação da Europa, não só a nível político e social, mas

também nos domínios da ciência e da investigação, acelerou-se. Em 1973, a Dinamarca, a Irlanda e o Reino Unido aderiram à Comunidade Europeia, em 1981, foi a vez da Grécia, seguida por Portugal e Espanha, em 1986. A expansão seguinte para 15 membros ocorreu já no quadro da União Europeia, que em 2004 aumentou para 25 membros.

Em 1968, não era ainda possível prever que as forças que estavam a emergir na Comunidade Económica Europeia conduziram à eliminação da instabilidade inerente a muitos sistemas monetários diferentes, que os alemães desistiriam do marco alemão a favor de uma moeda comum, que seria possível atravessar fronteiras sem passaporte ou que o Reino Unido permitiria a construção de um túnel para que nunca mais o nevoeiro pudesse impedir a ligação entre o continente e o resto do mundo. Mais do que isso, porém, era impossível prever que a União Soviética, a Checoslováquia e a Jugoslávia se desintegrariam, enquanto a Alemanha se reunificaria. Estes desenvolvimentos políticos permitiram à EPS crescer até aos 40 membros, mais do que a União Europeia, actualmente com 27 Estados-Membros. São também membros da EPS as sociedades físicas da Rússia, Israel, Turquia, Noruega, Suíça e de muitos outros países.

Hendrik Casimir² foi o presidente da EPS entre 1972 e 1976. O seu nome está ligado ao efeito Casimir – em termos latos, a força do vácuo com fronteiras – que, na sua formulação clássica, teve recentemente uma excelente verificação experimental. Em 1957, por ocasião do 25º aniversário do *American Institute of Physics*, ele deu uma conferência intitulada “*Ideias sobre o futuro da física*”, que reflectia a situação da Europa pouco depois da guerra: as suas palavras poderão ajudar-nos a reconhecer os enormes progressos feitos desde então.

Afirmava ele: “De um modo geral, assiste-se na Europa a uma disponibilidade crescente para proporcionar à investigação o apoio necessário, mas, de vez em quando, ainda nos deparamos com atitudes como esta, manifestada por um político francês: *A investigação é apenas uma moda passageira.*”

Mais adiante, declarava: “Aqui [na Europa], há circunstâncias que impedem a utilização integral das infra-estruturas técnicas existentes: essas circunstâncias são as fronteiras nacionais. [...] Enquanto a Europa Ocidental não constituir uma unidade económica (e só Deus sabe se isso alguma vez acontecerá) continuará a estar em desvantagem em relação aos Estados Unidos.”

SOBRE O ESPAÇO EUROPEU DE INVESTIGAÇÃO E DO CONHECIMENTO

Nas décadas que se seguiram de crescente integração política, a rede de instituições de investigação europeias continuou a crescer, com base em acordos bilaterais ou multilaterais. (...) Os instrumentos de que a Comissão dispõe para promover a investigação e a tecnologia na Europa são os programas-quadro, que tiveram início em 1984: estamos agora no VII Programa-Quadro. (...) A Europa está a caminho de um Espaço Europeu de Investigação. Efectivamente, o VII Programa-Quadro é de longe o

mais sólido do ponto de vista financeiro, apoiando também a investigação fundamental, para além dos domínios que são tradicionalmente de definição mais política. A criação do Conselho Europeu de Investigação, com os seus princípios administrativos que encaram a autonomia e a excelência científicas como critérios de decisão exclusivos, teve um forte impacto positivo nas comunidades científicas. A EPS também aplaude e manifesta o seu apoio em todos os painéis e comissões. O Espaço Europeu de Investigação poderá parecer aos mais críticos mais conversa do que outra coisa, mas a verdade é que tem um grande valor simbólico e eu gostaria de sugerir que o levemos a sério. (...)

Há um outro aspecto nesta evolução que nos afecta a todos e que é o objectivo de criar um Espaço Europeu do Conhecimento. O ensino universitário está a atravessar uma fase de transição para um formato homogéneo, os graus de bacharelato e mestrado. Esta transição, que está agora a ser posta em vigor e deverá estar concluída em 2010 não é muito popular entre os físicos. Na Alemanha, não gostamos mesmo nada de ver a nossa muita respeitada licenciatura em física ser substituída por um grau genérico, mas a proposta acabou por ser aceite. Durante o processo, 50% dos departamentos de física alemães estremeçaram, mas não houve mortos nem feridos a declarar. Na sua conferência de 1957, Casimir afirmou: “A situação da universidade europeia não é fácil: se quiser continuar a cumprir o seu papel, ela terá de abdicar do seu cunho de lentidão e solenidade.”

Apenas duas universidades europeias – Cambridge e Oxford – estão na lista das 20 melhores universidades do mundo. Ainda é cedo para dizer se o novo formato pedagógico acabará por cumprir o seu objectivo – uma aceitação das qualificações a nível europeu, maior transparência, mais intercâmbio e mobilidade. O projecto de Bolonha da EPS – esta transição pedagógica tem, curiosamente, o nome da primeira cidade detentora de uma universidade na Europa Ocidental – lançará alguma luz sobre esta evolução.

Mais luz será também lançada sobre o desenvolvimento global do Espaço Europeu de Investigação e a Sociedade do Conhecimento pelo Prof. Mariano Gago, o Ministro português da Ciência, da Tecnologia e do Ensino Superior quando nos dirigir a palavra, um pouco mais tarde durante esta cerimónia.

O CERN, fundado em 1954, foi o modelo que incentivou Bernardini, membro do seu conselho de administração, a decidir criar a EPS. O CERN celebrou o seu 50º aniversário em 2004. Porque será que precisamos de aniversários, o que é que nos reúne aqui hoje para celebrar o 40º aniversário da EPS? Um jubileu é sempre uma boa razão

para recordarmos colectivamente um momento memorável, que é suficientemente importante para não ser esquecido, mas não tão importante que se comemore todos os dias, meses ou anos. A grande vantagem do sistema de décadas é que nos permite encontrar um bom compromisso entre as celebrações contínuas e o esquecimento total. (...)

Este ano, vamos comemorar o 150º aniversário de Max Planck e tanto a Sociedade Max Planck como a *Deutsche Physikalische Gesellschaft* (DPG - Sociedade Alemã de Física) irão recordar o fundador da mecânica quântica e aquele que conduziu os destinos da física na Alemanha, durante o período negro do nazismo³. Recordaremos também que a fissão do urânio aconteceu há 70 anos. Otto Hahn e Lise Meitner, dois dos principais cientistas envolvidos na descoberta e na interpretação da inesperada observação da presença de bário, morreram no ano em que a EPS foi fundada – há precisamente 40 anos. (...) Será interessante ver até que ponto a opinião pública prestará atenção a estes exemplos, a estes heróis e heroínas da física. A concorrência vai ser grande: Carla Bruni – mais conhecida sob este nome – também comemora este ano o seu 40º aniversário...

Actualmente, já é possível a livre circulação de cientistas e de ideias e informação científicas, sendo a única restrição os meios financeiros disponíveis. Com este tema das restrições financeiras, gostaria de concluir a minha análise sobre o passado e de começar a falar do presente. Os recursos financeiros da EPS provêm, em grande medida, dos contributos das grandes sociedades de física da Alemanha e do Reino Unido. Um dos maiores contributos provêm também da sociedade francesa, que imprime a *Europhysics News* (EPN), o boletim da nossa sociedade, a custo zero, o que corresponde a uma contribuição monetária substancial. (...)

Uma parte do orçamento da EPS é utilizada para ajudar os membros que de outro modo teriam dificuldade em beneficiar do progresso científico que ocorre nas zonas mais prósperas da Europa. A EPS ajuda também jovens cientistas ainda não estabelecidos e desempenhou um papel importante na integração da física após o colapso da União Soviética. As grandes sociedades confiam à EPS a missão de utilizar o seu capital em prol dos ideais europeus de proporcionar oportunidades a todos os talentos emergentes. (...) Estes talentos podem surgir em qualquer sítio e todos estamos cientes do extraordinário potencial científico da Rússia. As tradições iniciadas pelos seus grandes cientistas ainda hoje se mantêm nos países da Europa Oriental e todo este potencial tem um valor incalculável para uma Europa em desenvolvimento. Actualmente, muitos licenciados e

pós-doutorados com excelente formação, oriundos dos estados da Europa Oriental, trabalham em instituições ocidentais e as ligações que entretanto estabelecem irão reforçar a rede europeia, quando regressarem aos seus países. É essa a experiência no Japão, na Coreia e na China: aqueles que partem regressam frequentemente, trazendo consigo todo o potencial de uma carreira científica no estrangeiro.

(...)

Como acontece noutros aspectos da cultura europeia, os países grandes e ricos têm uma responsabilidade específica em termos de fomentar a igualdade de oportunidades no continente e esta responsabilidade radica também nos benefícios que a Europa acaba por proporcionar àqueles que têm um fardo mais pesado. O fiel da balança para os nossos esforços é o progresso da física na Europa, que por sua vez se insere no desenvolvimento pacífico global do continente.

Este percurso não é garantido nem automático, reque-rendo um grande esforço da nossa parte. O destino de Max Planck e da sua família reflecte de forma exemplar o longo caminho que a Europa teve que percorrer antes de atingir o equilíbrio no actual período de paz. O irmão de Max Planck, Hermann, foi morto em 1871, na guerra entre a Alemanha e a França; o seu filho mais velho, Karl, morreu na Primeira Guerra Mundial em Verdun, em 1916, e o segundo filho, Erwin Planck, foi morto pelos nazis em Janeiro de 1945, devido ao seu envolvimento na tentativa de assassinato de Hitler, a 20 de Julho de 1944. Actualmente, é pouco provável que destinos como este se repitam na Europa e os cientistas podem concentrar-se mais do que nunca no seu grande objectivo, beneficiando do crescente potencial científico europeu.

A GLOBALIZAÇÃO DARÁ ORIGEM A VENCEDORES E VENCIDOS

Como é que a EPS se irá desenvolver neste processo de consolidação da Europa? Felizmente, o futuro não é determinístico. Ainda assim, podemos pensar nas condições de fronteira em que ocorrerá essa evolução. À semelhança de outras regiões do mundo, a Europa terá de ir sustendo a pressão contínua provocada pela globalização. O assombroso e fascinante desenvolvimento da Ásia continuará a afectar o nosso continente. O impacto da globalização na ciência terá múltiplos aspectos, o mais crítico dos quais será a nova volatilidades dos melhores cérebros, que se concentrarão onde as condições de trabalho forem melhores. A globalização conduzirá à criação de novos centros científicos e este processo dará origem a vencedores e vencidos.

Na competição global, os progressos na física serão cada vez mais vistos como êxitos europeus e não tanto como realizações nacionais – ou, no caso de não se materializarem, como fraquezas do sistema europeu. No interior da Europa, as grandes instituições científicas irão abandonar as suas ligações nacionais específicas criadas pela localização, pela história e pelo padrão de financiamento. À semelhança dos grandes actores industriais, começarão a actuar a nível supranacional, como acontece, por

exemplo, com a Sociedade Max-Planck que pretende criar delegações também noutras partes do mundo. (...)

As grandes sociedades de física nacionais, que detêm não só o poder que lhes é conferido por um grande número de membros, mas também a correspondente responsabilidade, irão reconhecer um dia que, numa Europa em expansão, a bandeira nacional já não basta. A sua importância, os seus recursos financeiros, as suas ligações políticas e sociais já não se poderão restringir exclusivamente às fronteiras nacionais.

(...)

No futuro, o impacto da integração europeia terá também uma prioridade mais alta a nível nacional. Até agora, os relatórios dos presidentes nas assembleias das sociedades de física nacionais mal têm aflorado os assuntos europeus e não incluem nenhum capítulo sobre o trabalho da EPS ou sobre a cooperação com a EPS. Sei que é assim na sociedade nacional de que sou membro e presumo que o mesmo aconteça nas outras. É pena que assim seja, mas antevejo uma época em que o relatório de um presidente de uma sociedade nacional aos seus membros estará incompleto se não reflectir o trabalho da EPS. Deve ser ambição da EPS que essa época chegue em breve.

As consequências deste processo serão que a EPS e as sociedades nacionais de física irão ser capazes de identificar áreas de interesse comuns, nas quais seja possível cooperar e realizar projectos conjuntos. Estas parcerias orientadas para projectos e por objectivos nem sempre incluirão todas as sociedades nacionais, variando de acordo com os interesses considerados. O mesmo acontece no domínio da energia, em que 13 sociedades nacionais estão envolvidas e irão em breve reunir-se em Varenna⁴, no seguimento do convite da Sociedade de Física italiana, ou no que se refere ao estudo de Bolonha, que envolve 16 sociedades.

(...) Em conjunto, temos de pôr em prática um processo que nos permita identificar novos domínios mais interdisciplinares e temos de criar novas divisões. Seria muito desejável que esse processo se desenrolasse de baixo para cima – a única forma de ser bem-sucedido. É nesta categoria que se insere também a questão de saber se a EPS deve penetrar no centro dos futuros processos de decisão e abrir a sua própria delegação em Bruxelas, em conjunto com as sociedades nacionais participantes. Quanto maior o peso das decisões europeias, mais importantes serão a reacção e a resposta da EPS.

(...) A natureza da EPS é, todavia, determinada por um princípio fundamental, que sempre orientou as suas deliberações – o facto de representar, em pé de igualdade, sociedades grandes e pequenas em questões fundamentais. A igualdade é a pedra de toque da governação da EPS e, através deste princípio, ela tem cumprido e

continua a cumprir a sua responsabilidade de ser um parceiro válido e leal no processo de integração europeia.

Permitam-me, para concluir, que vos recorde a visão dos fundadores da EPS: (...) uma sociedade internacional e amplamente autónoma, baseada em membros individuais, e não como uma estrutura-mãe, sob a forma de uma federação de sociedades nacionais. (...) Esta independência permitiu-lhe fazer ouvir a sua voz no caso Shakarov, ou sempre que físicos eram presos por insistirem na defesa da liberdade científica e dos direitos humanos como referências obrigatórias. Uma vez que os físicos não eram obrigados a levar um mandato para as organizações da EPS, que poderiam ter sido facilmente dominadas pela situação do pós-guerra ou pela Guerra Fria, a invasão da Checoslováquia, golpes militares ou a instalação de mísseis Pershing e SS-20, o elemento mais forte nas relações pessoais entre eles pôde evoluir e produzir a sua acção benéfica, ultrapassando fronteiras e diferenças sociais. (...) O papel desempenhado pela EPS durante este período da nossa história constituiu um compromisso, e estabeleceu uma norma que não poderemos abandonar, na nossa tentativa de moldar o futuro. (...)

1. Council, no original (N.E.).

2. Ver neste número o artigo de Carlos Herdeiro "Os 60 anos da força do vácuo" (N.E.)

3. Ver *Impressões de uma cidade renascida*:

Ana Simões, *Berlim, física e Max Planck*, Gazeta de Física, Vol.31-nºs 1/2, pg 13 (2008) (N.E.).

4. Ver neste número da Gazeta de Física o

artigo de Carlos Varandas, *A física e a Energia, bem como notícia sobre Conferência da European Physical Society*, Gazeta de Física, Vol.31-nºs 1/2, pg 33 (2008) (N.E.).



Temos condições para ser um caso de sucesso

Alexandra Rosa

JOÃO FONSECA, 35 ANOS, FUNDOU A BIOSURFIT, UMA EMPRESA DE BIOTECNOLOGIA, EM JANEIRO DE 2006, PORQUE SEMPRE QUIS “FAZER ALGO QUE PUDESSE SER MATERIALIZÁVEL”. EM ENTREVISTA À GAZETA DE FÍSICA ESTE ENGENHEIRO FÍSICO, DOUTORADO EM CIÊNCIAS DOS MATERIAIS, CONTA A HISTÓRIA DESTA AVENTURA E DEIXA ALGUNS CONSELHOS PARA QUEM LHE QUISER SEGUIR OS PASSOS.

GAZETA DE FÍSICA (GF): Como é que um Doutoramento em Ciências dos Materiais se transforma num bioempreendedor?

JOÃO FONSECA (JF): Formei-me no [Instituto Superior] Técnico, em 1995, e depois estive um ano a trabalhar numa empresa de fabrico de equipamentos de telecomunicações. Queria conhecer o mundo real.

GF: O gosto pelo mundo empresarial vem de longe...

JF: A ciência fundamental é essencial para o desenvolvimento e para o avanço do conhecimento. Mas sempre achei que gostaria de fazer algo que pudesse ser materializável e útil do ponto de vista prático. Sinto-me mais confortável com este tipo de desafios.

GF: Depois dessa experiência regressou à universidade.

JF: Fui contratado como especialista em Engenharia da Qualidade, mas ao fim de seis meses percebi que, de facto, não era bem aquilo que queria fazer. E ao fim de um ano fui para Estrasburgo (França) fazer Doutoramento em Ciência dos Materiais, especificamente em cristais líquidos e interações com superfícies. Muito do trabalho que desenvolvi nesse período acabei por aplicar neste projecto [Biosurfit].

GF: Mas já em 2001 tentou montar uma empresa.

JF: Eu e o meu orientador [Doutoramento] descobrimos coisas muito interessantes na área dos cristais líquidos. Submetemos duas patentes internacionais e montei uma empresa com alguns dos actuais accionistas da Biosurfit. Mas por várias razões não avançámos com o projecto. Cometi vários erros (aprendi muito com eles), o momento não era propício para ter apoio de capital de risco e o projecto também não tinha a maturidade suficiente.



GF: E voltou à investigação.

JF: Fui fazer um pós-doutoramento no Centro de Física da Matéria Condensada [Universidade de Lisboa]. Em 2004, submeti um projecto em Biofísica – uma área de que gostava – sobre estudo de superfícies e interacção com bactérias.

