

Nanotecnologia
realidade, desafio e oportunidade

Espirais e hélices na celulose

**Laboratório Ibérico Internacional de
Nanotecnologia**

Índice

artigo geral

- 2 **Espirais e hélices**
do polímero mais
abundante da natureza

M.H. Godinho
J.P. Canejo
P. Brogueira
P.I.C. Teixeira

artigo geral

- 7 **Nanotecnologia:**
realidade, desafio e
oportunidade

Senentxu Lanceros-Mendez

física e sociedade

- 9 **Os paradogmas
da Ciência**

Teresa Sá e Melo

inovação

- 17 **Laboratório Ibérico**
Internacional de Nanotecnologia

Sérgio Figueiras Gómez

crónica: pensamentos quânticos

- 19 **O novo sucessor**
de Newton

Jim Al-Khalili

crónica: física divertida

- 20 **O culto da Carga**

Carlos Fiolhais

- 21 **Notícias**

Paulo Marques
João Nuno Torres
Leonel Alegre
Augusto Barroso
Luísa Carvalho
Teresa Peña
Gonçalo Figueira

vamos experimentar

- 32 **De XXS a XXL**
a física das escalas
de vida

Gonçalo Figueira

sala de professores

- 36 **Viagem a** São Tomé

Jorge Dias de Deus
Pedro Brogueira

livros

- 40 **Divulgação científica:**
os melhores livros do ano

Gonçalo Figueira

onda e corpúsculo

- 42 **A propósito da Cimeira
de** Copenhaga

Augusto Barroso

Este é o número da Gazeta de Física de algum balanço de 2009, e das tradicionais esperanças para 2010.

Em Julho de 2009 o INL – Laboratório Internacional Ibérico de *Nanotecnologia*, foi formalmente inaugurado. Trata-se de uma projecto a grande escala, *remake* do projecto *Manhattan* de Los Alamos, focado para a investigação das pequenas escalas, as nanoescalas. A primeira pedra (um padrão simbólico como nos Descobrimientos foi a escolha do governo) não foi colocada no deserto do Novo México. Mas em Braga, a cidade que assim vai fazer conseguir ver ainda mais alto (ou mais baixo?) que as escadinhas do Bom Jesus. A estreia foi mediaticamente um mega-evento, com a presença dos primeiros-ministros, Presidente da República e Rei de Espanha. O nano entrou no léxico colorido do programa da TV pública, o inesquecível Gato Fedorento. E o recrutamento de jovens vai começar, numa verdadeira caça internacional ao potencial científico humano.

A Gazeta foi saber da nano-história desta instituição emergente e dos mega-resultados esperados. Como é que a nanotecnologia vai continuar a mudar a nossa visão do mundo e a nossa vida? Senentxu Lanceros-Mendez e Sérgio Figueira Gómez estabelecem nos seus artigos os grandes desafios e planos. Os nomes dos autores mostram bem como a prometida colaboração ibérica já está implantada.

Pode a física manter-se inalterada numa mudança de escala? Há respostas no artigo de Helena Godinho, João Canejo, Pedro Brogueira, Paulo Ivo Teixeira. Com base em observações de microscopia electrónica e de força atómica, concluem que o tamanho não importa. Isto é, a escala dos milímetros das gavinhas, que vemos a olho nu, reproduz o padrão da escala do micrómetro das fibras da celulose, tornadas visíveis pelo microscópio de força atómica. É uma velha ideia da ficção científica, como nos conta Gonçalo Figueira no seu artigo do

Vamos experimentar, revestida num resultado da investigação científica.

A fechar uma década de acelerada volatilidade nas comunicações, o prémio Nobel da Física foi dado a trabalhos sobre fibras ópticas e CCD's. Talvez assim o mundo não esqueça a ciência de base, a Física, por detrás de tecnologias de nosso dia-a-dia. E no ano em que dados da *Eurostat "She Figures"* mostram como é violado o princípio da igualdade de oportunidades a lugares de topo na academia e na ciência, registámos as palavras de Ada Yonath, prémio Nobel da Química de 2009, ano em que se atingiu o *record* de cinco mulheres nobelizadas: "a população está a perder metade do poder cerebral, ao não encorajar mulheres a dedicarem-se às ciências". E recordar Lídia Salgueiro, que 2009 levou, uma física pioneira em Portugal há sessenta anos e a primeira editora da Gazeta é inevitável neste número. As mentalidades já são outras? Basta aguardar os resultados da frequência feminina nas universidades de hoje?

Dizia Voltaire que se a ideia de Deus não existisse teria de ser inventada. O mesmo se pode dizer da matéria escura, inventada pelo físico Fritz Zwicky em 1934, para explicar as velocidades observadas das galáxias e salvar a teoria da gravitação de Einstein. O ano de 2009 fechou com duas notícias promissoras. De um lado, a colaboração CDMS pode ter obtido um sinal de matéria escura, numa experiência no laboratório subterrâneo montado numa mina do Minnesota. Ainda é cedo para dizer se o sinal obtido é estatisticamente significativo. Mas mesmo assim foi uma boa notícia. Por outro lado, no LHC no CERN, depois de uma paragem forçada de um ano para controlo de uma avaria, o túnel voltou a iluminar-se, e os feixes de protões atingiram energia suficiente para que no novo ano a matéria escura possa ser criada no laboratório, tal como no Universo. Será mais um mistério a desaparecer? Que outro virá a seguir? A Física não acaba.

Por fim, em 2009, a cimeira de Copenhaga foi uma desilusão, como antecipou Augusto Barroso na secção Onda e Corpúsculo. Melhores tempos e menos temporais para 2010?