GF: Esse projecto já estava relacionado com a Biosurfit?

JF: Não tinha directamente a ver. Mas foi [na execução deste projecto] que descobri a técnica de *surface plasmon resonance*. Li uns artigos sobre o assunto e achei-o muito interessante. Adquirimos equipamento com a técnica e rapidamente construímos um laboratório com desempenho melhor do que aquele que tínhamos comprado. Depois integramos [a equipa de investigação] a parte dos microfluidos em rotação, a qual também descobrimos na altura. Juntámos as duas técnicas e pensámos: onde é que vamos aplicar isto?

GF: E nasceu o projecto da Biosurfit?

JF: Havia várias hipóteses. Mas vimos que havia mercado na parte dos testes médicos rápidos e começámos a trabalhar.

GF: Qual é exactamente o “produto” da Biosurfit?

JF: Desenvolvemos uma plataforma de testes ao sangue rápidos. Testes que poderão ser feitos durante uma consulta e que contribuem para que médico faça um diagnóstico mais preciso e mais rápido.

GF: E isso consegue-se juntando as tais duas técnicas.

JF: Uma das tecnologias permite miniaturizar num suporte tipo minidisc as várias funções realizadas num laboratório [de análises]. E a este *Lab on a Disc* juntámos a tecnologia *surface plasmon resonance*, com a qual se pode detectar com grande desempenho marcadores de sangue de uma dada patologia.

GF: Quantas pessoas integram a Biosurfit?

JF: Neste momento, somos 15 pessoas e temos tipicamente cinco pessoas em cada uma das três áreas de trabalho. O grupo de óptica e electrónica, na área do hardware (com muita Física); o grupo de biofísica, que estuda a forma de como preparar superfícies para reconhecimento biológico; e uma área de microfluidos.

GF: E na área da gestão?

JF: Neste momento, não temos ninguém de gestão a tempo

inteiro, [quando é necessário] pagamos serviços.

Penso que na fase inicial de uma *start up* não é necessário ter recursos humanos de gestão. O importante é ter um plano de negócios que seja suficientemente sólido.

GF: Esse é o melhor conselho para quem quiser arrancar com uma empresa de base tecnológica?

JF: Há vários conselhos a dar. Primeiro, uma pessoa só não consegue montar uma empresa. É importante [que o promotor] se rodeie de pessoas que encarem a ideia como sua e que a tornem na sua aposta de vida. Na Biosurfit, é política permitir uma participação na empresa a todos os colaboradores com vínculo permanente. O segundo conselho é focar-se numa aplicação concreta em vez de tentar convencer os investidores que o produto resolve muitos problemas. Por fim, elaborar um plano de negócios com princípio, meio e fim. Um plano de negócios é uma história bem contada. Facilmente levamos um não quando pedimos dinheiro com uma história mal contada.

GF: A Biosurfit faz todo o percurso desde o desenvolvimento científico até ao mercado?

JF: O nosso plano base é: nós fazemos o desenvolvimento, a produção será subcontratada e a distribuição será feita com parceiros. Nós não teremos força de venda. Mas o plano é termos o nome Biosurfit nos testes.

GF: Quais são os planos para o futuro próximo?

JF: Em 2009, vamos entrar no mercado de Portugal e depois de Espanha. Daqui a dois anos, a Biosurfit será uma empresa diferente da que é hoje. Hoje, todos os colaboradores trabalham no laboratório, eu próprio passo parte significativa do meu tempo no laboratório. Mas nos próximos dois anos as coisas vão mudar muito porque começará a haver uma componente de gestão do negócio que é diferente.

GF: A Biosurfit é um caso de sucesso?

JF: Acho que seremos um caso de sucesso quando o nosso produto vender bem no mercado internacional. E temos condições para isso. Temos um produto suficientemente bom para entrar no mercado e fazer um brilharete.

OLHANDO HOJE PARA A DESCOBERTA DO ELECTRÃO POR J. J. THOMSON, EM 1897, VEMOS QUE FOI O PRIMEIRO PASSO NUM LONGO CAMINHO DE DESCOBERTA PARA OBTERMOS UMA IMAGEM INTEGRAL DOS CONSTITUINTES FUNDAMENTAIS DA MATÉRIA.

Hoje, 111 anos depois desta descoberta da primeira partícula elementar, estamos à beira daquilo que a maior parte dos físicos acredita que virá a ser uma revolução científica ainda maior. Depois de anos de entusiasmo crescente, a maior experiência do mundo vai finalmente começar. Ainda este ano, o Grande Colisor de Hadrões ou LHC (da sigla inglesa *Large Hadron Collider*) provocará a colisão entre feixes de prótons à razão de mil milhões de colisões por segundo, com uma energia nunca vista desde o *Big Bang*.

E, depois de anos de esforços por parte de cientistas oriundos de trinta e cinco países e de um custo de quase dez mil milhões de dólares americanos, estamos finalmente prestes a descobrir se uma outra partícula elementar, o bosão de Higgs, existe ou não. O Modelo Standard é actualmente a nossa melhor teoria para a física de partículas, mas não consegue ainda responder a uma série de questões fundamentais, como a razão pela qual algumas partículas são leves enquanto outras são pesadas ou por que observamos pequenas diferenças entre as propriedades da matéria e da antimatéria, para não falar da forma como as três forças subatómicas se relacionam entre si e se alguma vez poderão vir a ser unificadas numa única teoria. O bosão de Higgs é o ingrediente que falta no Modelo Standard e ajudaria a confirmá-la como uma imagem correcta do mundo subatómico.

O que acontecerá se o Higgs não for descoberto? O extraordinário é que isso poderá ser ainda mais interessante. Os dados provenientes do CERN nos próximos anos serão analisados para procurar indícios não só do Higgs, mas também de outras partículas ainda mais exóticas que ultrapassam o Modelo Standard.

Uma ideia alternativa é a chamada supersimetria. Trata-se de uma teoria elegante que pretende associar partículas como electrões e quarks, que constituem a matéria comum, a partículas que medeiam forças, e que afirma que, para cada uma das partículas que conhecemos até agora, existe uma outra, mais pesada, à espera de ser

Cortesia de Jim Al-Khalili



A Máquina do *Big Bang*

Jim Al-Khalili (Tradução: Ana Sampaio)

descoberta, se acaso dispusermos da energia suficiente para a criar. Finalmente, vamos dispor dessa energia - no LHC. A supersimetria parece ser também um ingrediente essencial numa teoria que, a ser correcta, certamente destronaria o Modelo Standard. É conhecida por teoria das cordas e gaba-se de conseguir descrever todas as quatro forças da natureza com uma única cobertura matemática. O problema é que ninguém até hoje a conseguiu perceber realmente e muito menos saber se está correcta.

De acordo com a teoria das cordas, as partículas elementares não são pontos mas sim cordas com dimensões superiores enroladas. Inicialmente, pensava-se que estas dimensões seriam demasiado pequenas para poderem ser detectadas, mas mais recentemente percebeu-se que, na verdade, poderão ser suficientemente grandes para produzirem consequências que seriam detectadas no LHC. Por exemplo, de acordo com algumas versões da teoria das cordas, estas dimensões superiores tornam a gravidade suficientemente forte para afectar o espaço-tempo até à escala microscópica e mesmo para produzirem pequenos buracos negros.

Não, não precisa de entrar em pânico: estes buracos negros não durariam muito tempo, evaporando-se muito rapidamente através daquilo que é conhecido como a radiação Hawking. A detecção desta radiação constituiria uma descoberta assombrosa e poderia dar-nos pistas para compreendermos a forma como a gravidade está associada às outras três forças.

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



EM 16 DE JANEIRO DE 1946 CHEGAVA AO GABINETE DE ALBERT EINSTEIN NA UNIVERSIDADE DE PRINCETON UMA CARTA DE REGUENGOS DE MONSARAZ. ASSINAVA-A ANTÓNIO GIÃO, UM FÍSICO AÍ NASCIDO E NELA ERA PROPOSTA UMA TEORIA DAS FORÇAS FUNDAMENTAIS, UM ASSUNTO QUE NESSA ALTURA OCUPAVA A MENTE DO SÁBIO EXILADO.

Qual não foi o contentamento de Gião quando, quase na volta do correio, chegou a à sua casa de Reguengos uma simpática resposta de Einstein. O autor da teoria da relatividade apresentava alguns cálculos, que exprimiam dificuldades técnicas da proposta do alentejano. Gião replicou com júbilo: parecia um adolescente que obtém resposta de uma *rockstar*! Essa correspondência encontra-se hoje no Arquivo Einstein, na Universidade Hebraica de Jerusalém.

Gião (1906-1969) tinha feito estudos secundários em Évora e, em parte, estudos superiores na Universidade de Coimbra. Foi depois para Estrasburgo, onde se formou em Engenharia Geofísica e Física (Meteorologia), e a seguir para Bergen e Paris. Passou a primeira metade da sua vida científica no estrangeiro. No total, publicou mais de 150 artigos, muitos deles nas melhores revistas como a “Physical Review”, os “Comptes Rendus” (apresentados por Louis de Broglie), o “Journal de Physique”, etc. Foi, salvo erro, o primeiro português a publicar na “Nature” (uma carta em 1926, tinha ele 20 anos, sobre posição das nuvens). Atingiu, por isso, notoriedade internacional suficiente para receber não só um convite para professor no MIT como até um

António Gião, Um Eremita Científico

Carlos Fiolhais

convite para uma expedição internacional de voo sobre o pólo Norte em 1928. Felizmente recusou este último, pois a viagem de dirigível, capitaneada pelo italiano Umberto Nobile, acabou em tragédia. Regressado a Portugal, passou a interessar-se cada vez mais pela física de partículas e cosmologia. Publicou na “Portugaliae Physica”, a revista criada em 1943 (Gião escreveu um artigo sobre meteorologia e outro sobre teoria quântica relativista, no 2º volume), “Portugaliae Mathematica”, “Técnica” (revista dos estudantes do IST), etc. Mas Gião foi um físico isolado, um eremita, sendo Reguengos a sua choupana. Publicou quase sempre sozinho. Foi visto como um nefelibata, para usar uma imagem da sua área de trabalho inicial. Mesmo quando foi nomeado professor catedrático da Universidade de Lisboa, não conseguiu fazer discípulos. Tinha um feitio difícil, diziam uns. Tinha ideias demasiado exóticas (como a dos “microelectrões”), diziam outros, ou os mesmos, pelo que não admira que hoje seja citado em sítios de pseudociência... Tinha tiradas filosófico-poéticas: em 1967 numa conferência em Évora dizia que “o Universo é o manto pelo qual o Ser se protege do Nada”. O certo é que não deixou descendentes científicos. Ainda assim, como director do Centro de Cálculo da Fundação Gulbenkian, organizou em 1963 um encontro de cosmologia em Lisboa, com a presença do alemão Pascual Jordan (um dos criadores da mecânica quântica, muito prejudicado pelas suas ideias nazis) e do inglês Hermann Bondi (astrofísico de origem judaica e grande humanista que defendeu a teoria do estado estacionário em oposição à do *Big Bang*). Gião representa bem a tragédia que foi a ciência nacional na primeira parte do século XX. Mesmo aqueles que se estrangeiraram, bebendo água das melhores fontes, não conseguiram fertilizar um terreno que, entre nós, estava tão seco como o Alentejo no pico do estio.

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”.

Notícias

OS 60 ANOS DA FORÇA DO VÁCUO

Carlos Herdeiro

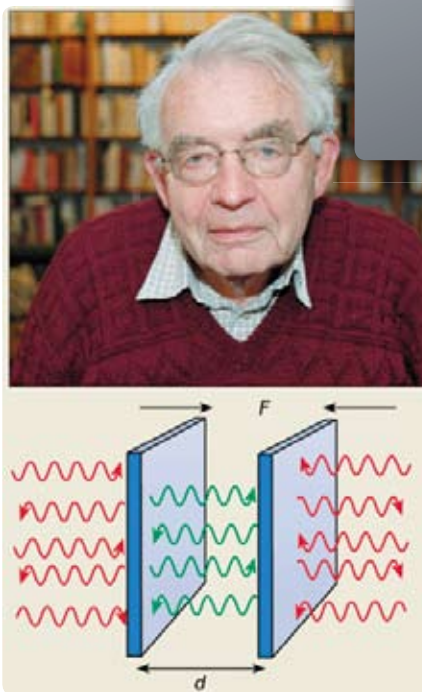
EFEITO DE CASIMIR

Em 1948, exactamente há 60 anos, o físico holandês Hendrik Casimir, descobriu uma força misteriosa entre duas placas infinitas, paralelas e neutras. O mistério desta força é que vem...do nada! A força é interpretada como uma manifestação macroscópica das flutuações quânticas do vácuo. Ao longo de 60 anos a força de Casimir tem-se tornado relevante em inúmeras áreas da física, desde a nano-tecnologia à teoria de cordas e à cosmologia. Paralelamente, os desenvolvimentos tecnológicos têm permitido medir esta força com uma precisão cada vez maior.

UM VAZIO NADA VAZIO

De uma maneira ingénua podemos pensar no vácuo como o “nada”; uma completa ausência de matéria. Como a teoria da relatividade restrita nos ensina que a matéria é apenas uma forma de energia, o vácuo deveria ser a total ausência de matéria/energia. Mas a Mecânica Quântica, através do princípio da incerteza, por outro lado, ensina-nos que um qualquer campo na natureza, como por exemplo o campo electromagnético, não pode estar num estado com energia zero. Mesmo no estado fundamental, isto é, no estado com energia mínima, o campo terá uma energia não nula associada. Por isso, o vácuo quântico não é o marasmo que ingenuamente poderíamos ter antecipado. É sim, um sistema altamente dinâmico, onde partículas e anti-partículas estão constantemente a ser criadas e destruídas. Uma imagem possível é a de uma espuma. A uma certa distância parece um sistema estático. Mas uma análise detalhada mais próxima revela uma constante criação e destruição de estrutura na espuma.

Curiosamente, o que levou Casimir à força que tem o seu nome não foi uma tentativa de perceber o vácuo quântico. Mas sim o problema, bem menos exótico, de compreender soluções coloidais, isto é, materiais viscosos, como a tinta, em que há partículas do tamanho do micron numa matriz líquida. As propriedades destas soluções são determinadas pelas forças de van der Waals, que existem entre átomos ou moléculas neutros. Estas forças, no caso em que os átomos ou moléculas não têm um dipólo eléctrico, foram apenas compreendidas em 1932, por Fritz London, com um modelo baseado na Mecânica Quântica. London explicou a origem da força atractiva como nas flutuações quânticas das posições dos constituintes com carga eléctrica dos átomos ou moléculas. No



entanto, como compreendeu Theo Overbeek, esta teoria não explicava correctamente as propriedades experimentais das soluções coloidais: ela previa que a energia de interacção

decaia com a sexta potência da distância, quando experimentalmente este decaimento era mais rápido. Casimir dedicou-se então a tentar compreender as interacções entre duas moléculas neutras e, com D. Polder, descobriu que elas podiam ser correctamente entendidas se se levasse em consideração a velocidade finita da luz. Na tentativa de encontrar uma explicação fundamental para o resultado (simples) obtido, Casimir mencionou o seu resultado a Bohr que, nas palavras de Casimir “mumbled something about zero-point energy”¹. Posteriormente Casimir compreendeu que o resultado podia ser interpretado em termos de flutuações do vácuo, e substituindo as moléculas neutras por placas neutras, paralelas e infinitas, chegou à força que tem o seu nome.

A FORÇA DE CASIMIR NOS NANOMATERIAIS

A força por unidade de área, ou pressão de Casimir, entre as duas placas paralelas, é proporcional ao inverso da quarta potência da distância. Por isso decai muito rapidamente com a distância. Mas a distâncias de apenas 10 nanómetros (10 milésimos de milímetro!), esta pressão é da ordem de 1 atmosfera! Daqui decorre a enorme importância que a força de Casimir tem em nano-tecnologia. Também decorre que para medir a força seja necessário aproximar os pratos a distâncias da ordem do micron. Como é experimentalmente muito difícil manter dois pratos exactamente paralelos e neutros a estas curtas distâncias, as melhores medições do efeito têm erros consideráveis (cerca de 15% G. Brassi et al. 2002). Melhores confirmações experimentais consideram a força de Casimir entre uma esfera e um prato neutros, na sequência do trabalho de Lamoreaux de 1997, atingindo precisões já da ordem de 1%.

Mas sabemos hoje que existe uma força de Casimir para qualquer campo quântico sempre que este estiver

¹ “murmurou qualquer coisa sobre o ponto-zero da energia”.

confinado, limitado por fronteiras ou restrições geométricas ou topológicas. As placas funcionam como fronteiras, restringindo os comprimentos de onda das flutuações do campo electromagnético que existem entre as placas. Mas se em vez de fronteiras estivermos por exemplo numa superfície compacta (como a superfície de uma esfera ou de um toro), a topologia também restringe os comprimentos de onda, e qualquer campo quântico origina uma força de Casimir. Por isso, a força de Casimir tem um papel importante em teorias que sugerem a existência de dimensões extra, como teoria de cordas. A explicação mais simples que leva a que estas dimensões não sejam observadas na nossa experiência do dia a dia é que elas são compactas e muito pequenas. Mas a força de Casimir que actua nestas dimensões é muito importante e, genericamente, tende a fazer essas dimensões colapsar. “Equilibrar” essas dimensões é um problema ainda em aberto nestas teorias.

A FORÇA DE CASIMIR NA ORIGEM DO UNIVERSO

Uma característica muito interessante da força de Casimir é que é extremamente sensível às condições fronteira, geometria ou topologia que estão a confinar o campo quântico. Em particular pode variar de atractiva para repulsiva, dependendo destas condições. Esse facto foi recentemente explorado por Ulf Leonhardt e Thomas Philbin da Universidade de St Andrews na Escócia para gerar um efeito de levitação. Um outro contexto onde um efeito Casimir repulsivo poderá desempenhar um importante papel é na Cosmologia. Um dos grandes problemas em aberto na cosmologia

Outras leituras:

Artigo original de Casimir: “On the attraction between two perfectly conducting plates” H.B.G. Casimir, Proc. K. Ned. Akad. Wet. 60 (1948) 793-795.

Divulgação: “The Casimir Effect: a force from nothing”, Astrid Lambrecht, Physics World, September 2002, p.3; “Still surprising after 60 years”, Steve Lamoreaux, Physics Today, February 2007, p.40

Técnicas: “The Casimir Effect: Physical manifestations of zero-point energy”, K.A.Milton (World Scientific, 2001) “New developments in the Casimir effect”, M.Bordag, U.Mohideen and V.M.Mostepepanenko, Phys. Rep. 353 (2001) 1-205.

moderna é a existência de uma “singularidade”, isto é um ponto de densidade e temperatura infinitas no passado: o *Big Bang*--- que verdadeiramente ninguém compreende! No modelo cosmológico padrão o *Big Bang* resulta dos teoremas de singularidade de Hawking e Penrose que, em particular, assumem que a força que domina o universo, a gravidade, é sempre atractiva. Ora, se o nosso universo tiver um topologia compacta, todos os campos quânticos que nele existem darão origem a uma força do tipo de Casimir. Essa força terá relevância quando o universo for pequeno, tendo sido já sugerido (por mim, com M.Sampaio, 2006) que um efeito Casimir repulsivo poderia evitar a singularidade do *Big Bang*.

EM CONCLUSÃO: 60 anos depois da descoberta de Casimir, o efeito com o seu nome continua um activo tópico de investigação, que certamente trará ainda muitas surpresas, em muitos sectores, do estranho pequeno mundo da nano-tecnologia até ao estranho início do grande Universo.

PRIMEIRO MINISTRO LANÇA CIÊNCIA 2008 EM AVEIRO

Luís O. Silva

No dia 12 de Maio de 2008, a iniciativa governamental Ciência 2008 foi lançada na Universidade de Aveiro, em cerimónia presidida pelo Primeiro- Ministro, incluindo a apresentação de alguns dos principais programas da iniciativa. Para além do anúncio da abertura do concurso anual de bolsas para doutoramento e pós-doutoramento e da continuação do programa de contratação de doutorados, foram anunciados dois novos programas: serão disponibilizadas bolsas de integração na investigação de alunos do 1º ciclo do Ensino Superior, e apoiadas cátedras convidadas em colaboração com empresas nacionais e internacionais (e.g. Martifer, Nokia-Siemens, Delta Cafés, e Alcatel-Lucent Portugal). A mensagem transmitida pelo lançamento de cátedras convidadas é um claro incentivo ao desenvolvimento de iniciativas de carácter filantrópico e ligação à sociedade. Se complementadas por medidas que permitam a sua sustentabilidade, favorecendo fortemente o financiamento dirigido para “endowments” e donativos com fortes benefícios fiscais, poderão demonstrar percursos alternativos para o financiamento da Ciência e das Universidades.

2008
CIENCIA

As bolsas de integração na investigação vêm fomentar a ligação dos alunos mais jovens do Ensino

Superior à investigação. Esta prática é comum nas melhores universidades do Mundo, com o exemplo paradigmático do Undergraduate Research Opportunities Program (UROP) no Massachusetts Institute of Technology (MIT), lançado em 1969. Esta iniciativa governamental vem reforçar uma realidade que também já encontramos em muitos centros de investigação nacionais. Transmite às instituições do Ensino Superior sinais claros para a formalização, integração e valorização curricular das actividades de investigação dos seus alunos, em linha com o espírito do UROP e do processo de Bolonha de “aprender fazendo”.

Todas as iniciativas que aproximem as empresas, a sociedade e os alunos da Ciência são importantes. A expectativa da comunidade científica em relação a estas novas iniciativas é que se convertam, a curto prazo, em programas estáveis, e com calendários bem definidos e regulares, de forma a que possam integrar o portfolio dos mecanismos sustentáveis para apoiar e desenvolver a Ciência em Portugal.

Aconteceu

OLIMPÍADAS DE FÍSICA 2008

José Paulo Santos



No dia 7 de Junho o Museu da Electricidade encerrou da parte da manhã para acolher, pela primeira vez, a etapa final das Olimpíadas de Física. Esta competição, organizada pela Sociedade Portuguesa de Física, com o patrocínio da Fundação EDP e o apoio do Ministério da Educação, pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, através da Agência Ciência Viva, pelo Programa POCI, destina-se aos alunos das escolas do ensino básico e secundário e tem como objectivo principal despertar nos jovens o interesse pela ciência e, em particular, pela Física. Os vencedores da etapa nacional ficam pré-seleccionados para uma preparação a decorrer durante o próximo ano lectivo que os poderá levar a representar Portugal nas Olimpíadas Internacionais e nas Olimpíadas Ibero-americanas, que se vão realizar em 2009 no México e no Chile, respectivamente. No escalão A a equipa vencedora foi formada por André Calado Coroado, Frederico Gaspar e Duarte Silva da Escola Secundária do Restelo. No escalão B o vencedor foi Sagar Dipak Silva Pratapsi da Escola Carlos Amarante. Além da fase de apuramento, que é constituída por provas teóricas e experimentais destinadas aos concorrentes, decorreram 2 conferências destinadas aos professores acompanhantes: “Água em Marte” por José Saraiva do IST, e “Buracos Negros” por Paulo Crawford da FCUL. Da parte da tarde Máximo Ferreira proferiu a conferência “Observações Astronómicas”, destinada a todos participantes e ao público que visitou o Museu. Em paralelo estiveram patentes várias demonstrações de índole pedagógico relacionadas com a electricidade. No exterior, o Museu da Electricidade colocou à disposição dos mais corajosos diversas diversões: AeroTrim, Air Bungee, Bike Looping, Surf Mecânico, Orbit Ball, Parede Escalada e Segway.

“AQUECIMENTO GLOBAL: A CAMINHO DA AUTODESTRUIÇÃO OU DA ENGENHARIA CLIMÁTICA PLANETÁRIA”

CONFERÊNCIAS 07’08 “NA FRONTEIRA DA CIÊNCIA”

Tânia Rocha

Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa

Decorreu no passado dia 18 de Julho de 2008, às 18h, no Auditório 2 da Fundação Calouste Gulbenkian, uma conferência subordinada ao tema “Aquecimento Global: a caminho da autodestruição ou da engenharia climática planetária”, apresentada pela Prof. Doutor Ricardo Aguiar, do INETI.

A palestra esteve integrada no ciclo de conferências “Na Fronteira da Ciência”, que continua a despertar o interesse do grande público e dos estudantes. Este ciclo de conferências, com entrada livre, é organizado pelo Serviço de Ciência da Fundação Calouste Gulbenkian, em colaboração com a Ciência Viva.

Para mais informações, consultar a página do ciclo de conferências, disponível em:

<http://www.gulbenkian.pt/fronteiradaciencia/>.

É possível assistir em directo às conferências através de: <http://live.fccn.pt/fcg/>.

EDWARD LORENZ - O PAI DO “EFEITO BORBOLETA”

Filipe Moura

No passado dia 16 de Abril, poucos dias depois de John Wheeler, faleceu também Edward Lorenz (1917-2008), matemático e meteorologista, professor do Instituto de Tecnologia do Massachusetts (MIT).

Lorenz foi um pioneiro do caos determinista, a sensibilidade às condições iniciais de sistemas com uma formulação matemática clara mas que, apesar disso, têm um comportamento imprevisível. Lorenz, que durante a Segunda Guerra Mundial trabalhou como meteorologista para as Forças Armadas americanas, descobriu este comportamento caótico enquanto estudava modelos para a previsão do tempo. A descoberta foi feita completamente por acaso: ao reintroduzir os mesmos dados no mesmo modelo, Lorenz obteve resultados completamente diferentes! Ao reexaminar mais cuidadosamente os seus dados, verificou que se enganara numa casa decimal, que significara uma diferença pequeníssima numa condição inicial! O resultado foi um artigo de referência, “Deterministic Nonperiodic Flow”, onde Lorenz demonstra como um sistema simples de equações pode resultar num objecto dinâmico muito complicado (o atractor de Lorenz).

CICLO DE CONFERÊNCIAS E EXPOSIÇÃO: LEONARDO DA VINCI, O GÊNIO

Tânia Rocha

Esteve patente até meados de Junho, na Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, uma exposição subordinada ao tema “Leonardo da Vinci - o Génio”.

A exposição acolheu modelos em tamanho real, contruídos a partir dos desenhos de Leonardo da Vinci, bem como peças inspiradas na sua vida e obra. Decorreram ainda actividades pedagógicas e interactivas para crianças dos 3 aos 5 anos, dos 6 aos 9 anos e dos 10 aos 13 anos.

Nas palavras do Prof. João Caraça: “Nascido entre o aparecimento da imprensa na Europa e a queda de Constantinopla, Leonardo foi a individualidade que melhor interpretou o espírito dos novos tempos que nessa época dealbavam. Na sequência de Arquimedes e dos grandes engenheiros e arquitectos da renascença cultivou como ninguém o método geométrico e mecânico de investigação da realidade. Leonardo ultrapassou os antigos em todos os domínios em que exprimiu o seu génio: da pintura ao desenho, da hidráulica à anatomia, a mecânica ao voo, da óptica à astronomia, tendo inclusivamente deixado nos seus cadernos as primeiras instruções conhecidas de construção de telescópios? cem anos antes de Galileu. Com Leonardo a arte afasta-se definitivamente da descoberta ou do reflexo de um outro mundo (divino) para passar a representar a profundidade e a riqueza da criação humana. O culto do rigor da observação e do registo da experimentação fazem de Leonardo um precursor da ciência moderna. A procura da perfeição e o estudo da mudança são as duas faces de uma mesma moeda que Leonardo fez rodar incansavelmente durante toda a sua vida. Ficou-nos, felizmente, o segredo desse motor: uma curiosidade infinita.”

No âmbito desta exposição decorreu ainda um ciclo de conferências: no dia 3 de Abril “Leonardo, do hermético ao visionário”, por Alexandre Quintanilha, no dia 29 de Abril “Leonardo, o homem imperfeito”, por Jorge Calado e no dia 20 de Maio “Leonardo, a curiosidade infinita”, por João Caraça.

Mais informação disponível em
<http://www.leonardodavinciogenio.com/>

FÍSICO DO ISEL RECEBE PRÉMIO DA SOCIEDADE AMERICANA DE FÍSICA

João Paulo Silva

O físico Paulo Ivo Teixeira, professor-adjunto com agregação da Área Científica de Física do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, ISEL recebeu um prémio atribuído pela APS pela qualidade do seu trabalho como referee para os jornais da APS.

Paulo Ivo Teixeira fez realizou a licenciatura e o mestrado em Física na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, tendo feito doutoramento na Universidade de Southampton em 1993 e agregação na Universidade de Lisboa em 2006. Depois de bolsas de pós-doutoramento em Amesterdão, Cambridge, Leeds e no Instituto Superior Técnico, foi professor na Universidade Católica Portuguesa. Em 2006 foi contratado pelo ISEL.

A APS publica regularmente revistas de Física, das mais reputadas do mundo. Qualquer investigador pode submeter um artigo para publicação nestas revistas. Uma vez recebido um manuscrito, este é enviado para cientistas mundiais de referência que, trabalhando gratuitamente e sob anonimato, deverão pronunciar-se sobre a qualidade do trabalho. É este o trabalho de árbitro científico (referees no original inglês). Compete aos referees recomendar aos editores das revistas uma linha de acção: ou aceitar o manuscrito; ou propor alterações; ou rejeitar a publicação do manuscrito na revista em questão. Este trabalho não é pago. É feito por responsabilidade social. Assim, as revistas têm encetado uma série de iniciativas para reconhecer as boas práticas. Este ano a APS decidiu reconhecer pela primeira vez o trabalho excepcional de 534 dos cerca de 42.000 referees a que as suas revistas recorrem. Da lista constam vários prémios Nobel. A distinção premeia “a qualidade, o número e a celeridade dos relatórios de arbitragem científica, sem olhar a país de origem ou área da Física”. Este docente do politécnico foi o único português, e um de apenas três investigadores da Península Ibérica, a receber esta distinção.

Para mais informação ver <http://sites.isel.ipl.pt/fisica/> e <http://publish.aps.org/OutstandingReferees>.

Acontece

**EMLG/JMLG ANNUAL MEETING 2008
“UNDERSTANDING SOLVATION FROM LIQUID
TO SUPERCRITICAL CONDITIONS”, LISBOA**

M. Isabel Cabaço

A Divisão de Física Atómica e Molecular da Sociedade Portuguesa de Física está a organizar o European/Japanese

Molecular Liquid Annual Meeting 2008 (EMLG 2008).

Este grupo interdisciplinar, cujas actividades se estendem aos domínios moleculares dos fluidos em Física, Química e Biologia, organiza desde 1982 conferências anuais em diferentes países europeus e mais recentemente em 2007 em Fukuoka no Japão.

O encontro de 2008 terá lugar de 31 de Agosto a 4 de Setembro na Fundação Calouste Gulbenkian, em Lisboa e inclui os seguintes tópicos: Solvation, Supercritical Fluids, Ionic Liquids and Solvation in Complex Systems.

O programa inclui oito sessões plenárias com cientistas convidados, trinta sessões orais e uma sessão com apresentação de trabalhos em formato de poster.

A Comissão Organizadora é presidida por M. Isabel Cabaço (UTL) e M. Musso (U. Salzburg; Áustria) e é constituída por Ana M. Costa (UL), J. N. Canongia Lopes, (UTL), J. Paulo Santos (UNL), H. Carvalho (UTL), Carlos Cruz (UTL), J. Moura Ramos (UTL) e Pedro Sebastião (UTL). A Comissão Científica é constituída por Marcel Besnard (CNRS, U. Bordeaux, França), Philippe Bopp (U. Bordeaux, França), Richard Buchner (U. Regensburg, Alemanha), Vladimir Durov (U. Moscovo, Rússia), Joan Padró (U. Barcelona, Espanha), Gabor Palinkas (Ac Ciências Hungria), José Teixeira (L. Léon Brillouin, França), Hajime Torii (U. Shizuoka, Japão) e Toshio Yamaguchi (U. Fukuoka, Japão).

Mais informações sobre a conferência, datas importantes, registo e contactos em <http://emlg2008.cii.fc.ul.pt>.

EXPOSIÇÃO “JOGOS MATEMÁTICOS ATRAVÉS DOS TEMPOS”

Tânia Rocha

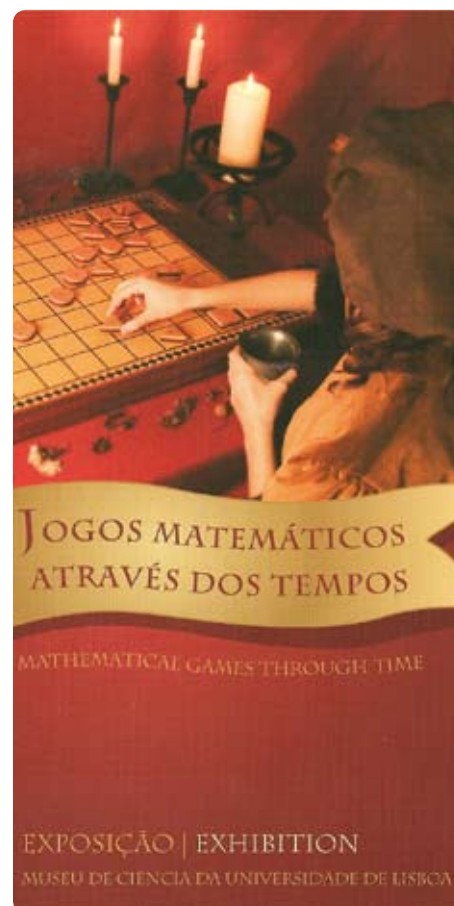
Decorre no Museu de Ciência da Universidade de Lisboa, até Outubro de 2008, a exposição “Jogos matemáticos através dos tempos”. Nesta exposição, promovida em colaboração com a Associação Ludus, são apresentadas reconstituições de jogos de estratégia desde a Antiguidade até aos nossos dias, além de muitos exemplares para experimentação por parte do público. A exposição está aberta de terça a sexta-feira, das 10h00 às 17h00, e aos sábados e domingos das 11h00 às 18h00.

Encerra segundas e feriados.