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)
Adelino Paiva (Assistente Editorial)
Ana Sampaio (Tradutora)

Secretariado

Maria José Couceiro
mjose@spf.pt

Colunistas e Colaboradores regulares

Jim Al-Khalili
Carlos Fiolhais
Constança Providência
Ana Simões

Colaboraram também neste número

Pedro Brogueira, Augusto Barroso, João Paulo Canejo, Luísa Carvalho, Jorge Dias de Deus, Maria Helena Godinho, Sérgio Figueiras Gómez, Paulo Marques, Teresa Sá e Melo, Senentxu Lanceros-Mendez, Paulo Ivo Teixeira, João Nuno Torres, Leonel Alegre

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.

Espirais e hélices

do polímero mais abundante da natureza

M.H. Godinho¹
J.P. Canejo¹
P. Brogueira²
P.I.C. Teixeira^{3,4}

- 1 Departamento de Ciência dos Materiais e I3N/CENIMAT
Faculdade de Ciências e Tecnologia, FCT, Universidade Nova de Lisboa,
2829-516 Caparica
- 2 Departamento de Física e ICEMS
Instituto Superior Técnico Avenida Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa
- 3 Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
Rua Conselheiro Emídio Navarro 1, 1950-062 Lisboa
- 4 Centro de Física Teórica e Computacional da Universidade de Lisboa
Avenida Professor Gama Pinto 2, 1649-003 Lisboa

Neste artigo, medições realizadas com microscopia electrónica e de força atómica mostram que as fibras celulósicas à escala do micrómetro reproduzem a morfologia das gavinhas, à escala dos milímetros, numa planta. É uma comprovação da invariância da escala do modelo físico. (N.E.)

A celulose é o polímero renovável mais abundante do mundo. É o principal constituinte das paredes celulares das plantas, as quais constituem a sua principal fonte.

No algodão pode ser encontrada numa forma quase pura, enquanto na madeira encontramos celulose nativa num material compósito com lenhina e outros polissacarídeos. A celulose pode ainda ser produzida por bactérias, algas e fungos. Este último tipo de celulose organiza-se numa estrutura supramolecular específica que tem vindo a ser estudada permitindo a obtenção de novos biomateriais. Mais recentemente, em 2001, a síntese da celulose foi realizada *in vitro* a partir de uma reacção de polimerização [1].

Foi em 1838 que Anselme Payen [2] descreveu, pela primeira vez, a extracção de uma fibra sólida resistente a partir de tecidos de plantas. Determinou a sua fórmula molecular – $C_6H_{10}O_5$ – e estudou o seu isomerismo, considerando a estrutura do amido. O termo celulose foi introduzido em 1839 [3]. Em 1920, Hermann Staudinger concluiu que a estrutura da celulose não correspondia à agregação de moléculas de D-glucose, mas que estas deveriam estar ligadas por nós covalentes. Ficou, assim, estabelecido que a celulose é um polímero [4]. Na Fig. 1 apresentamos a estrutura molecular da cadeia celulósica, na qual n é o número de unidades androglicose (AGU). O valor de n depende da matéria-pri-

ma e do processo químico de extracção. No caso da pasta da madeira, n varia entre 300 e 1700, para o algodão e outras fibras obtidas a partir de plantas, assim como para a celulose bacteriana, n varia entre 800 e 10000. A degradação parcial da cadeia celulósica origina pós de celulose microcristalina, que podemos encontrar, por exemplo, em amostras Avicel, com n entre 150 e 300.

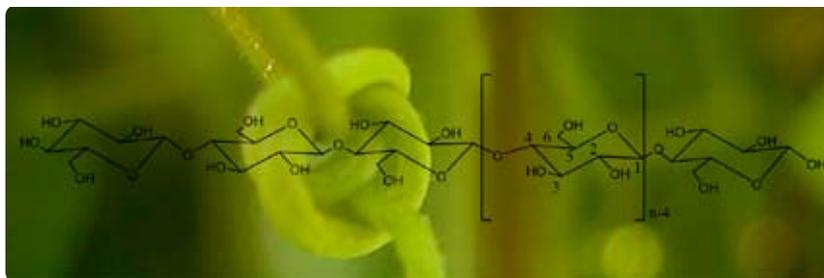


Fig. 1 - Representação esquemática da estrutura molecular da celulose. A escala refere-se à foto das gavinhas que serve de fundo à figura.

O encanto que o biopolímero celulose provoca resulta da sua estrutura, a qual combina a química dos carboidratos com a química dos polímeros. O grande número de reacções químicas em que a ce-

lulose pode participar deve-se à presença de grupos doadores hidroxilo nas unidades AGU. Ao contrário dos carboidratos de baixa massa molecular, as reacções e propriedades da celulose são determinadas pelas interacções intermoleculares, reticulação, comprimento das cadeias, grau de polidispersão e distribuição de grupos funcionais na unidade repetitiva. A celulose difere dos polímeros sintéticos devido à sua polifuncionalidade, à sua semi flexibilidade e reactividade em relação à hidrólise, oxidação e formação de grupos acetato, que determinam a sua química e aplicações. Actualmente, para além da indústria do papel, que é a que mais consome celulose (aproximadamente 2% da sua produção total), esta também é utilizada na produção de fibras e filmes, assim como na síntese de derivados celulósicos [5].

Muitos compostos orgânicos podem formar fases líquidas cristalinas ou mesofases, nas quais as moléculas, que tipicamente têm forma alongada, apresentam uma orientação preferencial. Em compostos como a celulose, os polipeptídeos, e o ADN, essa direcção preferencial de alinhamento não é espacialmente uniforme: varia de ponto para ponto, descrevendo uma hélice. A modulação periódica do índice de refração que daí resulta está na origem das muitas propriedades ópticas notáveis deste tipo de materiais. Estas propriedades possibilitam a sua aplicação como fontes de luz polarizada, em sistemas de informação e fotocopiadoras, e no fabrico de materiais decorativos.