Mais informação em:

<http://www.mc.ul.pt/mc/ea/>

Jogos%20Matemáticos%20-%20JNS.pdf



Vai acontecer

WORKSHOP “CORRELATIONS AND COHERENCE IN QUANTUM MATTER”

Tania Rocha



Workshop on Correlations and Coherence in Quantum Matter

Topics

Exactly solvable systems
Effective field theories
Impurity models and quantum dissipation
Quantum correlations in cold atom systems
Quantum computation

Évora, Portugal
10-14 November 2008

Invited speakers

Natan Andrei (Rutgers, USA)
Eddy Ardonne (NORDITA, Sweden)
Daniel Arovas (San Diego, USA)
Leon Balents (Santa Barbara, USA) *(to be confirmed)*
Isabelle Bouchoule (Palaiseau, France)
Jean-Sebastien Caux (Amsterdam, The Netherlands)
Miguel Ángel Cazalilla (San Sebastián, Spain)
Vadim Cheianov (Lancaster, UK)
Yong Chen (Purdue, USA)
Jürg Fröhlich (ETH, Switzerland) *(to be confirmed)*
George Japaridze (Tbilisi, Georgia)
José Ignacio Latorre (Barcelona, Spain)
José Tito Mendonça (Lisbon, Portugal)
Giuseppe Mussardo (Trieste, Italy)
Antonio Castro Neto (Boston, USA)
Nuno Peres (Minho, Portugal)
Vadim Ponomarenko (Minho, Portugal)
João Lopes dos Santos (Porto, Portugal)
Gora Shlyapnikov (Orsay, France)
Germán Sierra (Madrid, Spain)
Frank Verstraete (Vienna, Austria)
Susanne Viefers (Oslo, Norway)
María A. H. Vozmediano (Madrid, Spain)

International Organizing Committee

Miguel A. N. Araújo (Évora, Portugal)
Dionys Baeriswyl (Fribourg, Switzerland)
José M. P. Carmelo (Braga, Portugal)
Francisco (Paco) Guinea (Madrid, Spain)
Henrik Johannesson (Gothenburg, Sweden)
Pedro Sacramento (Lisbon, Portugal)

Local Committee

Miguel Araújo (Évora, Portugal)
Ricardo Dias (Aveiro, Portugal)
José Carlos Gomes (Braga, Portugal)
Ricardo Mendes Ribeiro (Braga, Portugal)
Tobias Stauber (Braga, Portugal)

Sponsors

European Science Foundation - INSTANS
ISTAS – Portugal
Universidade de Évora
Fundação para a Ciência e a Tecnologia
Centro de Física da Universidade do Minho
Câmara Municipal de Évora

Deadline for registration: 8 September 2008.

Limited number of grants available for young researchers.

Contacts and Information

ccqm@fisica.uminho.pt
<http://hawk.fisica.uminho.pt/ccqm/>

Nos dias 10-14 de Novembro de 2008 irá realizar-se em Évora o Workshop on Correlations and Coherence in Quantum Matter.

Neste workshop serão abordados temas de física quântica de muitas partículas, teoria de campo estatística e teoria da informação quântica, como sistemas com soluções exactas, teorias de campo efectivo, modelos de impurezas e dissipação quântica, correlações quânticas em sistemas de átomos frios e computação quântica.

O programa inclui palestras por oradores convidados, apresentação de posters e sessões informais de discussão científica para incentivar o intercâmbio de ideias entre os participantes das diversas áreas científicas.

Não existe taxa de inscrição neste workshop. O número de participantes é limitado. O prazo limite para inscrição e para propostas de palestras ou apresentação de posters é 1 de Setembro de 2008.

Será concedido financiamento a um pequeno número de jovens investigadores (com menos de 36 anos) de países europeus, que inclui o alojamento, os almoços e o jantar da conferência. O prazo limite para pedidos de financiamento é também 1 de Setembro de 2008.

Mais informação em
<http://hawk.fisica.uminho.pt/ccqm/>.

Projecto MEDEA

Medição de Campos Eléctricos e Magnéticos no Meio Ambiente

Campo eléctrico no meio ambiente

Augusto Barroso

Presidente da SPF e do Centro de Física Computacional da Universidade de Lisboa

JÁ TINHA IMAGINADO QUE ENTRE OS SEUS PÉS E A SUA CABEÇA PODERIA EXISTIR UMA DIFERENÇA DE POTENCIAL DE QUASE DUZENTOS VOLT? NUM DIA DE CÉU AZUL, NO MEIO DA PLANÍCIE ALENTEJANA, AFASTADO DE QUALQUER CASA OU LINHA DE ALTA TENSÃO, O CAMPO ELÉCTRICO TEM O VALOR DE CERCA DE 100 V/M. DITO DE OUTRA MANEIRA: ENTRE O SOLO E UM PONTO A DOIS METROS DE ALTURA EXISTE UMA DIFERENÇA DE POTENCIAL DE 200 V.

E se pegarmos numa torradeira, separarmos os dois fios, ligarmos um fio ao chão e colocarmos o outro fio a dois metros de altura, será que podemos fazer torradas? Qualquer pessoa responderá a esta pergunta dizendo que não. Possivelmente pensa que se fosse

possível já alguém tinha divulgado *este segredo* para deixar de pagar as facturas da EDP. Mas, estamos fartos de saber que a EDP nos coloca em casa a electricidade a uma tensão de 220 V. Será que os vinte volt que faltam é que fazem a diferença? Se fosse assim bastava pôr o fio a dois metros e vinte centímetros!

A resposta é não também. É que o que interessa não é diferença de potencial, mas a corrente eléctrica, isto é, o movimento das cargas eléctricas. Pois o que torra o pão é o calor libertado na resistência da torradeira pela passagem da corrente.

No exemplo da torradeira, com o fio no ar e o outro no chão, não existe corrente eléctrica. Para existir corrente teria que existir no circuito, o que se chama uma força electromotriz (*fem*), e que é algo que disponibiliza as cargas eléctricas. Uma bateria de automóvel, por exemplo, é um dos dispositivos que fornece essas cargas. Entre os seus terminais temos uma diferença de 12 V, mas a bateria, devido às reacções químicas que têm lugar no seu interior, pode fornecer cargas eléctricas. Então, se ligarmos aos terminais dois fios e fecharmos o circuito através de uma resistência, vai existir corrente eléctrica. O corpo humano é um condutor. A maior ou menor facilidade dos condutores para conduzirem corrente eléctrica é dada por um parâmetro chamado *condutibilidade*, σ . Assim, para o cobre temos $\sigma=6 \times 10^7 \text{ } (\Omega\text{m})^{-1}$. Diferentes tecidos do corpo humano têm condutibilidades diferentes, mas sempre da ordem das centenas de milhões de vezes mais pequenas. Por exemplo, o líquido cerebro-espinhal tem $\sigma=1,5 \text{ } (\Omega\text{m})^{-1}$ enquanto que para a pele seca temos um valor de σ que é ainda cerca de dez milhões de vezes menor. Mesmo com estas condutibilidades, quando o leitor estiver de pé na planície alentejana no tal dia de Verão, a sua cabeça não estará a 200 V mas sim ao potencial da Terra, zero volt e, do mesmo modo que a torradeira não faz torradas, o seu corpo não sofre qualquer efeito. Consideremos agora a questão do campo eléctrico criado

pelas linhas de alta tensão. A primeira diferença é que, por baixo de uma dessas linhas a dois metros do chão, teremos um potencial de dois ou três milhares de volt. Se fosse só esta a diferença continuávamos a não ter corrente eléctrica. Contudo, não é assim. O campo eléctrico produzido pela linha de transporte é variável no tempo, com uma frequência de 50 ciclos por segundo (50 Hz). Sendo assim, as leis da Física dizem-nos que esta variação do campo eléctrico com o tempo vai induzir uma corrente eléctrica. Então o corpo da pessoa situada de pé debaixo da linha de alta tensão vai ser percorrido por uma corrente cuja densidade é da ordem de $5 \mu\text{A}/\text{m}^2$ para um campo de 2 kV/m, ou seja, para um condutor cilíndrico de 10 cm de raio teríamos uma intensidade de corrente de $I=0,15 \mu\text{A}$ ($=0,00000015 \text{ A}$).

Depois de tantos números, claro que surge a pergunta inevitável: qual é o efeito no nosso corpo desta corrente induzida? O mesmo de qualquer outra corrente injectada no corpo através de dois eléctrodos. Sabe-se que o limiar para sentir um choque é variável de pessoa para pessoa, mas situa-se à volta de $300 \mu\text{A}$, duas mil vezes o valor estimado anteriormente! Para uma corrente com uma intensidade quatro vezes maior existirá para todas as pessoas uma sensação de choque, mas sem perda de qualquer controlo muscular. Se continuarmos a aumentar a corrente, a cerca de 0,1 A poderá ocorrer quebra do ritmo cardíaco com possível fibrilhação ventricular. Em resumo, se o leitor estiver perto de uma linha de alta tensão não vai sentir nada. Apenas se tiver uns bons sapatos isoladores poderá impedir que a corrente induzida se escoe

PROJECTO MEDEA – MEDIÇÃO DE CAMPOS ELÉCTRICOS E MAGNÉTICOS POR ALUNOS DO SECUNDÁRIO

Tânia Rocha

A Sociedade Portuguesa de Física, com o apoio da REN – Redes Eléctricas Nacionais – está a organizar o Projecto MEDEA, realizado por alunos das escolas secundárias.

O projecto MEDEA visa medir os campos eléctricos e magnéticos de muito baixa frequência (0 a 300 Hz) que são produzidos por qualquer equipamento ou circuito eléctrico. Em particular, os alunos vão ser encorajados a efectuar medições destes campos na escola, no seu ambiente doméstico e na vizinhança de linhas de transporte de energia eléctrica. Para além disso serão encorajados a procurar informação cientificamente credível sobre os eventuais efeitos destes campos na saúde humana.

As escolas participantes no MEDEA recebem um medidor de campo eléctrico e magnético que devem usar durante o desenvolvimento do projecto. A SPF tem dez equipamentos de medida o que significa que o MEDEA será desenvolvido em simultâneo por dez escolas. A SPF disponibilizará toda a informação necessária à implementação do projecto MEDEA. Nomeadamente, existirá o acesso a um site que permite a simulação de experiências de electromagnetismo, designado por “O Laboratório de Faraday”. Na página MEDEA existe um mapa de Portugal sobre o qual vão ser colocados os nomes das escolas participantes. A cada um desses nomes estará associada uma ligação para uma página, criada pelos alunos da respectiva escola, que deverá conter os resultados das suas medições e os seus comentários. À escola que realizar o melhor trabalho, de cada grupo de dez participantes no projecto, a SPF atribuirá um prémio. Esta apreciação será feita por um júri nomeado pela SPF.

Mais informações no site: <http://www.spf.pt/medea>

para a Terra. Neste caso, se tocar depois numa superfície metálica sentirá um pequeno choque parecido ao que sente quando está sentado no seu automóvel com uma camisola de fibra e depois sai do carro e fecha a porta.

Debaixo da linha de alta tensão não dá para fazer torradas, mas podemos acender, ainda que com intensidade luminosa reduzida, uma lâmpada fluorescente. É verdade. Porquê? O ar é constituído por uma mistura de gases e cada molécula desses gases é electricamente neutra. Contudo, existe sempre uma pequena fracção que perdeu alguns electrões, tornando-se electricamente positiva, e, por outro lado, estes electrões agora livres estão disponíveis para, sob a acção do campo eléctrico, se porem em marcha. Como o campo eléctrico é mais intenso perto da linha as cargas que aí se encontram é que vão ser mais aceleradas. Deste modo ganham energia e ao chocarem com outras moléculas neutras arrancam-lhes electrões e produzem mais cargas eléctricas. Temos então na vizinhança do cabo de alta tensão um gás ionizado, um plasma. Como o campo é variável no tempo, o plasma oscila e esta oscilação produz um ruído característico. À medida que nos afastamos da linha, o campo diminui, a força a que as cargas livres ficam sujeitas é portanto menor e elas não ganham energia suficiente para provocarem novas ionizações. A zona do plasma termina. É claro que, se o campo eléctrico fosse muito mais intenso, não da ordem do milhar de volt, como nas linhas da REN, mas do milhão de volt, como acontece nas nuvens de trovoadas, a ionização do ar progrediria rapidamente em efeito de avalanche e entre a nuvem e o solo produzir-se-ia uma faísca. Neste caso, a faísca é como se fosse um fio virtual percorrido por uma corrente da ordem das dezenas de milhar de amperes. Talvez seja interessante referir que o primeiro tipo de descarga, chamada *corona*, também ocorre na natureza. É bem conhecido desde os primeiros anos das navegações o aparecimento de uma luminosidade nos mastros das caravelas. Esta luminosidade é o plasma de *corona*, agora produzido pelo campo eléctrico natural. Entre os marinheiros é conhecido por fogo-de-santelmo. As lâmpadas fluorescentes tiram partido da emissão de luz produzida por este efeito de descarga num gás rarefeito. Então, quando colocadas no campo eléctrico de uma linha de alta tensão, produzem no seu interior um fogo-de-santelmo. Contudo, deste facto não se pode deduzir qualquer perigosidade. Apenas podemos dizer, usando as palavras de Camões, que vimos o “lume vivo que a marítima gente tem por santo”.

«Vi, claramente visto, o lume vivo
Que a marítima gente tem por santo,
Em tempo de tormenta e vento esquivo,
De tempestade escura e triste pranto.»
Camões, Lusíadas V-18



Branca ou preta: que roupa vestir?

Constança Providência

NUM DIA QUENTE QUE T-SHIRT DEVES VESTIR: UMA BRANCA OU UMA PRETA? SERÁ QUE A COR DA T-SHIRT AJUDA A MANTERMOS MAIS FRESCOS? FICARÁS A SABER DEPOIS DE FAZERES A SEGUINTE EXPERIÊNCIA NUM DIA DE SOL.

Material

- várias garrafas de vidro de 2dl com rolha
- termómetro
- papel de lustro de várias cores, fita-cola
- água

ABSORÇÃO DE LUZ

Enrola à volta de uma garrafa uma folha de papel branco e à volta da outra uma folha de papel preto. Deita a mesma quantidade de água em ambas as garrafas, até cerca de três quartos, e tapa ambas com uma rolha. Coloca ambas ao sol durante uma hora. Decorrido este tempo destapas e, com o termómetro, mede a temperatura da água em cada uma das garrafas. Qual está mais fresca e qual está mais quente?

Agora já sabes: num dia muito quente é melhor andares vestido com cores claras, de preferência branco, porque o branco reflecte a luz do Sol. Pelo contrário, o preto absorve a luz pelo que as superfícies pretas aquecem mais. É também por isso que no Alentejo as casas são caiadas: como o branco reflecte a luz do Sol, as casas não aquecem tanto.

Temperatura da água após 30 minutos num local escuro. As garrafas ficaram afastadas umas das outras, para não influenciarem o arrefecimento das garrafas vizinhas.

EMISSÃO DE ENERGIA

Já verificaste que o branco reflecte a luz solar mais que o preto e, por isso, as casas em regiões quentes são caiadas e no Verão o melhor é andarmos vestidos com cores claras. E durante a noite, que casas arrefecem mais depressa? E no Inverno, de que cor deve ser a tua camisola de lã, para não arrefeceres tão depressa? Também nestes casos a cor terá alguma influência?

Faz a seguinte experiência. Escolhe as cores de papel de

Temperaturas finais, após 40 minutos de exposição ao sol. Temperatura inicial: 22,9°C

Qual aquece mais?



Qual arrefece mais depressa?



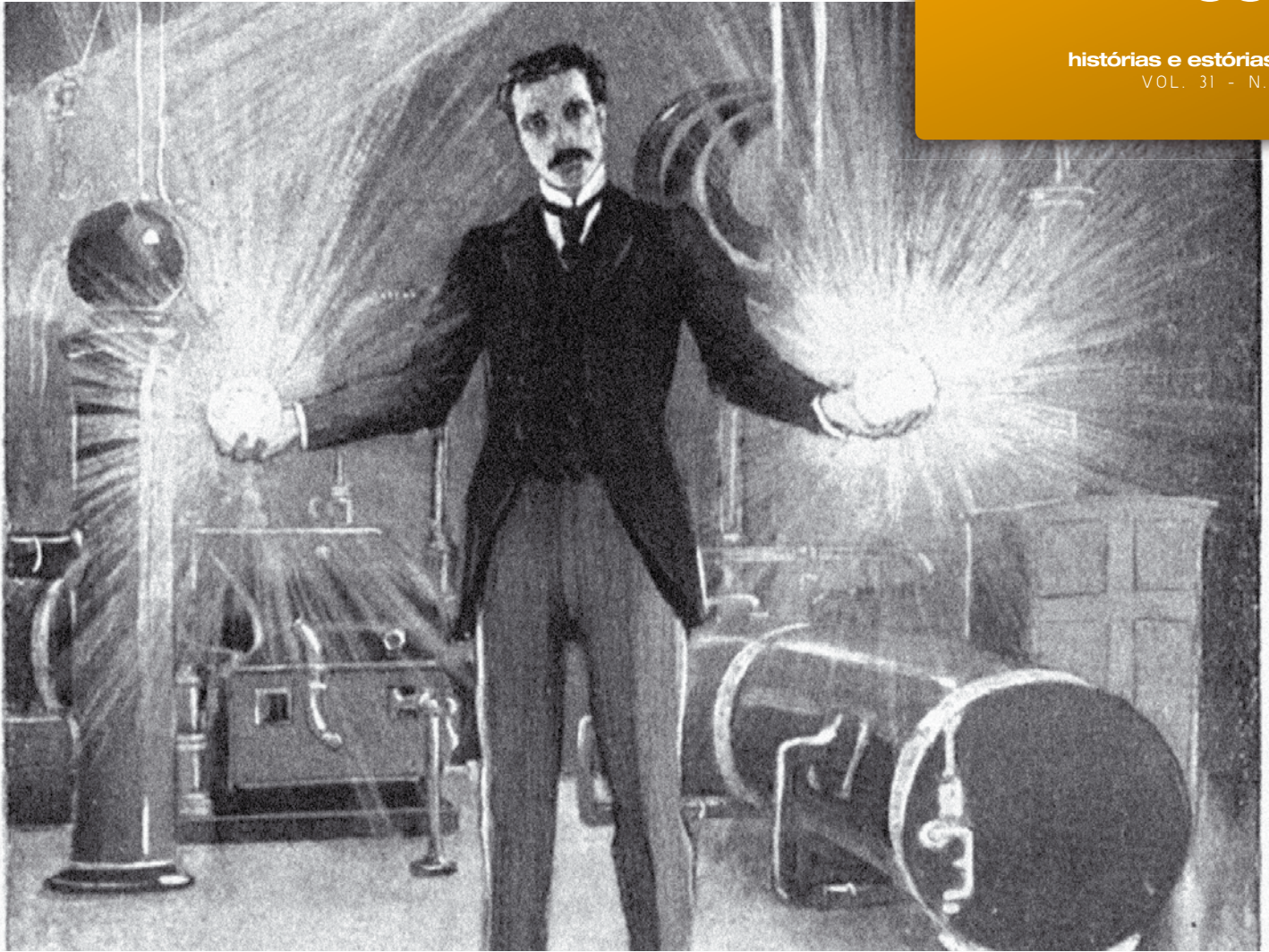
lustru que queiras experimentar. Dobra as folhas ao meio de modo a ficar o branco para dentro e enrola cada folha dobrada à volta de uma garrafa, segurando-a com fita-cola. Depois de teres forrado todas as garrafas deita igual quantidade de água quente em cada, mede a temperatura da água e tapa as garrafas com uma rolha. Regista a temperatura e a hora inicial e coloca as garrafas num lugar fresco sombrio. Meia hora mais tarde mede novamente a temperatura de cada garrafa e regista as temperaturas. O que concluis? Qual foi a garrafa que arrefeceu mais? As diferenças são pequenas não são? Na verdade a cor não tem influência no modo como um corpo arrefece, mesmo comparando o branco com o preto.