Flory previu pela primeira vez, em 1956, que uma solução celulósica de concentração suficientemente elevada deveria ter propriedades líquido-cristalinas [6]. Flory relacionou a concentração crítica ϕ_2^* , acima qual se entra no domínio mesomorfo, com o comprimento de Kuhn, k , e com o diâmetro hidrodinâmico, d , da cadeia celulósica, através da expressão

$$\phi_2^* \approx \left(\frac{8}{x}\right) \left(1 - \frac{2}{x}\right),$$

em que o valor de x vem dado por $x = k/d = 2q/d$, representando q o comprimento de persistência da cadeia celulósica em solução. Alguns ésteres celulósicos podem mesmo apresentar comportamento termotrópico – carácter líquido cristalino induzido por variação da temperatura, na ausência de solvente – o que parece indicar que a presença de longas cadeias laterais flexíveis enxertadas na cadeia celulósica pode actuar como um solvente ou um plastificante interno do polímero, facilitando a sua mobilidade. A primeira solução mesomorfa de celulose microcristalina foi obtida pouco depois, em 1959, e em 1976 foi publicado o primeiro trabalho referindo a preparação de uma fase líquida cristalina a partir de um éter celulósico em solução aquosa

[7]. Desde então que se encontram na literatura referências a variados sistemas líquidos cristalinos termotrópicos e liotrópicos celulósicos.

O estudo das propriedades reológicas das fases líquidas cristalinas destes sistemas tem despertado muito interesse. O comportamento reológico observado ainda levanta muitas questões, como sejam a origem do aparecimento de tensões normais negativas para determinadas taxas de cisalhamento, assim com a existência de defeitos periódicos que aparecem sob a forma de bandas durante e após paragem do cisalhamento.

A partir das fases líquidas cristalinas celulósicas podem ser obtidas fibras e filmes. A topografia da superfície dos filmes pode ser moldada fazendo variar os parâmetros de fabrico [8] (ver Fig. 2).

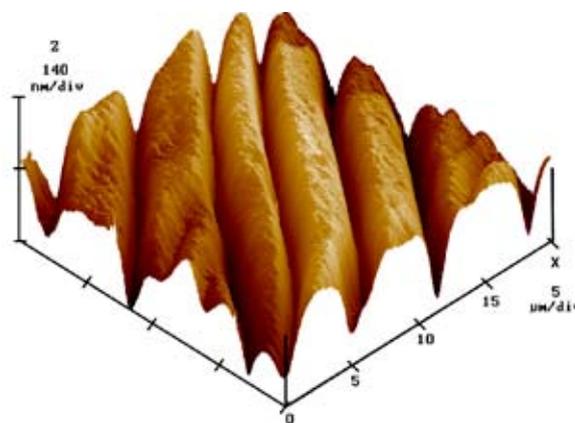


Fig. 2 - Imagem AFM da topografia 3D (20×20 µm) da superfície livre de um filme sólido de um material celulósico obtido a partir de uma solução líquida cristalina.

As fibras podem ser obtidas por diferentes técnicas e verificou-se que as que são produzidas a partir da fase líquida cristalina podem apresentar uma torção helicoidal espontânea. Observou-se que, à medida que o diâmetro das fibras aumenta, o passo também aumenta, e que as hélices, como regra, não rodam todas no mesmo sentido. Estas características foram estudadas por microscopia de força atómica (AFM), tendo-se verificado que a razão entre o valor do passo e o diâmetro é aproximadamente constante, variando entre quatro e seis [9].

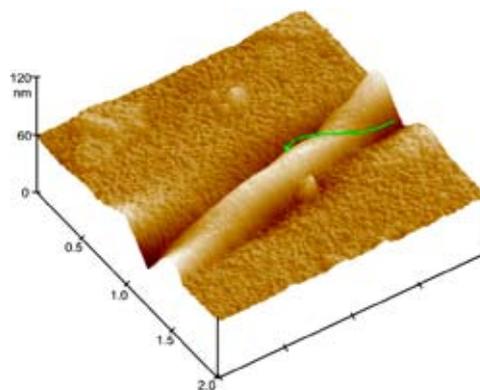


Fig. 3 - Imagem 3D (AFM) de uma fibra celulósica que apresenta torção helicoidal.

A morfologia helicoidal encontrada é semelhante à que pode, por exemplo, ser observada em fibrilhas naturais extraídas de algumas algas e em filamentos do algodão. As fibras podem ser colectadas de modo a formar membranas não tecidas, com distribuições das direcções médias das fibras aleatórias ou orientadas. Quando as fibras são fabricadas de modo a ficarem suspensas sob tensão, entre dois suportes, observa-se a formação de hélices ou de espirais quando a tensão é removida. As fibras que estão suportadas por ambas as extremidades originam hélices, e as suportadas apenas por uma das extremidades dão espirais. As fibras em forma de hélice, por vezes, apresentam duas porções helicoidais, uma esquerda e outra direita, separadas por um segmento recto. Outras estruturas mais complicadas foram também observadas. As formas obtidas parecem imitar os enrolamentos típicos das gavinhas das plantas trepadeiras. Estes órgãos presentes nas plantas são estruturas filiformes que têm como função agarrar ramos, galhos, folhas, ou qualquer outro objecto que sirva de apoio para o seu crescimento. As Figs. 4 a 6 ilustram o facto de as formas das fibras celulósicas, à escala dos micrómetros, reproduzirem a morfologia apresentada pelas gavinhas da *Passiflora edulis* (maracujá), à escala dos milímetros.