Então agora já sabes responder: num dia frio sem Sol de que cor deverá ser a roupa que vestes de modo a não arrefeceres tanto? Perdes igual quantidade de energia qualquer que seja a cor e, por isso, podes escolher aquela que mais gostares!

Bibliografia:

Ciência a brincar: descobre o património!, Constança Providência e Carlos Fiolhais, Editorial Bizâncio, 2008.

Constança Providência é professora da Universidade de Coimbra e tem prestado especial atenção à educação científica durante a infância, através da realização de experiências. É co-autora e impulsora dos livros da série "Ciência a Brincar" (Bizâncio).



O homem do raio da morte

Gonçalo Figueira

HÁ CEM ANOS ATRÁS, NA NOITE DE 30 DE JUNHO DE 1908, UMA SINGULAR EXPERIÊNCIA TEVE LUGAR NO CIMO DE UMA ESTRANHA TORRE EM LONG ISLAND, NOVA IORQUE.

Nikola Tesla, famoso engenheiro e inventor, prepara-se para testar secretamente uma misteriosa máquina a que chama o “raio da morte”.

Apenas ele sabe como funciona; dizem que emite um fino e super-potente feixe de partículas, capaz de se propagar rapidamente através de distâncias enormes, fazendo explodir o alvo. Mas como ninguém o quis levar a sério, Tesla prepara-se para surpreender o mundo com uma terrível demonstração dos efeitos deste raio, e anunciar a criação de uma nova arma de destruição maciça. Por esta altura, o americano Robert Peary prepara uma segunda expedição para tentar alcançar o Pólo Norte. Uns dias antes, Tesla combinou com ele que iria contactá-lo, para saber se, por acaso, Peary veria algo “invulgar” nos céus do Ártico. Ele esperava que o seu raio provocasse uma enorme explosão nessa zona deserta, e aproveitaria a presença de testemunhas. Assim, aponta a poderosa máquina no cimo da torre em direcção ao

longínquo norte, e liga o interruptor. Por instantes, parece que nada acontece, e nem se percebe bem se está sequer a funcionar. Apenas uma ténue luz emerge da extremidade. Nisto, uma coruja passa a voar em frente do raio, e desintegra-se instantaneamente. Tesla rejubila com o sucesso do teste, e fica ansiosamente a aguardar notícias.

Infelizmente, parecia que nada de invulgar tinha acontecido. Passaram-se semanas sem quaisquer novidades relacionadas com os efeitos esperados, e o entusiasmo inicial de Tesla esmorece. Mas então começam a surgir nos jornais alguns relatos de que algo muito estranho se passou na Sibéria, naquela madrugada de Junho. Na remota região de Tunguska uma força misteriosa deitou por terra milhões de árvores numa área de dois mil quilómetros quadrados. Habitantes das redondezas dizem que viram um raio de luz azul atravessar os céus, seguido por um brilho intenso e o som de uma explosão. A onda de choque resultante propagou-se por um raio de centenas de quilómetros, estilhaçando janelas no seu caminho. E ninguém sabe ao certo o que causou este cataclismo. Mas para Tesla, a explicação é clara e assustadora: o seu raio da morte passou ao lado do alvo, e foi aterrar na Sibéria, espalhando a destruição – felizmente numa zona desabitada. Está visto que é algo demasiado perigoso e incontrolável para cair em mãos erradas, e ele decide desmantelar a sua invenção.

Na verdade, e ao que hoje sabemos, este bizarro episódio não passa de uma anedota. É verdade que ocorreu uma enorme explosão em Tunguska nesta data, cuja origem não é clara, e é verdade que Tesla propôs um raio letal, que alegadamente terá testado por esta altura, sem nunca o publicitar. Mas a ligação causal entre os dois eventos só é concebível graças ao duradouro fascínio do público por este inventor prolífico e pelas suas demonstrações espectaculares, aliadas a uma reputação de excêntrico, e a misteriosas máquinas geradoras de fabulosas descargas eléctricas. Mas sobretudo graças a uma dramática história de ascensão e queda, desde a sua aclamação como génio vinte anos antes, até à fama de cientista louco aos olhos dos seus contemporâneos de 1908.

Longe de ser um doido, este americano de origem

servo-croata nascido em 1856 está entre os maiores cientistas que a humanidade já viu – e provavelmente entre os mais injustiçados. Pioneiro da electricidade moderna, tinha 26 anos quando começou a conceber a ideia de um motor de indução baseado em campos magnéticos rotatórios – algo que seria possível alimentando-o com uma corrente variável no tempo, o que não era fácil numa época em que tudo era operado a corrente contínua. Depois de trabalhar na Continental Edison Company em Paris, propriedade do famoso inventor americano, mudou-se para Nova Iorque em 1884. Apresentou-se a Edison com uma carta de recomendação do seu ex-patrão, nos seguintes termos: “conheço dois grandes homens, e o senhor é um deles; o outro é este jovem”. Tornou-se então engenheiro electrotécnico na Edison Machine Works (uma “fábrica de sonhos”, precursora da General Electric), onde tem como missão melhorar a eficiência dos dínamos geradores de corrente contínua. Aqui procura adquirir os conhecimentos e a experiência prática que lhe permitam concretizar a sua ideia para o motor de indução. Edison, homem pouco dado a cálculos matemáticos e incapaz de dominar a teoria da corrente alterna, nunca se dispôs a discuti-la. Por outro lado, mostrou muito interesse em várias técnicas que Tesla tinha introduzido, patenteando-as como suas. Desiludido, Tesla demite-se, e durante uns tempos só arranja emprego a escavar valas.

Mesmo nesta fase, continua concentrado no seu objectivo de construir um motor operado a corrente alterna. Com o apoio de alguns investidores, monta um pequeno laboratório, e constrói o primeiro protótipo em 1887. No ano seguinte obtém a patente, e faz uma demonstração no Instituto Americano de Engenheiros Electrotécnicos, aproveitando para expôr as vantagens da corrente alterna, capaz de se propagar a muito maiores distâncias e com menos perdas que a contínua. A reacção é de enorme entusiasmo. Isto atrai a atenção do industrial George Westinghouse, que decide apostar fortemente nos motores a corrente alterna, contra o monopólio de Edison e da sua corrente contínua. Dado que este não estava disposto a abdicar facilmente dos generosos lucros de que dispunha, iniciou-se entre os dois homens uma verdadeira batalha tecnológica, que mereceu o título de “Guerra das Correntes”... Tesla não estava muito interessado neste detalhes; o que o fascinava mesmo eram as novas e inúmeras possibilidades da corrente

alterna, e que ele fazia questão de demonstrar de forma espectacular. Na Feira Mundial de Chicago em 1893 (electrificada com corrente alterna), surge pela primeira vez um pavilhão dedicado à electricidade. Aqui exhibe o motor de indução, e causa espanto ao pôr em pé um ovo de cobre, recorrendo apenas a um campo magnético. Deslumbra o público com lâmpadas de vácuo sem filamento que parecem acender sozinhas, operadas através de corrente alterna de alta frequência entre enormes placas condutoras (efeito Tesla). Em 1895 é inaugurada a central hidroeléctrica do Niágara, obra de Westinghouse, e o sucesso é tal que lhe chamam uma maravilha do mundo. Dois anos depois demonstra a transmissão de dados a longa distância, através de ondas de rádio (invenção erradamente atribuída a Marconi). Com tudo isto, ganha uma aura de mago da ciência, que ele aprecia e faz questão de cultivar.

Em 1899 muda-se para Colorado Springs para montar um novo laboratório (é o ambiente que podemos ver no recente filme *“The prestige – Os três passos”*). Aqui, os locais que se aventuram nas redondezas dizem ver estranhas luzes nocturnas, lâmpadas que se acendem sozinhas, e aterradores relâmpagos a saltar do telhado... Lá dentro, Tesla dedica-se afincadamente a estudar a amplificação e emissão duma onda electromagnética de elevadíssima potência, capaz de circular por todo o planeta e fornecer energia eléctrica gratuitamente, graças ao mesmo princípio que permite acender lâmpadas sem fios. Os testes acabam quando esgota a capacidade da central eléctrica, causando um incêndio e deixando os habitantes às escuras...

Regressa então a Nova Iorque, onde tenta angariar patrocinadores para o seu esquema *wireless* de transmissão de energia, alertando para a crescente necessidade de consumo. O edifício do novo laboratório, em Wardenclyffe, é dominado por uma torre-antena de 57 metros, culminando numa enorme esfera. Mas os resultados positivos insistem em não aparecer, e os financiadores recusam-se a avançar mais fundos; a torre ganha a reputação de elefante branco e nunca chega a ser concluída. Em 1904, para seu desespero, a patente do rádio é-lhe retirada e atribuída a Marconi. Perde igualmente o apoio dos militares para as suas invenções, e a sua reputação entra em espiral descendente – começa-se a rumorar que enlouqueceu...

É neste contexto que o imaginamos, naquela noite de Junho de 1908: um cientista assustadoramente inteligente, cujas máquinas

lançam raios tenebrosos e se comportam de forma muito suspeita, e que precisa desesperadamente de recuperar a credibilidade e o respeito... nem que para isso tenha que mostrar que consegue destruir a Terra!

A comunidade científica viria contudo a mostrar reconhecimento ao propôr o seu nome para Nobel da Física em 1912. Mas Tesla só aceitaria o Prémio se a Academia Sueca retirasse o de Marconi, que o recebera em 1909 pela invenção do rádio. Proposto novamente em 1915 em conjunto com Edison, ambos recusaram a ideia de partilhá-lo; nenhum o chegou a receber. Voltaria a interessar-se seriamente pelo “raio da morte” nas vésperas da II Guerra Mundial, quando tomou conhecimento dos avanços da teoria quântica, e achou que os EUA poderiam vir a entrar num conflito. Chegou a escrever ao Presidente para que assistisse a uma demonstração desta arma, mas este recusou gentilmente. Por esta altura, Tesla vivia praticamente isolado num quarto de hotel em Nova Iorque, e nunca mais recuperou o prestígio do fim do século anterior. Morreu solitário e enterrado em dívidas em 1943. O “raio da morte” nunca chegou a ser demonstrado publicamente, e não encontraram no apartamento planos ou esquemas em que seja descrito (especulou-se que teriam sido roubados por espões soviéticos!) – ele preferia visualizar tudo mentalmente.

Mas um outro “raio” seu sobrevive. Em 1917, durante a Grande Guerra, propôs aos militares o uso da sua invenção chamada “raio explorador”. Este permitia detectar a posição de veículos inimigos à distância, através da emissão e detecção de ondas electromagnéticas. Mais uma vez, os militares não mostraram interesse. Mas, vinte anos mais tarde, outros inventores perceberam a utilidade da sua ideia e construíram-na, chamando-lhe “radar” – contribuindo assim para a vitória dos aliados, e inaugurando um novo capítulo na história da ciência.

Para saber mais:

W. Bernard Carlson, “Inventor of Dreams”, Scientific American Vol. 292, Nº 3 (Março de 2005)

Contra ventos e marés

Interacções biofísicas e relógios internos durante a fase larvar dos invertebrados marinhos

Henrique Queiroga

Centro de Estudos do Ambiente e do Mar e Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

OS HOMENS DO MAR SABEM QUE REMAR CONTRA VENTOS E MARÉS É UM DOS CAMINHOS MAIS SEGUROS E RÁPIDOS PARA O NAUFRÁGIO. A EXPRESSÃO FOI SABIAMENTE ABSORVIDA NOS DITADOS POPULARES DE REGRAS DE BOM-SENSE. ESTA IMAGEM É AQUI UTILIZADA COMO UMA METÁFORA PARA O QUE AS LARVAS DOS ORGANISMOS MARINHOS CONSEGUEM FAZER NA COLUNA DE ÁGUA DOS OCEANOS, E QUE CULMINA NO ENCONTRO DE UM HABITAT OU SUBSTRATO APROPRIADO PARA O ASSENTAMENTO, A METAMORFOSE E O ASSUMIR DO MODO DE VIDA JUVENIL, NECESSÁRIOS À SOBREVIVÊNCIA DA ESPÉCIE. SOBRE ESTE ASSUNTO TRABALHAM BIÓLOGOS E FÍSICOS.

Os ecologistas marinhos utilizam o termo “recrutamento” para designar o conjunto de fenómenos envolvidos na substituição dos indivíduos numa população através dos processos de reprodução e crescimento¹. O recrutamento é um processo difícil de medir, dada a complexidade das interacções físicas e biológicas envolvidas. Processos físicos – temperatura, salinidade, luz, marés, correntes geostróficas, ventos, existência de refúgios – combinam-se de formas intrincadas com processos biológicos – crescimento e maturação, alimento, competição,

predação – para determinar a sobrevivência ou morte de cada indivíduo. Muitos dos processos marinhos são essencialmente estocásticos, porque dependem em última análise de processos atmosféricos difíceis de prever e de modelar. Muitas das respostas dos sistemas biológicos são essencialmente não-lineares, acrescentando um grau adicional de dificuldade ao desenvolvimento de modelos conceptuais e preditivos. Estes processos desenrolam-se a várias escalas espaciais e temporais simultaneamente, desafiando a nossa capacidade logística actual para os resolver de uma forma integrada.

Grande parte do trabalho do ecologista é a identificação das pressões selectivas que dão forma às características – anatómicas, fisiológicas, comportamentais – das espécies, e de como é que essas características estão organizadas ao longo do seu ciclo de vida. No que respeita às componentes abióticas dos ecossistemas existem alguns processos básicos que recorrem com periodicidades variadas. Estes processos constituem pressões selectivas poderosas às quais as espécies tiveram que se adaptar ao longo do processo evolutivo que lhes deu origem, e que determinam muitas das suas características actuais. No ambiente marinho alguns destes processos são os ventos e as marés, o ciclo dos dias e das noites e a sucessão das estações do ano. O foco nestes mecanismos, que são essencialmente regulados pelos ciclos astronómicos, é uma simplificação necessária para compreender como se tece a intrincada teia de interacções que regulam o recrutamento. É, mesmo assim, uma simplificação aparente, por duas ordens de razões. Primeiro porque as diferentes combinações destes factores variam geograficamente e interagem com aspectos particulares da topografia de cada região, introduzindo aquilo que se pode designar por idiosincrasias locais. Em segundo lugar porque diferentes espécies exibem também diferentes

adaptações em relação às restantes espécies da sua comunidade, o que mascara as adaptações desenvolvidas aos factores abióticos relacionados com os ciclos astronómicos.

Os mecanismos de recrutamento durante a fase larvar serão aqui exemplificados no que respeita às espécies costeiras, com o auxílio de uma espécie de caranguejo muito comum nos estuários e costas rochosas europeias, o vulgar caranguejo verde, ou caranguejo das praias, *Carcinus maenas*, o qual se tem revelado como um dos mais fecundos modelos biológicos. A maior parte das observações aqui reportadas foram obtidas com “larvas portuguesas”, mas estudos feitos noutras regiões com a mesma espécie, ou com espécies semelhantes, também são abordados.

A IMPORTÂNCIA DE SE CHAMAR LARVA

A variedade de formas larvares dos invertebrados marinhos só tem rival no exotismo das designações encontradas pelos biólogos marinhos para as nomear. Zoés e megalopas de caranguejo, filosomas de lagosta, equinopluteus de ouriço, velígeras e metavelígeras de bivalve são algumas das que até ao momento estão descritas. Estima-se que cerca de 70% dos invertebrados da macrofauna bentónica – aquelas espécies com dimensões superiores a 2 mm que vivem na dependência do fundo do oceano – tem um modo de desenvolvimento indirecto, isto é, apresentam uma larva no seu ciclo de vida. Muitos peixes apresentam também uma fase larvar. Porquê? Não se sabe muito bem... Mas o que se segue dá uma pista.

A existência de uma larva tem vantagens. Entre as mais importantes conta-se a capacidade para dispersão a longa distância de uma forma relativamente económica do ponto de vista energético, pois os organismos são facilmente transportadas pelas correntes oceânicas até distâncias aproximadamente proporcionais à duração da fase larvar. Uma larva que tenha uma duração de 4 a 6 semanas pode ser transportada no oceano costeiro até distâncias máximas de 100 a 200 km. As larvas de várias espécies – algumas lagostas, por exemplo – podem durar até 1 ano no plâncton, estando descritas viagens de milhares de quilómetros. A raios de dispersão grandes estão associadas várias consequências, como a capacidade para colonizar regiões afastadas da população natal aumenta, facilitando a troca de indivíduos entre populações e a recolonização no caso de extinções locais. As espécies com fase larvar têm uma maior longevidade à escala geológica, pois apresentam em média uma menor probabilidade de extinção; a competição intraespecífica por recursos diminui, pois as larvas vivem num habitat diferente dos juvenis e dos adultos; a probabilidade de endogamia diminui, pois a troca de indivíduos entre populações promove o fluxo genético.