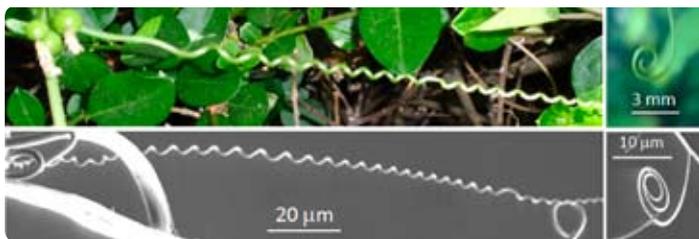


Fig. 4 - As fotos superiores são de gavinhas da *Passiflora edulis* e as imagens inferiores foram obtidas por microscopia electrónica de varrimento (SEM) a partir de sistemas celulósicos.

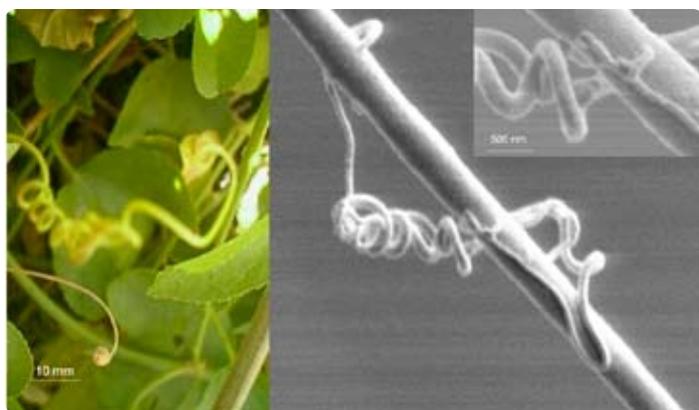


Fig. 5 - Foto da esquerda, estrutura complexa de gavinhas da *Passiflora edulis*. Do lado direito mostram-se fotos (SEM) de fibras obtidas a partir de sistemas líquidos cristalinos celulósicos (a figura no canto superior direito representa um detalhe da estrutura com maior ampliação).

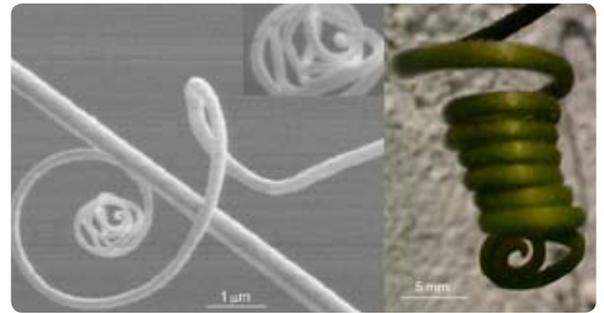


Fig. 6 - Espirais em fibras celulósicas (esquerda) e na *Passiflora edulis* (direita).

Embora os mecanismos moleculares e as ordens de grandeza sejam distintos nos dois sistemas, pareceu-nos ser possível descrevê-los utilizando o mesmo modelo físico [10]. Qualitativamente, a inversão do sentido da rotação de uma hélice pode ser compreendida com base na lei da conservação topológica conhecida como teorema de Calugareanu: $Lk = Wr + Tw$, em que o número Lk é metade do número de vezes que a fita ou corda se cruza com ela própria e a torção Tw é o número de vezes que a fita ou corda roda em torno do seu próprio eixo. Por ser um pouco mais difícil dar uma noção intuitiva do termo Wr limitamo-nos a dizer que é igual à diferença entre Lk e Tw . Destas três grandezas apenas Lk é um invariante topológico. Numa fita ou tubo em que as extremidades estejam fixas tem-se $Lk = 0$. As gavinhas da *Passiflora edulis* possuem curvatura intrínseca, logo as pontas que estão soltas enroscam-se e tomam a forma de uma espiral; quando encontram um objecto que as pode suportar, enrolam-se à sua volta. Como $Lk = 0$ deve ser conservado, a gavinha deve enrolar-se metade para a direita e metade para a esquerda, encontrando-se as duas partes separadas por um segmento recto (denominado “perversão”). Parece ser isto o que se observa no caso das fibras celulósicas, considerando que inicialmente possuíam uma curvatura intrínseca.

Se supusermos que as gavinhas se comportam como varas elásticas com uma dada curvatura e torção intrínsecas, podemos aplicar o modelo proposto por Goriely em 1998 [11]. Como os pressupostos deste modelo parecem também verificar-se nas fibras celulósicas, parece que o mecanismo que leva à torção e enrolamento das fibras é o mesmo que governa o das gavinhas das plantas trepadeiras: ambos os sistemas possuem curvatura intrínseca não nula e, se forem mantidos sob tensão, acumulam energia elástica; quando a tensão desce abaixo de um dado valor crítico, a configuração distendida torna-se instável e enrola, libertando parte da energia acumulada.

Para ilustrar melhor o que o modelo proposto por Goriely e Tabor prediz e o que, ao longo dos sécu-

los, as gavinhas da *Passiflora edulis* têm feito sem se preocuparem com a lei da conservação topológica ou com o princípio da minimização de energia, consideremos uma fita de plástico colorida utilizada, por exemplo, para embrulhar prendas de anos ou de Natal. Estas fitas têm habitualmente uma pequena curvatura intrínseca, a qual pode ser aumentada passando a fita sob pressão entre o nosso dedo e a borda de uma tesoura ou faca: a curvatura intrínseca aumenta e a fita fica muito enrolada. Se a esticarmos, tendo o cuidado de primeiro a desenrolar, removendo todas as torções, obtemos uma fita plana, sob tensão entre os nossos dedos. Neste estado, a fita acumula uma elevada energia elástica. Se então aproximamos as pontas da fita devagar, de modo a deixar que esta se enrole, observaremos que a sua conformação sofre uma transição caracterizada pelo aparecimento de duas hélices que enrolam em sentidos opostos. A origem da curvatura intrínseca das fibras celulósicas poderá porventura ser atribuída à estrutura não homogénea da sua secção recta, mas esta questão está ainda a ser investigada.

O modelo quantitativo proposto por Goriely e Tabor permite calcular: a tensão crítica ϕ_c , para a qual ocorre a transição entre conformações, em função do comprimento da fibra L , da sua curvatura intrínseca K , do coeficiente de Poisson do material, σ , e da tensão ϕ^2 a que a fibra está sujeita considerando o número de voltas T_w que uma das hélices formadas possui. A equação que relaciona estes parâmetros, considerando que o sistema possui torção inicial da hélice, T , é dada por

$$T_w^2 = \pi^2 L^2 (k_F^2 + \tau_F^2)$$

em que

$$\tau_F = \frac{\Gamma k_F T + \sqrt{(\Gamma k_F T)^2 + 4[K + k_F(\Gamma - 1)k_F \phi^2]}}{2[K + k_F(\Gamma - 1)]}$$

e $k_F = R/(R^2 + P^2)$ é a curvatura de Frenet e a torção da hélice de raio R e passo P . Como também se tem $\tau_F = P/(R^2 + P^2)$, a torção da mesma hélice, os valores de T_w , L , R e P , assim como k_F e τ_F , podem ser calculados a partir das imagens das fibras obtidas por microscopia electrónica de varrimento; K pode ser aproximado pelo inverso do raio de uma volta circular formada por uma fibra com o mesmo diâmetro da hélice (ver Fig. 7); T foi calculado a partir do diâmetro da fibra, considerando os resultados obtidos para a variação do passo com o diâmetro da fibra. A partir do coeficiente de Poisson para o derivado celulósico utilizado podemos calcular o valor de $\Gamma = 1/(1 + \sigma)$, e chegar ao valor da tensão a que a fibra se encontra sujeita. Os valores calculados e medidos para T_w são da mesma ordem

de grandeza, o que parece indicar que a teoria aplicada às gavinhas também pode ser aplicada às fibras celulósicas, partindo do pressuposto que estas são elásticas e possuem curvatura intrínseca.

Entre as aplicações possíveis deste tipo de material contam-se nanoactuadores, andaimes inteligentes para engenharia de tecidos, libertação controlada de fármacos, aprisionamento e preservação de partículas coloidais, células ou reagentes químicos.

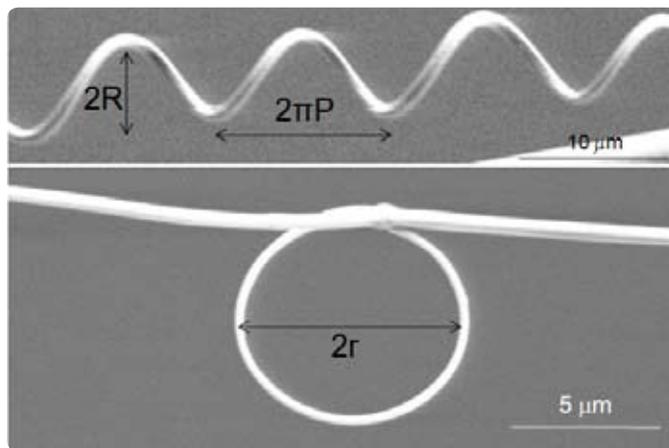


Fig. 7 - Ilustração de como os valores da curvatura intrínseca, $K = 1/r$ e os valores de $k_F = R/(R^2 + P^2)$ e de $\tau_F = P/(R^2 + P^2)$, curvatura de Frenet e a torção da hélice, podem ser determinados a partir de fotos de SEM de fibras, com os mesmos diâmetros, que apresentem hélices e espirais.

AGRADECIMENTOS:

Os autores agradecem a Peter Palffy-Muhoray as discussões e incentivos. A maior parcela do apoio financeiro externo às Instituições tem vindo da Fundação para a Ciência e Tecnologia e do Tratado de Windsor e Fundação Luso Americana para o Desenvolvimento (FLAD).



MARIA HELENA GODINHO

é Professora Auxiliar com Agregação na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, investigadora e coordenadora actual do Grupo de Materiais Poliméricos e Mesomorfos do CENIMAT que integra o Laboratório Associado I3N. A sua actividade científica centra-se em aspectos relacionados com o comportamento molecular, mesoscópico (escala micro e nano) e macroscópico de materiais moles e fluidos complexos, nomeadamente, materiais celulósicos e elastómeros líquido-cristalinos.

JOÃO PAULO CANEJO

é aluno de Doutoramento, Bolseiro da Fundação para a Ciência e Tecnologia, na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Tem Mestrado e Licenciatura em Ciência dos Materiais. Tem utilizado técnicas como o *electrospinning*, imagem obtida por ressonância magnética nuclear e técnicas microscópicas (p. ex. AFM, SEM, POM) para a obtenção e caracterização de fibras e filmes celulósicos líquido-cristalinos.



PEDRO BROGUEIRA

é professor auxiliar de Física do Instituto Superior Técnico. Com Doutoramento e Agregação em Engenharia Física Tecnológica nas áreas de Física de Estado Sólido, Microelectrónica e Microscopia de Força Atómica, colabora também em experiências de raios cósmicos e do espaço. É co-autor de livros de Física, vídeos de divulgação, exposições de ciência e ainda do referencial de competências para o ensino secundário.