Mas a existência de uma larva também tem óbvias desvantagens. A mais importante é que as formas

larvares estão sujeitas a enormes taxas de mortalidade, as quais podem atingir valores superiores a 90%, ou mesmo, com frequência, superiores a 99%. Isto faz com que pequenas variações dos factores de mortalidade durante o desenvolvimento larvar se traduzam em grandes variações na população juvenil, com fortes consequências na demografia e dinâmica futura da população. Por exemplo, se uma espécie de caranguejo produz 100.000 larvas de cada vez que se reproduz, uma redução da taxa de mortalidade de 99% para 98% resulta num aumento de 1000 para 2000 do número de juvenis que se juntam à população. Entre os principais factores de mortalidade contam-se a predação por outros animais e a exposição a factores abióticos e a falta de alimento. Não menos importante, e o objecto principal deste artigo, é a falha em encontrar, contra ventos e marés, um habitat adequado para o assentamento e a metamorfose.

De qualquer forma, o sucesso dos ciclos de vida como estratégia evolutiva nas espécies marinhas indica que possuir uma larva planctónica é uma vantagem competitiva. Caso contrário, este tipo de adaptação teria sido já apagado pela selecção natural.

Na maior parte dos casos estas larvas têm dimensões inferiores a 1 mm e portanto não têm capacidade natatória que lhes permita vencer a força das correntes horizontais dos ecossistemas marinhos. São no entanto capazes de controlar a sua posição vertical na coluna de água, podendo a velocidade, direcção e amplitude dos movimentos verticais ser controlados por relógios biológicos internos – os quais evoluíram como resposta às principais variações cíclicas do ambiente – responder directamente a estímulos exógenos ou, com maior frequência, aos dois tipos de factores. Com estas regulações internas, as larvas de caranguejo e de peixe são capazes de migrações verticais da ordem das dezenas de metros em poucas horas.

(SOBRE)VIVER NO RITMO DAS MARÉS PADRÕES DE EMISSÃO LARVAR NOS ESTUÁRIOS E DE EXPORTAÇÃO PARA O OCEANO

As fêmeas de caranguejo transportam os ovos agarrados ao abdómen durante o desenvolvimento dos embriões. No caso de *C. maenas* a emissão do zoé I ocorre de uma forma sincronizada durante as vazantes nocturnas (Figura 1). Dado que as vazantes nocturnas na costa portuguesa ocorrem nas marés mortas de quadratura, este padrão resulta em pulsos de larvas emitidos a intervalos semilunares.

A posição vertical do zoé I varia de uma forma sincronizada com o ciclo da maré (Figura 2), de tal modo que as larvas estão mais próximas da superfície durante a vazante e mais próximas do fundo durante a enchente. Dado que a velocidade das correntes de maré é sempre superior à superfície do que junto ao fundo, em virtude do atrito, este comportamento resulta no que se chama transporte selectivo por corrente de maré, resultando num rápido transporte para o oceano.

A única forma que os zoés têm de regular a sua posição vertical de uma forma sincronizada é através de um relógio interno, ele próprio sincronizado pela maré². De facto, quando colocados em condições constantes no laboratório, os zoés executam migrações verticais com um período semelhante ao da maré. Dado que as larvas não estavam sujeitas a qualquer

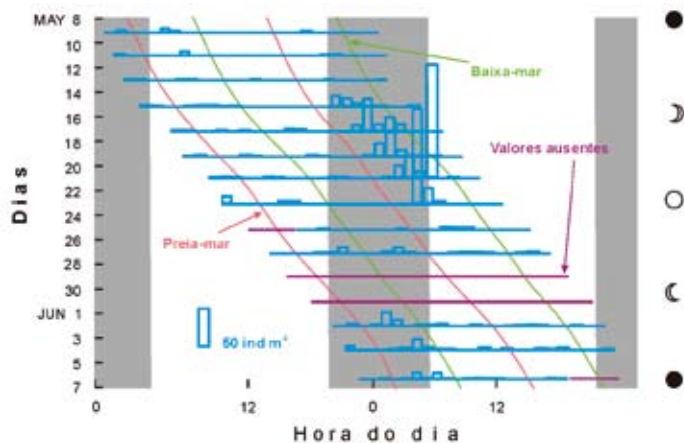


Figura 1: Cronograma da actividade de emissão do zoe I de *C. maenas* na Ria de Aveiro. Estes dados foram obtidos amostrando a coluna de água num ponto fixo com o auxílio de uma motobomba, durante períodos de amostragem de 25 horas iniciados a intervalos de 25 horas. Durante cada período de amostragem as amostras foram colhidas de hora a hora, a várias profundidades. Área sombreada= noite.

estímulo relacionado com a maré, tal comportamento é interpretado como resultante de um relógio interno. Para que os relógios internos mantenham o seu sincronismo com o ciclo ambiental, é necessário que exista um *zeitgeber* (do alemão *zeit*= tempo e *geber*= dador) adequado. Pensa-se que neste caso o *zeitgeber* é o próprio momento de eclosão das larvas, o qual se faz, como dissemos, de uma forma sincronizada durante a vazante. A pergunta óbvia é como é que os embriões sabem que está na hora da eclosão, mas vamos ter que ficar por aqui...

PADRÕES DE REINVASÃO DOS ESTUÁRIOS

O grosso do desenvolvimento das larvas de *C. maenas*, passa-se, portanto, no oceano, sendo a megalopa o estágio que reinva os estuários. No entanto, estas larvas são claramente mais abundantes durante as enchentes nocturnas (Figura 3). Para além disso, são mais abundantes a meia-água durante a enchente, enquanto que na vazante estão uniformemente distribuídas na coluna de água com baixas abundâncias durante o dia, ou mais concentradas junto ao fundo durante a noite. Assim, as megalopas apresentam também um comportamento que resulta num transporte selectivo por corrente de maré, mas neste caso permitindo o transporte para montante, contra a circulação residual no estuário.

O mecanismo que está na base deste padrão é um conjunto de reacções a variáveis hidrológicas do meio ambiente, e não um relógio interno. Esta evidência vem de um conjunto de experiências feitas com *C. maenas* no País de Gales, mas também de observações feitas em espécies americanas, *Callinectes sapidus* e *Uca* spp. que também habitam os estuários e exportam as larvas para o oceano. Quando as megalopas de *C. maenas* do País de Gales são mantidas em condições constantes no laboratório, apresentam um ritmo endógeno de migração vertical, com a mesma relação de fase com o ciclo da maré apresentada pelo zoe I, ou seja, estão mais próximo da superfície durante a vazante e mais próximo do fundo durante a enchente. Ora, este padrão comportamental não pode ser responsável pelo padrão de ocorrência encontrado na natureza, porque resultaria num transporte das megalopas para juzante, e não para montante. Seja qual for a causa directa,

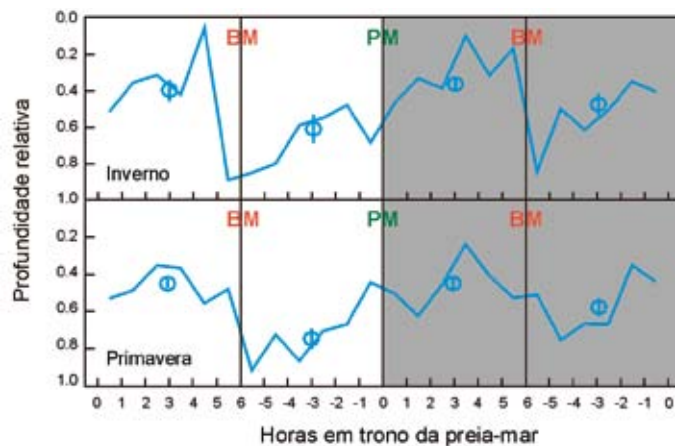


Figura 2: Posição vertical relativa do zoe I de *C. maenas* ao longo de ciclos de maré padronizados (isto é, centrados na hora da preia-mar) na Ria de Aveiro. Esta Figura foi obtida a partir de experiências de amostragem idênticas à da Figura 1, sendo a posição vertical das larvas (1= superfície; 0= fundo) calculada para cada hora dos diferentes ciclos de maré amostrados, separando as observações obtidas nas duas fases do dia. Circulos com barras representam a posição média durante a fase da maré ± 1 erro padrão. PM= preia-mar; BM= baixa-mar; área sombreada= noite.

uma resposta natatória para a coluna de água durante a enchente forçosamente resulta num transporte para dentro, e depois ao longo, do estuário.

NAVEGANDO AO SABOR DO VENTO O QUE SE PASSA NO OCEANO COSTEIRO

Os padrões de migração vertical descritos acima são universais em larvas de camarões e caranguejos que utilizam os estuários nalgum ponto do seu ciclo de vida. Este tipo de adaptação é natural: as larvas não são nadadoras suficientemente poderosas para vencer a força das correntes instantâneas, e usar as marés a seu favor é a única solução possível. Migrações verticais sincronizadas com as marés têm portanto um alto valor adaptativo nestas espécies, com um resultado ecológico óbvio: proporcionam a migração – horizontal, neste caso – entre diferentes tipos de habitat.

As migrações sincronizadas com o ciclo do dia são virtualmente universais nos organismos zooplânctónicos. O tipo mais comum é a chamada migração nocturna, durante a qual os zooplânctontes se deslocam para próximo da superfície durante a noite, e descem na coluna de água durante o dia. O entendimento actual é que este tipo de comportamento evoluiu como uma resposta necessária para fugir aos predadores e, ao mesmo tempo, encontrar alimento suficiente. Como a grande parte dos predadores que se alimentam de zooplâncton detectam as presas visualmente, é vantajoso para estas passar o dia em profundidade, onde é mais escuro. Mas quanto mais fundo os zooplânctontes estiverem, menos alimento têm disponível, pois em última análise a fonte de alimento é o fitoplâncton, o qual é mais abundante próximo da superfície em virtude das necessidades fotossintéticas destes organismos e da sua menor capacidade de locomoção. Assim, os zooplânctontes têm vantagem

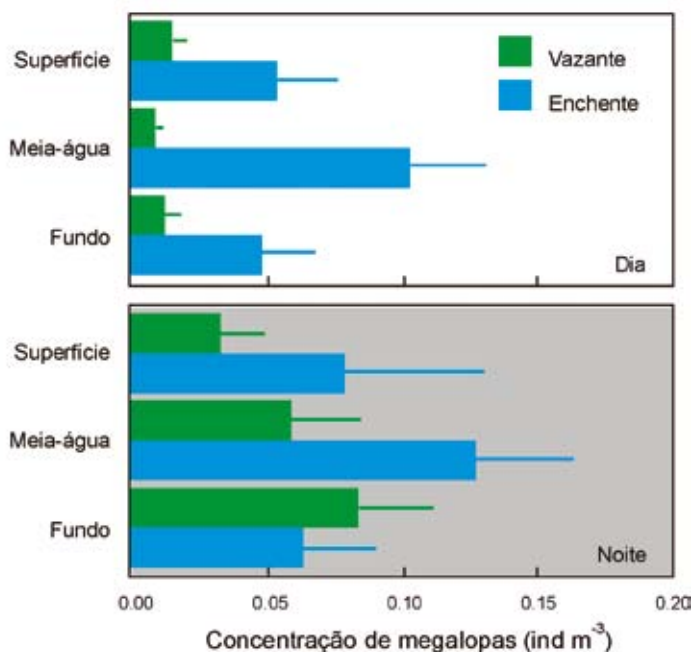


Figura 3: Concentração média do megalopa de *C. maenas* na Ria de Aveiro ± 1 erro padrão. Estas observações foram obtidas com redes de plâncton próprias para amostrar à superfície da água, a meia-água e acima do fundo. As amostragens foram feitas em ponto fixo, durante ciclos de amostragem de 25 horas conduzidos a intervalos aproximadamente semanais, sendo as colheitas feitas de 2 em 2 horas.

em vir até zonas menos profundas durante a noite para se alimentarem. Como efeito secundários destas migrações verticais, os organismos do zooplâncton, larvas de caranguejo incluídas, expõem-se a correntes oceânicas que, num oceano baroclínico³, variam com a profundidade.

Observações feitas na plataforma continental portuguesa (Figura 4) mostram que os zoés de *C. maenas* executam migrações verticais sincronizadas com o ciclo do dia, as quais abrangem várias dezenas de metros. Durante a noite as larvas são muito abundantes na camada neustónica e nos primeiros 10 m de profundidade, estando ausentes destas profundidades durante o dia. Existem mesmo fortes motivos para suspeitar que, durante o dia, a maior parte das larvas estão abaixo da profundidade máxima a que, por razões de segurança, é possível lançar as redes de colheita. Estas migrações têm um papel fundamental na retenção das larvas na plataforma continental na costa portuguesa, a qual é afectada pelo afloramento costeiro (Figura 5) durante grande parte da estação reprodutora da espécie.

DOS MODELOS DE PASSIVIDADE AOS MODELOS DE SIMULAÇÃO DE COMPORTAMENTO

A visão clássica da “cortina drapejante”, desenvolvida nos anos 80 e 90, para explicar a dinâmica da dispersão larvar e o recrutamento de invertebrados costeiros na costa oeste dos EUA, tratava as larvas como partículas basicamente passivas. Esta visão entendia a frente de afloramento como uma cortina que impedia que as larvas de cracas – crustáceos das praias rochosas com papel chave na dinâmica

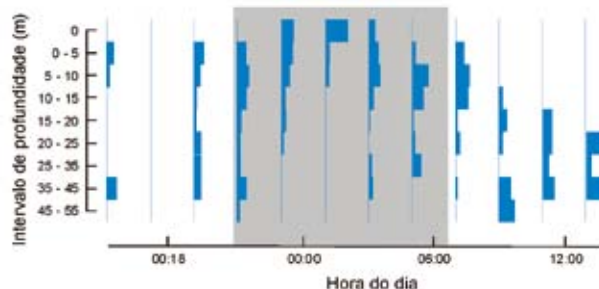


Figura 4: Distribuição vertical dos zoés de *Carcinus maenas* na plataforma continental ao largo de Aveiro, numa estação com 65 m de profundidade. As amostragens foram realizadas com uma rede de neuston (amostra a interface ar-água) e com uma rede Pro-LHPR (capaz de resolver a coluna de água em intervalos variáveis de profundidade), lançadas de 2 em 2 horas ao longo de 3 dias de amostragem. Cada barra horizontal representa a % média a cada profundidade, calculada para cada hora de amostragem durante os 3 dias. Área sombreada= noite.

das comunidades, com larvas que se consideravam pouco capazes de migrações verticais – se dispersassem para o largo. A intensificação do vento norte, ao intensificar o afloramento, provocaria o afastamento da frente para o largo. O relaxamento ou inversão do vento norte provocaria a convergência e eventualmente o choque da frente de afloramento com a costa, resultando em pulsos de suprimento de larvas nas praias rochosas.

Aparentemente, não é isto que se passa com as larvas de caranguejo na nossa costa. Do ponto de vista conceptual, é atractiva a ideia de uma migração vertical do tipo da descrita acima pode interagir com a circulação associada ao afloramento. Se é verdade que as larvas de *C. maenas* estão na camada de Ekman⁴ superficial durante a noite, sendo consequentemente transportadas para o largo, também é verdade que um transporte para a costa ocorrerá durante o dia quando as larvas estão próximas do fundo, associado à contra corrente compensatória que aqui se desenvolve. Como as migrações verticais do zooplâncton, larvas de caranguejo incluídas, são controladas pelas variações de intensidade luminosa associadas ao nascimento e ocaso do sol, e como durante a primavera e o verão os dias são mais longos que as noites, o afloramento pode de facto actuar como um mecanismo de concentração das larvas junto à costa. Experiências de modelação utilizando modelos baseados no indivíduo, capazes de simular, entre outras características, as reacções comportamentais das larvas, acoplados a modelos de circulação oceânica (Individual-based Coupled Physical Biological Models, ou ICPBMs), indicam que, para uma larva com um comportamento de migração vertical do tipo do descrito acima, o afloramento costeiro é *necessário* para manter as larvas junto à costa (Figura 6).

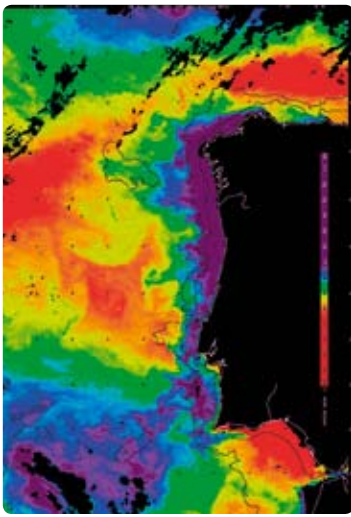


Figura 5: Temperatura à superfície ao largo da costa de Portugal em Julho de 1993. Na figura é visível uma banda de água fria na zona da plataforma continental, separada de água mais quente ao largo por uma frente de afloramento claramente definida. As zonas de afloramento ocorrem sobretudo das fronteiras leste das grandes bacias oceânicas, e resultam da circulação atmosférica associada às células anticiclónicas subtropicais. No caso de Portugal, a migração para norte do anticiclone dos Açores durante a primavera e verão resulta na intensificação do vento norte, paralelo à costa. Em consequência do efeito de Coriolis, a camada de Ekman superficial desloca-se para largo, causando um gradiente de pressão que provoca o afloramento junto à costa de água fria de profundidade.