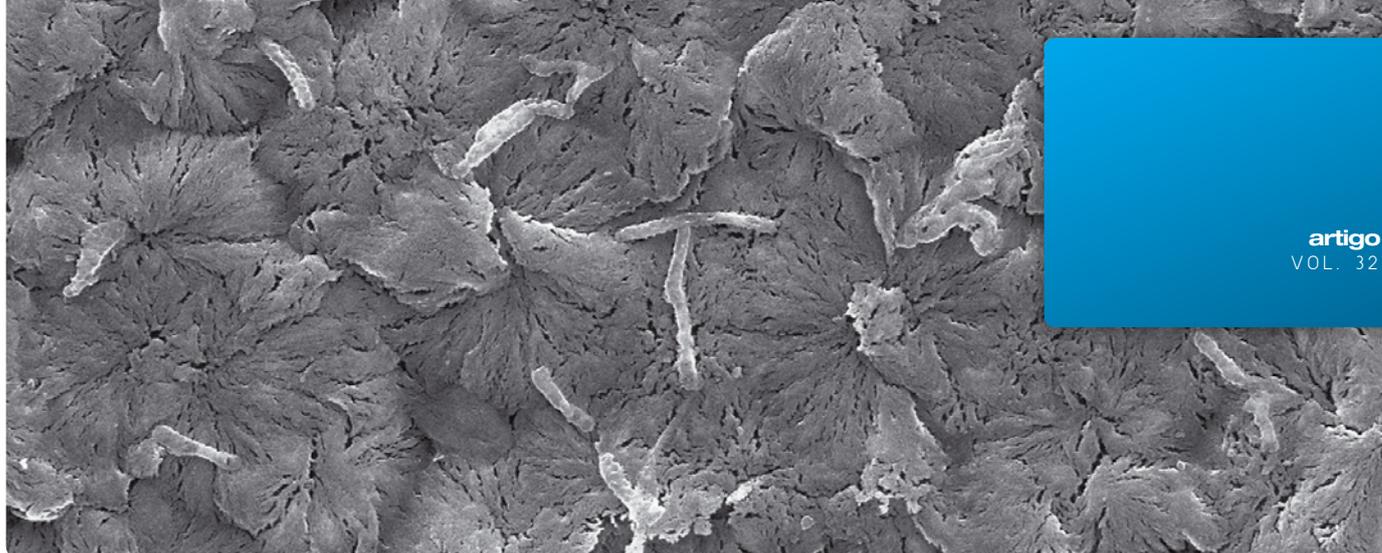
PAULO TEIXEIRA

é Professor Adjunto com Agregação no Instituto Superior de Engenharia de Lisboa e investigador do Centro de Física Teórica e Computacional da Universidade de Lisboa. Faz teoria e modelação de vários sistemas do âmbito da matéria condensada mole (cristais líquidos, espumas, polímeros, elastómeros e colóides). É um dos primeiros *Outstanding Referees* da Sociedade Americana de Física (2008).



Referências

1. F. Nakatsubo, H. Kamitakahara, M. Hori, "Cationic ring-opening polymerization of 3,6-di-O-benzyl-alpha-D-glucose 1,2,4-orthopivalate and the first chemical synthesis of cellulose" *Journal of the American Chemical Society* 118, 1677 (1996).
2. A. Payen, "Mémoire sur la composition du tissu propre des plantes et du ligneux", *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences* 7, 1052 (1838).
3. A. Brongniart, A.B. Pelouze, R. Dumas, "Rapport sur un Mémoire de M. Payen, relatif à la composition de la matière ligneuse", *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences* 55, 51 (1839).
4. H. Staudinger, "Über Polymerisation", *Ber. Deut. Chem. Ges.* 53, 1073 (1920).
5. D. Klemm, B. Heublein, H.-P. Fink, A. Bohn, "Cellulose: Fascinating biopolymer and sustainable raw material", *Angewandte Chemie-International Edition* 44, 3359 (2005).
6. P.J. Flory, "Phase equilibria in solutions of rod-like particles", *Proceedings of the Royal Society of London Series A-Mathematical and Physical Sciences* 234, 1198 (1956).
7. R.S. Werbowyj, D.G. Gray, "Liquid-crystalline structure in aqueous hydroxypropyl cellulose solutions", *Molecular Crystals and Liquid Crystals* 34(4), 97 (1976).
8. M.H. Godinho, J.G. Fonseca, A.C. Ribeiro, L.V. Melo, P. Brogueira, "Atomic force microscopy study of hydroxypropylcellulose films prepared from liquid crystalline aqueous solutions", *Macromolecules* 35(15), 5932 (2002).
9. J.P. Canejo, J.P. Borges, M.H. Godinho, P. Brogueira, P.I.C. Teixeira, E.M. Terentjev, "Helical twisting of electrospun liquid crystalline cellulose micro- and nanofibers", *Advanced Materials* 20(24), 4821 (2008).
10. M.H. Godinho, J.P. Canejo, L.F.V. Pinto, J.P. Borges, P.I.C. Teixeira, "How to mimic the shapes of plant tendrils on the nano and microscale: spirals and helices of electrospun liquid crystalline cellulose derivatives", *Soft Matter* 5, 2772 (2009).
11. A. Goriely, M. Tabor, "Spontaneous helix hand reversal and tendril perversion in climbing plants", *Physical Review Letters* 80(7), 1564 (1998).



Micrografia de microscópio electrónico de alta resolução, mostrando a textura de cristais autolimpantes de dióxido de titânio (TiO₂) depositados sobre um polímero electroactivo (poli(fluoreto de vinilideno), PVDF). (Imagem cortesia de C. Tavares, CFUM).

Nanotecnologia: realidade, desafio e oportunidade

Senentxu Lanceros-Mendez

DESDE A FAMOSA CONFERÊNCIA JÁ CLÁSSICA PRONUNCIADA EM 1959, *THERE'S PLENTY OF ROOM AT THE BOTTOM* (HÁ MUITO ESPAÇO LÁ EM BAIXO), EM QUE RICHARD FEYNMAN NOS ABRIU AS MENTES AO CONCEITO E POSSIBILIDADES DA NANOTECNOLOGIA, MUITOS DESENVOLVIMENTOS TÊM AJUDADO A QUE, HOJE, A NOSSA CAPACIDADE DE MANIPULAR A MATÉRIA À ESCALA NANO SEJA UMA REALIDADE.

A nanotecnologia pode-se definir como o estudo, desenho, síntese, manipulação e aplicação de materiais, dispositivos e sistemas funcionais através do controlo da matéria à nanoescala – um nanómetro é a milionésima parte de um milímetro. As dimensões dos sistemas à escala nanométrica oscilam entre 1 e 100 nm.

Dois aspectos são especialmente atractivos na investigação em nanociência e nanotecnologia: por um lado, muitas das propriedades físicas, químicas ou biológicas são controladas a escalas dimensionais entre 1 e 100 nanómetros; por outro lado, aparecem áreas científicas interdisciplinares de grande impacto tanto científico com tecnológico.

A investigação e as aplicações da nanotecnologia podem-se resumir em quatro grandes áreas: produtos nanoestruturados e nanomateriais; nanoelectrónica, optoelectrónica e tecnologias da informação; aplicações *lab-on-a-chip* e micro-processos; nanomedicina e nanobiotecnologia.

A nanotecnologia está, de forma geral, na fase de melhorar e controlar os métodos necessários para a fabricação de nanoestruturas, mas o conhecimento científico começa a plasmar-se em algumas aplicações nas áreas da fotografia, revestimentos duros, auto-limpáveis, farmácia, cosmética, electrónica e sensores, entre outros. No entanto, será nos próximos cinco a dez anos que se espera que apareçam numerosos produtos a ser comercializados.

Devido a estes factores, uma parte significativa da comunidade científica em todo o mundo tem sido atraída para o trabalho em áreas relacionadas com a nanotecnologia. Grandes projectos estruturantes, financiamentos prioritários, criação de novos departamentos e infraestruturas têm acontecido nos países mais competitivos no âmbito científico e tecnológico mundial.

O maior e mais relevante investimento em Portugal nesta área foi a criação do Laboratório Internacional Ibérico de Nanotecnologia, com sede em Braga.

Existem muitos e bons exemplos de projectos de investigação em nanociências e nanotecnologia em Portugal, de excelente qualidade e competitivos a nível internacional. Relacionados com a criação do Laboratório Ibérico de Nanotecnologia foram aprovados dez projectos de investigação nesta área [1]. O Centro de Física da Universidade do Minho participa, junto com vários parceiros ibéricos, em quatro destes projectos que podem servir de exemplo do que em nanotecnologia se faz em Portugal e do contributo que estas investigações podem trazer à sociedade e à indústria [2].

IMPLANTES INTELIGENTES UTILIZANDO NANOBIOCÓMPÓSITOS

Nanocompósitos e materiais nanoestruturados podem ser utilizados para fornecer aos materiais novas funcionalidades e/ou controlar outras já existentes e, deste modo, exercer certas funções específicas para uma determinada aplicação. Em particular, nanocompósitos multifuncionais são produzi-

dos para serem utilizados como suportes celulares, sensores e actuadores para aplicações biomédicas. Neste sentido são desenvolvidos micro e nanocompósitos que promovam a compatibilização entre a interface de próteses e o tecido biológico, que possuam propriedades electroactivas, baseadas nos efeitos piezoeléctricos e piezorresistivos, de tal forma que possam detectar variações de forças/deformações e transformá-las em sinais eléctricos para a monitorização do estado e comportamento das próteses uma vez no interior no corpo humano. Finalmente, são desenvolvidos sistemas de actuadores que possam activar libertação controlada de fármacos, caso aconteçam problemas de incompatibilidade/rejeição e/ou falhas mecânicas.

DESENVOLVIMENTO DE NANOMATERIAIS FOTOCATALÍTICOS PARA CONTROLO DA POLUIÇÃO

Existem vários compostos orgânicos utilizados em aplicações tecnológicas com potenciais danos para a saúde. Estes materiais deverão receber atenção no que diz respeito ao controlo da qualidade do ar nos interiores e no tratamento de efluentes industriais. A fotocatalise é uma área de investigação com relevância para o controlo da poluição, baseada na activação de um catalisador oxido metálico semiconductor pela irradiação de luz.

A eficiência fotocatalítica destes materiais pode ser melhorada com a utilização de configurações apropriadas dos materiais na nanoescala: com menores tamanhos de partícula, a taxa de transferência de portadores de carga à superfície aumenta, aumentando deste modo a eficiência fotocatalítica.

Materiais de dióxido de titânio nanoestruturados, tais como nanopartículas, nanotubos, nanocamadas e nanofibras têm sido investigados nos últimos tempos. Deste modo será possível obter materiais revestidos com dióxido de titânio que, induzidos por luz, possuam características auto-limpáveis que destruam a sujidade e, mais importante, elementos patogénicos das paredes, chão e janelas.

PLATAFORMAS NANOBIOANALÍTICAS PARA O DIAGNÓSTICO DE INFECÇÕES CAUSADAS POR MICROORGANISMOS

Focaliza no desenvolvimento de dispositivos multianalíticos de baixo custo e elevado desempenho para a detecção de elementos patogénicos em diferentes tipos de amostras. A parte activa desta plataforma biossensora é realizada através de uma superfície nanoestruturada e biofuncionalizada onde reacções específicas de biomoléculas serão detectadas através de transdução eléctrica ou óptica.

SISTEMAS DE EMBALAGEM NANO-DESENHADOS PARA A MELHORIA DA QUALIDADE E SEGURANÇA ALIMENTARES

É esperado que a nanotecnologia desempenhe um papel importante na melhoria da segurança e qualidade na indústria alimentar. Em particular, a nanotecnologia poderá estabelecer novos caminhos no controlo da segurança alimentar desde a produção até o consumo. Actualmente os sistemas

de embalagem fornecem basicamente protecção passiva, actuando como uma barreira física a, por exemplo, luz ultravioleta, gases, microorganismos e danos mecânicos, o que é insuficiente em muitos casos para garantir os níveis de qualidade necessários. Este projecto focaliza no desenvolvimento de estratégias de protecção alimentar baseadas na nanotecnologia. Deste modo são desenvolvidos sistemas de embalagem activa, através de nano-revestimentos comestíveis e não comestíveis que actuarão de forma pró-activa para manter ou aumentar a qualidade, a segurança e o impacto dos alimentos na saúde, desde a produção até o consumo. As novas embalagens poderão incluir funções tais como controlo da toxicidade e degradação, armazenamento de informação relacionada com as condições de exposição ambiental, etc.