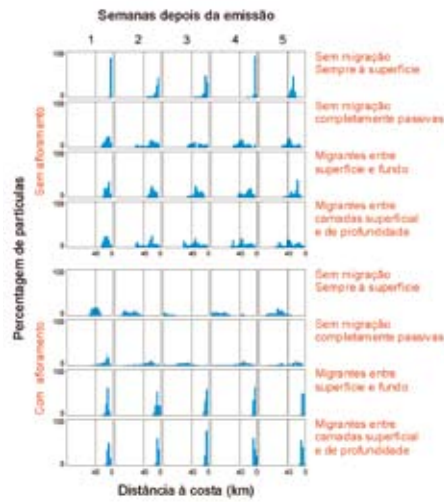


Figura 6: Distribuição perpendicular à costa prevista por um ICPBM de acordo com diferentes cenários de migração vertical. A costa está localizada a 0 km no eixo dos Xs e a linha vertical a cerca de 40 km mostra a localização do bordo da plataforma continental. As colunas representam a posição das larvas ao fim de 1 a 5 semanas depois da emissão. De notar que, em situações de afloramento, as larvas que executam migrações nocturnas ficam retidas junto à costa.

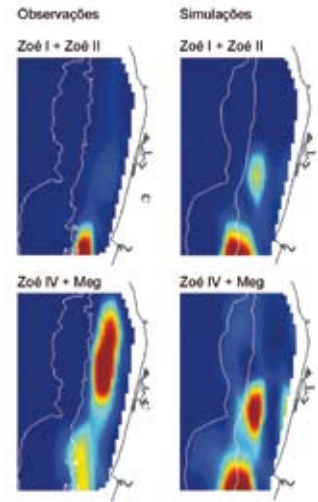


Figura 7: Mapas das concentrações normalizadas, observadas e previstas de acordo com um ICPBM, de larvas de *C. maenas* na primavera de 1991. O modelo é forçado pelo vento real, os fluxos radiativos previstos por um modelo climático geral e as descargas climáticas dos rios. As zonas vermelhas indicam maiores concentrações de larvas. O modelo prevê manchas alongadas de larvas centradas na plataforma média, de acordo com as observações.

QUÃO LONGE NAVEGA UMA LARVA

Entre os processos físicos relevantes que afectam a dispersão das larvas nas zonas costeiras contam-se correntes forçadas pelo vento e por diferenças de densidade, frentes e jactos associados, marés, camadas limite superficiais e de fundo, ondas, e trocas radiativas que controlam o grau de estratificação da coluna de água. Estes processos são, por sua vez, afectados por vórtices e meandros de larga escala originados em correntes mais ao largo. À escala das bacias oceânicas, as correntes giratórias originam correntes de fronteira este e oeste, as quais proporcionam um mecanismo de conexão entre populações separadas por centenas ou milhares de quilómetros. Todos estes processos são afectados pelas características fisiográficas particulares de cada costa – por exemplo ilhas – que podem causar zonas de recirculação e retenção das larvas. Uma das ferramentas mais utilizadas para estimar a distância a que se dispersam as larvas dos organismos marinhos são os ICPBMs⁵. A Figura 7 mostra a distribuição observada das larvas de *C. maenas* na primavera de 1991, bem como o resultado de uma simulação da dispersão das larvas emitidas em estuários do Norte de Portugal no mesmo período, utilizando um ICPBM forçado por uma climatologia realista. O modelo, embora incorpore apenas a influência do vento, os fluxos radiativos, as descargas dos rios e o comportamento de migração vertical nocturna, parece descrever com uma aproximação muito razoá-

vel a distribuição observada. Se o modelo estiver a trabalhar bem, então é possível estimar que o raio de dispersão das larvas de *C. maenas* na costa portuguesa, em condições climatológicas “normais”, não excederá 200 km.

Quão longe navega uma larva é ainda um dos maiores mistérios da ecologia marinha. Embora os ICPBMs, os marcadores genéticos e as assinaturas geoquímicas já permitam balizar possíveis distâncias de dispersão, ainda não é possível integrar todos os processos relevantes, especialmente nas zonas costeiras. Aqui, o consenso entre os cientistas inclina-se para o reconhecimento de que a faixa imediatamente adjacente à linha de costa, dominada pelas ondas e mal resolvida pelos programas oceanográficos de observação, corresponde a uma zona de muito forte retenção das larvas que é necessário compreender para elucidar a questão da escala espacial de conectividade. As observações aqui descritas mostram contudo que uma simplificação do problema, focando em processos altamente energéticos e nos ciclos diário e das marés, pode produzir modelos conceptuais poderosos que guiem os investigadores na compreensão destes problemas.

1 Nas espécies marinhas, muitas das quais apresentam uma fase larvar planctónica no seu ciclo de vida, o recrutamento envolve vários passos: desenvolvimento das larvas, dispersão na coluna de água durante o desenvolvimento, suprimento das larvas aos habitats apropriados para o assentamento, assentamento e desenvolvimento juvenil, maturação e reprodução.
2 Os zoés são formas totalmente planctónicas, sendo essencialmente transportados dentro de uma parcela de água que está

em movimento. Desta forma, a capacidade para os zoés distinguirem variações de salinidade, temperatura, ou qualquer outra variável externa associada a uma particular fase da maré, de modo a controlar as suas reacções comportamentais, é limitada.

3 Condição em que a densidade varia com a profundidade.

4 Camada limite superficial ao longo da qual a energia cinética transmitida pelo

vento se dissipa. Em virtude do efeito de Coriolis, o qual é provocado pela rotação da Terra, esta camada tem, no hemisfério Norte, um movimento integrado direccionado 90° para a direita do vento.

5 Outras são os marcadores genéticos, baseados em frequências dos genes características de cada população, e as assinaturas geoquímicas características de cada local, as quais ficam gravadas nas conchas ou ossículos dos embriões e larvas.



Um olhar físico sobre o *bungee jumping*

Bruno Couto

CADA VEZ MAIS OS CHAMADOS DESPORTOS RADICAIS ESTÃO NA MODA, E O NÚMERO DE PARTICIPANTES E ADEPTOS NÃO PARA DE AUMENTAR. O *BUNGEE JUMPING* É UM DOS DESPORTOS RADICAIS QUE, NOS ÚLTIMOS ANOS, SE TEM VINDO A INTEGRAR NO NOSSO PAÍS E, COMO QUALQUER OUTRO DESPORTO, RADICAL OU NÃO, PODE TORNAR-SE PERIGOSO CASO NÃO SE TOMEM AS DEVIDAS PRECAUÇÕES.

O princípio do *bungee jumping* é simples: numa visão de mero utilizador, o desportista salta de um sítio alto, e cai devido ao seu peso, sendo a queda amortecida por um cabo elástico, designado de *bungee*.

De um ponto de vista físico, e claro que com algumas aproximações normalíssimas – por exemplo, o facto de desprezarmos a resistência do ar – a descrição do movimento também é algo intuitiva e relativamente fácil de se efectuar. Consideremos, como origem do referencial, o local de onde o desportista salta, sendo o sentido positivo do eixo vertical o sentido do movimento (descendente).

Podemos dizer que o movimento do desportista é constituído por duas fases distintas: a primeira, a que podemos chamar de queda livre, onde o peso (mg) é a única força a actuar, dado que o *bungee* não se encontra esticado; e uma segunda fase em que o *bungee* está esticado e inicia o seu alongamento, actuando como um elástico, realizando uma força no sentido oposto.

PRIMEIRA FASE: A QUEDA LIVRE ($y < l$)

A partir do momento em que o desportista salta, o seu corpo comporta-se como qualquer outro em queda livre, em que a única força a que está sujeito é o seu peso. Durante este movimento, a sua velocidade v aumenta de forma gradual, dado que está sujeita à aceleração gravítica g ,

$$F = mg; \quad a = g. \quad (1)$$

Através da combinação das equações da posição y e da velocidade v de um corpo em queda livre, obtemos, como é conhecido,

$$v^2 = 2gy. \quad (2)$$

Este movimento verifica-se até o percurso igualar o comprimento do *bungee*, $y = l$.

SEGUNDA FASE: QUANDO O DESPORTISTA ULTRAPASSA O COMPRIMENTO DO BUNGEE ($y > l$)

A partir de uma posição $y = l$ passa a existir uma força exercida pelo cabo elástico em simultâneo com o peso do desportista, mas actuando em sentido oposto. Esta força vai aumentando à medida que o cabo se alonga, enquanto que o peso do desportista se mantém inalterado (Fig. 1). A força exercida pelo *bungee* é de natureza elástica e é determinada com base na lei de Hooke. Sendo k o coeficiente de elasticidade e Δy o alongamento em relação à posição l [1],

$$F_{\text{bungee}} = F_{\text{elástica}} = -k\Delta y = -k(y - l). \quad (3)$$

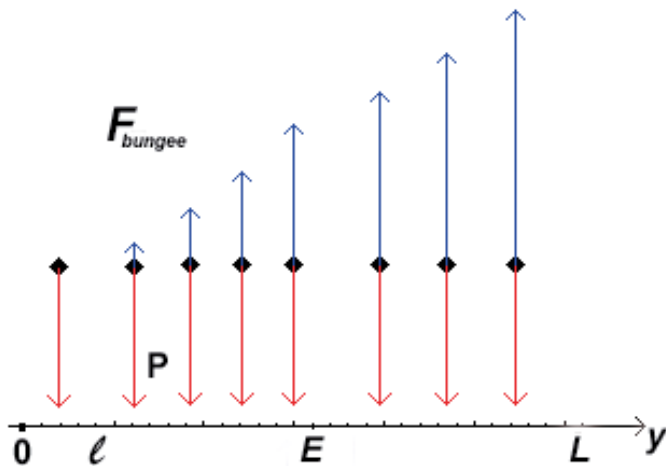


Fig. 1 - Representação do peso (a vermelho) e da variação da força exercida pelo *bungee* (a azul) em função da posição vertical. l é o comprimento do *bungee*, E é o ponto de equilíbrio, L o comprimento máximo do *bungee*.

Naturalmente, o valor de k depende do tipo de *bungee* utilizado, assim como o seu comprimento l , embora o desportista o possa ajustar. Com o uso, a elasticidade vai-se perdendo e, no máximo, um bom *bungee* deve realizar mil e duzentos saltos [2].

Nesta situação, a força resultante aplicada no desportista é

$$F = mg - k(y - l). \quad (4)$$

Dado que a força exercida pelo *bungee* varia consoante o seu alongamento, podemos ainda dividir esta fase do movi-

mento em duas partes: uma primeira em que a força do *bungee* é inferior ao peso do desportista, $mg > k(y - l)$, e uma segunda onde se tem o oposto.

Na primeira parte, verifica-se que a aceleração total (que até então era apenas gravítica, $a = g$ para $y = l$) começa a diminuir, dado que a força do *bungee* está gradualmente a aumentar, até atingir um valor nulo no ponto de equilíbrio $y = E$. Neste ponto as forças anulam-se e tem-se $mg = k(E - l)$, resultando em

$$E = l + \frac{mg}{k}. \quad (5)$$

Na segunda parte, em que a relação de forças se inverte, a resultante aponta no sentido contrário ao do movimento, tal como a aceleração, que volta a aumentar (em módulo),

$$a = g - \frac{k}{m}(y - l). \quad (6)$$

Esta expressão aplica-se também à primeira parte de actuação da força do *bungee*, sendo que nesse caso se tinha $a > 0$ e agora se tem $a < 0$. A Fig. 2 ilustra a evolução da aceleração nas várias fases descritas.

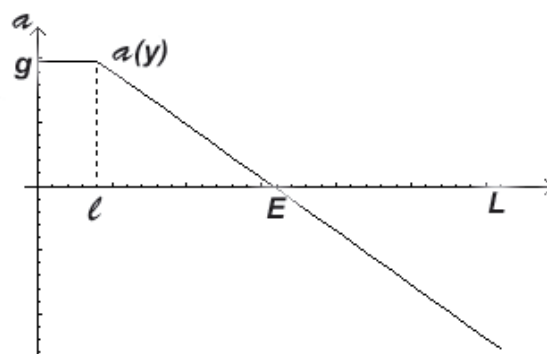


Fig. 2 - Gráfico da aceleração a do desportista em função da distância y percorrida.

Até ao ponto de equilíbrio, a velocidade do desportista está a aumentar continuamente a uma taxa constante, mas a partir de $y > l$ a taxa vai diminuindo, uma vez que a aceleração diminui. Neste ponto, o desportista atinge a sua velocidade máxima de queda, o que é matematicamente compreensível pelo facto de o máximo e o mínimo de uma função serem determinados pelos zeros da sua primeira derivada: sendo a aceleração a derivada temporal da velocidade, $a = v = \frac{dv}{dt}$, o valor máximo da velocidade é atingido no ponto de aceleração nula. A partir deste ponto, a velocidade vai diminuir até atingir um valor nulo, uma vez que a aceleração agora actua em sentido contrário ao do movimento, desacelerando-o.

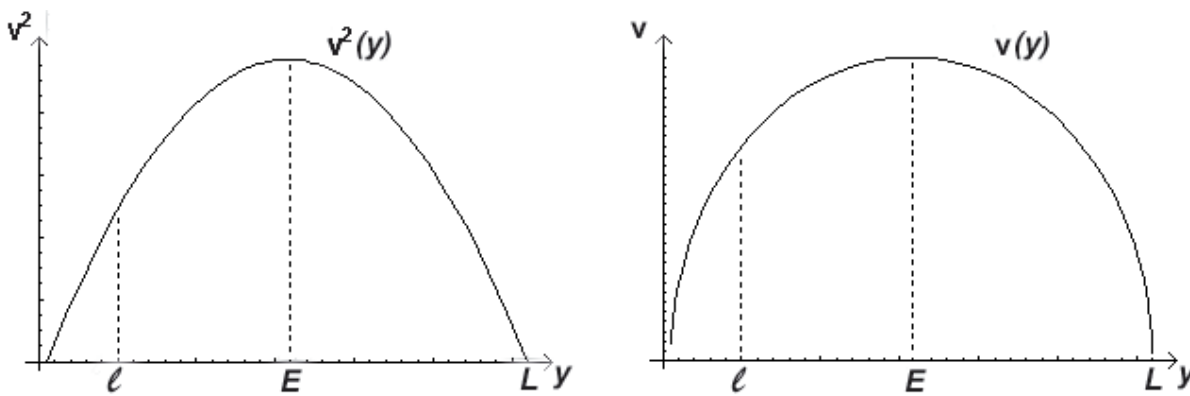


Fig. 3 - Gráficos do quadrado da velocidade (à esquerda) e da velocidade (à direita) em função da distância percorrida.

DETERMINAÇÃO DO ALONGAMENTO MÁXIMO L DO BUNGEE

No ponto $y=L$ onde o valor da velocidade é nulo, o alongamento do *bungee* é máximo. Novamente, podemos constatar que o máximo da função (neste caso a posição) pode ser determinado pelos zeros da sua derivada, a velocidade. Assim, podemos partir para a obtenção da expressão de L .

Dado que a posição do desportista é uma função unicamente dependente do tempo, podemos reescrever a aceleração em função da sua posição,

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dy} \frac{dy}{dt} = v \frac{dv}{dy} = \frac{1}{2} \frac{d(v^2)}{dy} \quad (7)$$

Apesar de ser um passo matemático trivial, podemos confirmar substituindo a Eq. (2) em (7) e obtemos que $a = g$ para $y < l$. Combinando as Eqs. (6) e (7), obtemos

$$\frac{d(v^2)}{dy} = 2g - 2 \frac{k}{m} (y - l) = \frac{d}{dy} \left(2gy - \frac{k}{m} (y - l)^2 \right) \quad (8)$$

Igualando agora as funções dentro das derivadas, podemos escrever

$$v^2 = 2gy - \frac{k}{m} (y - l)^2 \quad (9)$$

Esta equação é interessante pelo facto de que se retirarmos o segundo termo do lado direito, recuperamos a Eq. (2), ou seja, o caso $y < l$.

Para obtermos a expressão de L sabemos que neste ponto a velocidade é nula, ou seja

$$0 = 2gL - \frac{k}{m} (L - l)^2 \quad (10)$$

e, obtendo a solução da equação, temos por fim

$$L = l + \frac{mg}{k} \left[1 + \sqrt{1 + 2 \frac{kl}{mg}} \right] \quad (11)$$

Podemos escrever este resultado de um modo mais simplificado, usando a definição (Eq. (5) do ponto de equilíbrio, resultando em

$$L = E + \sqrt{E^2 - l^2} \quad (12)$$

Através desta expressão é possível determinar o comprimento máximo que o cabo poderá atingir e, conseqüentemente, a altura máxima de que o desportista poderá saltar. Obviamente, deve-se sempre considerar uma margem de segurança. Por exemplo, se um desportista de 60 kg saltar com um *bungee* de comprimento 20 m e constante de elasticidade 50 N/m ($E=31,8$ m), o salto nunca poderá ter uma altura inferior a 56,4 m.

Referências

- [1] Young & Freedman, University Physics, Addison - Wesley, San Francisco, 2000.
 [2] C. Cavette, "bungee cord" (<http://www.enotes.com/how-products-encyclopedia/bungee-cord>)

Bruno Hélder Pacheco Couto é Professor de Ciências Físico-Químicas na Escola Secundária Antero de Quental, Ponta Delgada, S. Miguel - Açores. bhpcouto@hotmail.com



Cartoons

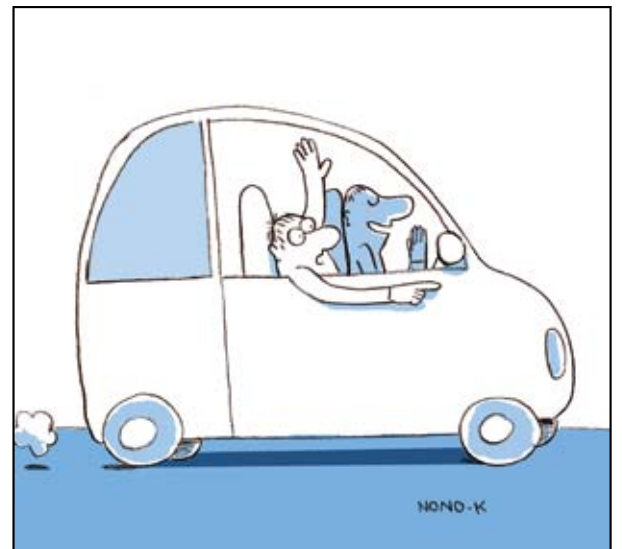
Cortesia da European Physical Society (EPS).

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*.

No Verão por que é que
ao longe as estradas
parecem estar molhadas?

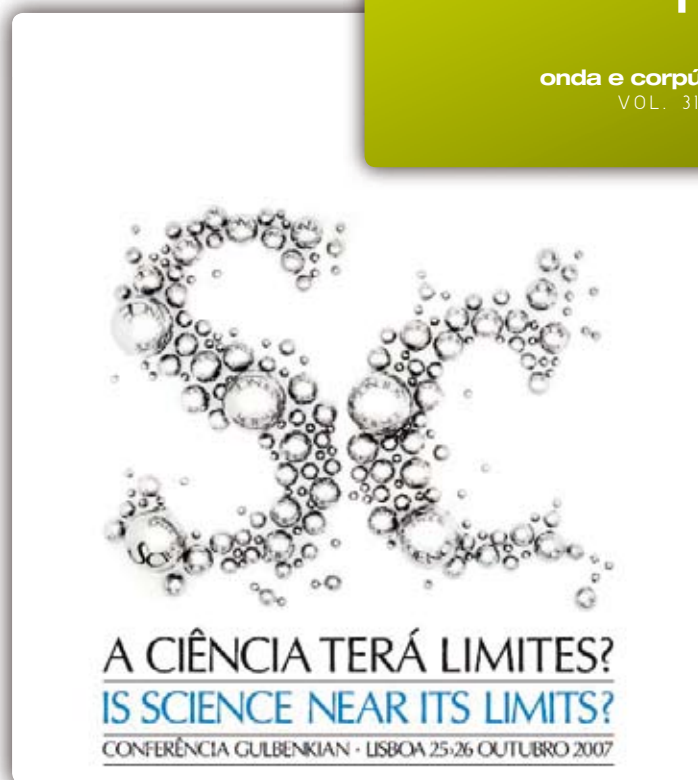


Por que é que os
ouvidos doem quando
se faz mergulho?



Teoria de cordas: Ata ou desata?

Filipe Moura
Teresa Peña
Tânia Rocha



DURANTE UM DOS INTERVALOS ENTRE SESSÕES DA CONFERÊNCIA “ A CIÊNCIA TERÁ LIMITES?”

([HTTP://WWW.GULBENKIAN.ORG/CIENCIATERALIMITES/MAIN.HTM](http://www.gulbenkian.org/cienciateralimites/main.htm)) OCORRIDA NA FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN, E QUE REPORTAMOS JÁ NA GAZETA DE FÍSICA¹, TIVÉMOS A OPORTUNIDADE DE ORGANIZAR UM DEBATE ENTRE LUIS ALVAREZ-GAUMÉ (CERN, GENEBRA), DIETER LÜST (LUDWIG-MAXIMILIANS UNIVERSITY) E PETER WOIT (COLUMBIA UNIVERSITY).

Pensávamos que a conversa iria ser curta, mas, inesperadamente, o debate foi-se estendendo e auto-alimentando com o interesse das observações e a vivacidade dos intervenientes. Apresenta-se aqui uma pequena amostra. Outros excertos irão sendo publicados em números futuros.

QUANTIFICAÇÃO DA TEORIA DA GRAVIDADE

FILIFE MOURA (GAZETA DE FÍSICA) – Será que é mesmo preciso introduzir quantificação na teoria da gravidade?

WOIT – Penso que o problema da gravidade quântica advém de ser tão difícil, senão impossível, obter resultados experimentais. Talvez tenha de ser investigada de uma forma diferente daquela a que os físicos estão habituados. As pessoas deviam pensar e trabalhar nesse sentido.

ALVAREZ-GAUMÉ – Intelectualmente, será muito frustrante se a gravidade, que foi a primeira força a ser conhecida, for completamente diferente das outras. Poderá suceder, por exemplo, que a gravidade seja apenas uma consequência das outras interacções, tal como a força de Van der Waals resulta do electromagnetismo. Mas essa descoberta ainda não aconteceu. Por isso, de certa forma, somos forçados a pensar se, e como é que, o espaço e o tempo podem também ser considerados no contexto do paradigma quântico.

LÜST – Do meu ponto de vista, há situações físicas que necessitam da gravidade quântica. Além de me parecer que seria esteticamente desagradável se a gravidade ficasse fora da descrição quântica. Há situações que precisam de uma versão quântica da gravidade, como os buracos negros, que sabemos existirem na natureza. Por isso estamos à procura da gravidade quântica. Por outro lado, quando se junta a gravidade ao mundo quântico surgem mais condicionamentos que antes. Por exemplo, logo que se introduz o gravitão, a partícula quântica para a gravidade, obtém-se

1. Gazeta de Física, Vol30-nºs 3/4, pg 26 e pg 35 (2007).

uma condição restritiva para as cargas eléctricas das partículas: o somatório delas tem de dar zero. Isto é de facto verdade no modelo padrão, mas sem o gravitão continuaria a ser um mistério. Por isso pode-se dizer que as condições de consistência que se obtêm ao acoplar a mecânica quântica à gravidade são indícios indirectos muito fortes de que há quantificação na gravidade.

WOIT – Concordo que é necessário quantizar a gravidade, e perceber como se junta a teoria quântica e a gravidade, mas o que me preocupa é que depois se encontram 10 ou 500 teorias de gravidade quântica, e não uma única.

AG – A teoria a dez ou onze dimensões é única, com diferentes estados fundamentais. Há aqui uma confusão de base. Se olharmos para qualquer teoria física com quebra de simetria, os vários vácuos que surgem correspondem a estados ligados diferentes. Mas a teoria é só uma.

WOIT – Compreendo que é essa a situação, mas isso é o que gostaria que fosse verdade. Infelizmente, não sabe se de facto é de esperar que seja assim....

AG – É como nas teorias de campo a 4 dimensões que contêm solitões [que foram descobertos mais tarde]. É claro que as pessoas demoraram algum tempo a compreender que os solitões faziam parte da teoria, e que não tinham sido introduzidos à pressão na teoria mas faziam parte dela ...

WOIT – Penso que seria muito melhor se as pessoas que trabalham na teoria de supercordas fossem mais precisas. Fico um pouco irritado quando se fazem afirmações a dar a entender que se compreende muito mais do que na realidade compreendemos. Um dos problemas da teoria de cordas é que é um assunto tremendamente complexo e é muitíssimo complicado dizer o que se sabe e o que não se sabe. (...)

A ATRACÇÃO DOS JOVENS FÍSICOS PELA TEORIA DAS CORDAS

JOÃO CARAÇA (FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN)

– Estará a teoria de cordas a obstruir a criatividade dos físicos teóricos, sobretudo dos jovens?

WOIT – Quando um jovem quer trabalhar em certas ideias, é-lhe extremamente difícil arranjar emprego, ao passo que se esse jovem quiser trabalhar nalgumas das ideias relacionadas com teorias de cordas terá hipóteses de arranjar emprego.

(...)

AG – Nós tentamos aconselhar e até dissuadir os jovens, dizendo-lhes que é uma área muito difícil. Dizemos-lhes para estudarem antes teoria quântica de campo, que é algo que de facto lhes permite fazerem outras coisas.

WOIT – Penso que é verdade que ambos os assuntos, a teoria quântica de campo e a teoria de cordas, são extremamente difíceis e exigem que se lhes dedique muito, muito tempo. Exigem experiência e competência. Surge pois aos jovens aquela questão terrível de como se vai ocupar bem o tempo. Há milhares de artigos de teoria de cordas que provavelmente se deveria ler, e há toda a teoria quântica de campo que era preciso saber. E os jovens cabam por aprender especificamente uma coisa apenas.

AG – O que os jovens querem é um bom desafio intelectual. As pessoas que se queixam da teoria de cordas não oferecem nenhuma alternativa estimulante. Não creio que a teoria de cordas esteja a roubar estes cérebros. Não é assim que as coisas funcionam, são os jovens que escolhem...

WOIT – Se uma pessoa quiser fazer investigação nalgum assunto, tem de ter pelo menos uma certa visão conjectural. O que eu não vejo agora são indícios de que esta ideia vá conseguir fazer previsões reais. Claro que podem continuar a dizer “não a compreendemos, vamos continuar a estudá-la porque não a compreendemos”. Mas eu penso que as pessoas deviam ter muito mais consciência do que está a funcionar e do que não está. Deviam estar muito mais preocupadas por se estar há tanto tempo nesta situação, e deviam também estar a pensar no que se poderá fazer e incentivar as pessoas a pensarem noutras ideias.

FM – Não seria melhor que alguém tivesse uma ideia mais simples? Por exemplo, se pensarmos no artigo de Randall e Sundrum, “An alternative to compactification”, que foi publicado há uns anos...

AG – Essa ideia deve-se a Horava e Witten. E teve, sim, um grande efeito mediático. Estou farto de tanta intervenção dos meios de comunicação. Mas a grande ideia foi descoberta por Witten num dos seus artigos em 1992 ou 1993: nas compactificações de Kaluza-Klein não podem existir fermiões quirais.

Luis Alvarez-Gaumé é doutorado em física teórica pela Universidade do Estado de Nova Iorque em Stony Brook. É membro permanente do Laboratório Europeu de Física de Partículas (CERN), onde é director da Divisão de Física Teórica.

Dieter Lüst é doutorado em física pela Universidade de Munique. É professor catedrático de física matemática na Universidade Ludwig-Maximilians e director do Instituto Max Planck em Munique. É coordenador da Rede Europeia de Ensino e Investigação “Constituintes, Forças Fundamentais e Simetrias do Universo”.

Peter Woit é doutorado em física teórica de altas energias pela Universidade de Princeton. É leitor de Matemática na Universidade de Columbia. É autor do blogue de crítica à teoria de supercordas <http://www.math.columbia.edu/~woit/wordpress> Not Even Wrong, publicado em livro em 2006.

Gott bläst das Univers

Der britische Star-Physiker Stephen Hawking sprach im ausverkauften Herkulesaal

Während Musiker geföhrt zu werden, hat der Physiker Stephen Hawking, der in seiner Krankheit schwersten, die in seiner Sprache nicht eine Sprache erlangt haben? – Ein kaltes, stark bleich, sein Phän. Der britische Physiker Stephen Hawking, 5. März, über die Jahre der Zeit, immer geföhrt die Welt, insbesondere Wissenschaftler, auf die sein Buch „Das Ende der Welt“ in der „New Yorker“ in München vor – sein eigenes Axiom in Deutschland.

Hawking sprach gestern in der Herkulesaal, im ausverkauften Saal der Universität Göttingen. Da wird ein Video Hawking im Oktober 2002 veröffentlicht, und Hawking über seine Krankheit und seine Lebenserwartung, einschließlich der Zeit, die er noch leben wird. Er sprach über die Bedeutung der Physik und über die Bedeutung der Wissenschaften für die Menschheit.



Einige der Themen, die er in seinem Buch „Das Ende der Welt“ behandelt, sind die Bedeutung der Physik und die Bedeutung der Wissenschaften für die Menschheit.

Hawking sprach über die Bedeutung der Physik und die Bedeutung der Wissenschaften für die Menschheit. Er sprach über die Bedeutung der Physik und die Bedeutung der Wissenschaften für die Menschheit.

Es ist nicht mehr ein ungelöstes Rätsel, sondern es ist eine Frage der Zeit, bis wir es lösen können. Die Wissenschaften sind in der Lage, die Welt zu verstehen und die Fragen zu beantworten, die wir uns stellen. Die Wissenschaften sind in der Lage, die Welt zu verstehen und die Fragen zu beantworten, die wir uns stellen.

Geist und Körper

Hier ist die Antwort auf die Frage, ob der Geist ein Produkt der Gehirnaktivität ist oder ob er etwas anderes ist. Die Wissenschaften sind in der Lage, die Welt zu verstehen und die Fragen zu beantworten, die wir uns stellen.

Das Buch ist ein Meisterwerk der Wissenschaften. Es ist ein Meisterwerk der Wissenschaften. Es ist ein Meisterwerk der Wissenschaften. Es ist ein Meisterwerk der Wissenschaften. Es ist ein Meisterwerk der Wissenschaften.

Os Media e a Física Fundamental

Filipe Moura

PRETENDEMOS, SEM SER EXAUSTIVOS, REFLECTIR SOBRE A COBERTURA POR PARTE DOS MEDIA DE ALGUMAS NOTÍCIAS RELATIVAS À FÍSICA FUNDAMENTAL.

Tomemos como exemplo o badalado reconhecimento, por parte do conhecido astrofísico Stephen Hawking, da sua derrota na

famosa aposta (de uma enciclopédia de basebol) com John Preskill sobre a conservação da informação após a evaporação de um buraco negro, no verão de 2004. Na extinta *Grande Reportagem*, em conjunto com a notícia foi apresentado um resumo biográfico de Hawking, com as principais datas da sua vida. Desse resumo constavam as datas relativas à sua doença, a publicação do seu livro, a aposta com Preskill. Nem uma só palavra sobre os seus enormes sucessos científicos! Nada era dito sobre o que tornou Hawking reconhecido pelos seus pares e que lhe dará um lugar na História da Ciência, que não tem nada a ver com a sua doença ou os seus livros – os teoremas

de singularidades, com Roger Penrose, e a radiação dos buracos negros! Os aspectos científicos eram o menos importante nesta biografia do cientista.

Um exemplo mais recente é o da publicidade nunca vista acerca da publicação de um preprint (artigo disponível na internet, sem arbitragem científica) por parte de Garrett Lisi, em Novembro de 2007, com o sugestivo título *Uma Teoria de Tudo Excepcionalmente Simples*. Note-se que não pretendemos contestar o valor de Lisi enquanto cientista; independentemente do destino que a História reservar à sua proposta, ninguém põe em causa o seu mérito ao apresentá-la. Tão-pouco pretendemos julgar cientificamente e de uma forma definitiva a sua proposta; uma vez mais, só a História o fará.

Mas do que não restam dúvidas é que, como esta proposta, há muitas outras mais, só que nenhuma mereceu tal atenção da comunicação social. A proposta de Lisi teve grande destaque nos principais jornais de referência mundiais, sendo inclusive a capa de uma prestigiada revista francesa de divulgação científica, *Science et Vie*, que lhe dedicou um dossiê especial. Apesar de toda essa publicidade, mais de oito meses passaram e o artigo ainda não foi aceite por nenhuma revista da especialidade. Nestes oito meses o artigo conta somente com seis citações (há artigos que atingem tal marca em menos de uma semana, e sem publicidade nenhuma na comunicação social). A única dessas citações que corresponde a um artigo efectivamente publicado tem como co-autor o consagrado Sergio Ferrara, um dos inventores da supergravidade, premiado com a medalha Dirac em 1993, e refere-se ao modelo de Lisi só para o qualificar como “sem futuro”.

Como explicar a atracção da comunicação social por um trabalho que, até agora, e segundo os usuais critérios científicos, se revelou tão pouco relevante?

Uma explicação reside no facto de Lisi ser um físico fora da universidade; vive num lago no estado americano do Nevada, totalmente isolado do mundo académico e dedicando grande parte do seu tempo aos desportos radicais. Tem um perfil bem diferente do cientista tradicional, tal como Gregory Perelman, o matemático que resolveu a conjectura de Poincaré (um resultado também disponível na internet e nunca publicado em nenhum jornal). Só que o trabalho de Perelman, premiado com a medalha Fields em 2006, é reconhecido unanimemente por toda a comunidade científica, o que está muito longe de acontecer com o trabalho de Lisi. Talvez algum

público tenha visto em Lisi um novo Perelman, mas cremos que o principal motivo de interesse jornalístico não é esse.

O principal motivo, a nosso ver, é o mesmo que justifica que a perda da aposta por Hawking tenha mais interesse que os seus enormes sucessos científicos: na Física fundamental, essa ciência ingrata, a razão para a notícia é sempre o fracasso de algo. A principal novidade, para o leigo, da Teoria da Relatividade, mais do que o trabalho de Einstein, era o fracasso da mecânica de Newton. No caso de Hawking, o fracasso seria mais o seu, o de um cientista que já teve muitos sucessos que não foram notícia, ao perder a aposta (se a tivesse ganho, o fracasso seria muito maior: seria o da mecânica quântica!).

No caso de Lisi, o sucesso da sua teoria seria o fracasso das outras tentativas de quantizar a gravidade, nomeadamente (e principalmente) a mais mediática: a Teoria de Supercordas. Mas estas teorias estão longe de poderem ser vistas como acabadas ou definitivas; no entanto, frequentemente são apresentadas como as “teorias de tudo” ou as “teorias finais” em livros de divulgação. São por isso vítimas do seu próprio mediatismo, tornando-se um “alvo a abater”. Só que se as teorias de cordas não são comparáveis à mecânica newtoniana, muito menos o modelo de Lisi é comparável à relatividade. É muito positiva e desejável a atenção do grande público à Física fundamental, mas a discussão tem que ser mais séria. E não ter como principal objectivo vender de imediato livros ou jornais.

MUSEU DA ELECTRICIDADE
Experiências + Música
11 de Junho a 26 de Setembro 2008

olimpíadas da física
7 e 8 de Junho de 2008



100
museu da electricidade

Manuel Botelho
CONFIDENCIAL/DESOLUCIONADO
ração de combate

exposição
24 abril a 22 junho



Os grandes lasers vêm aí!

Não perca no
próximo número.