Estes e outros projectos similares são hoje uma realidade e são esperadas importantes consequências científicas e tecnológicas.

Em resumo, podemos dizer que a nanotecnologia se mostra como uma área multidisciplinar, competitiva, de rápida transferência tecnológica e de forte impacto económico e social. O futuro da nanotecnologia em Portugal, como o resto das áreas, dependerá essencialmente da sua competitividade a nível internacional. Esta competitividade passa por uma forte planificação, estruturação, empenhamento, objectividade e dedicação dos seus intervenientes. Só deste modo os projectos passarão a realidade e não ficarão, como nos lembra Shakespeare em "Hamlet", em "words, words, words".



SENENTXU LANÇEROS-MENDEZ

é licenciado em Física na Universidade do País Basco, Leioa, Espanha em 1991. Obteve o doutoramento em 1996 no Instituto de Física da Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Alemanha. Foi investigador

na Universidade de Montana - Bozeman, MT, EUA de 1996 a 1998, A.F. Ioffe Physico-Technical Institute, S. Petersburg, Rússia (1995), Pennsylvania State University, EUA (2007) e Universidade de Potsdam (2008). Desde Setembro de 1998 trabalha no Departamento de Física da Universidade do Minho onde é Prof. Associado e o actual Director do Centro de Física.

Referências

1. mais informação em: <http://www.fct.mctes.pt/projectos/concursos/nano/>
2. mais informação em: <http://www3.fisica.uminho.pt/df/docs/INL/Projectos%20INL.htm>

Os paradogmas da Ciência

Teresa Sá e Melo

Centro de Química-Física Molecular, Complexo I, Instituto Superior Técnico

e-mail : teresasamelo@ist.utl.pt

<http://web.ist.utl.pt/TeresaSaMelo>

A versão integral deste artigo encontra-se publicada online em
<http://www.gazetadefisica.spf.pt>



PREÂMBULO

Uma parte deste texto foi publicada em 2000, no Boletim da Sociedade Portuguesa de Química [1], com o título “O silêncio dos Cristais”¹. Coloca algumas objecções e interrogações “não de ordem filosófica mas humana”, sobre como se constroem alguns “símbolos canónicos” em Ciência².



Foto na Sociedade de Geografia, Lisboa 1931, incluída na capa do Boletim da Sociedade Portuguesa de Química nº 78, 2000 [1].

Há muitos anos que o físico francês Jean-Marc Lévy-Leblond vem denunciando a “defiCiência” da Ciência e da sua actividade subordinada aos constrangimentos económicos e aos interesses políticos [2]. A Ciência constitui um mundo à parte, onde a ausência de uma visão crítica externa que lhe dê valor, sentido e limite, a afasta há muito do mundo da cultura [3]. Em consequência, há uma falha na fonte de inspiração cultural que está na base de toda a reflexão, criatividade e inovação [3]. E isto acontece desde a fundação da ciência “moderna”, institucionalizada nos finais do séc. XVIII, até à actual “tecnociência”.

No domínio da História e da Filosofia das Ciências há muitos trabalhos que elucidam esse aspecto da actividade científica e sua divulgação que, tal como qualquer outra actividade humana, não é nem neu-

tra nem assexuada. Neste artigo pretendo apenas difundir o papel das mulheres em ciências exactas, sobretudo daquelas a quem devemos algumas das mais importantes descobertas científicas, como por exemplo, a da estrutura molecular do benzeno.

Nunca compreendi – e ainda hoje constitui para mim um mistério – a razão pela qual não é fácil encontrar um químico ou um físico, que tenha conhecimento que uma descoberta tão fundamental como a da estrutura plana e hexagonal da molécula de benzeno foi realizada por uma mulher em 1928 [4] e em 1929 [5], Kathleen Yardley Lonsdale (1903-1971). Esta história faz parte de um estudo, com um notável “faro arqueológico”, paradoxalmente realizado por americanas, e publicado no livro “Women of Science, Righting the Record” [6], em 1990. Tive dele conhecimento em 1990 em Paris, e a sua leitura incomodou-me duplamente.

¹ Os físicos Prof. Michel Schott (CNRS, Paris) e Doutor Olivier Pelligrino fizeram a tradução para francês de “O silêncio dos cristais” e têm aqui o meu reconhecimento. À minha colega Ana Maria Botelho do Rego, na altura Editora do “Boletim” da SPQ, devo o termo paradogma surgido no decorrer das nossas discussões sobre os paradigmas e os dogmas da Ciência e da Igreja.

² Agradeço à actual Editora da Gazeta Portuguesa de Física, Prof^a Teresa Peña, a coragem e ousadia de ainda hoje considerar pertinente a publicação desta denúncia académica.



Kathleen Lonsdale (1960)

Porque apesar da minha formação académica e da minha cultura científica básica em física e em química, eu ignorava a existência de algumas investigadoras geniais naqueles domínios. Mas a minha ignorância sobre a existência daquelas cientistas, incomodou-me ainda mais como mulher e como cidadã, sendo feminista e férrea defensora da participação política e social das mulheres. De uma forma inconsciente e involuntária também eu estava a fazer parte do status quo da Academia e a afastar as mulheres de terem tido, **nem que fosse por mera hipótese académica**, algum papel na elaboração do saber científico. Não há dúvida de que o silêncio, além de académico, é endémico.

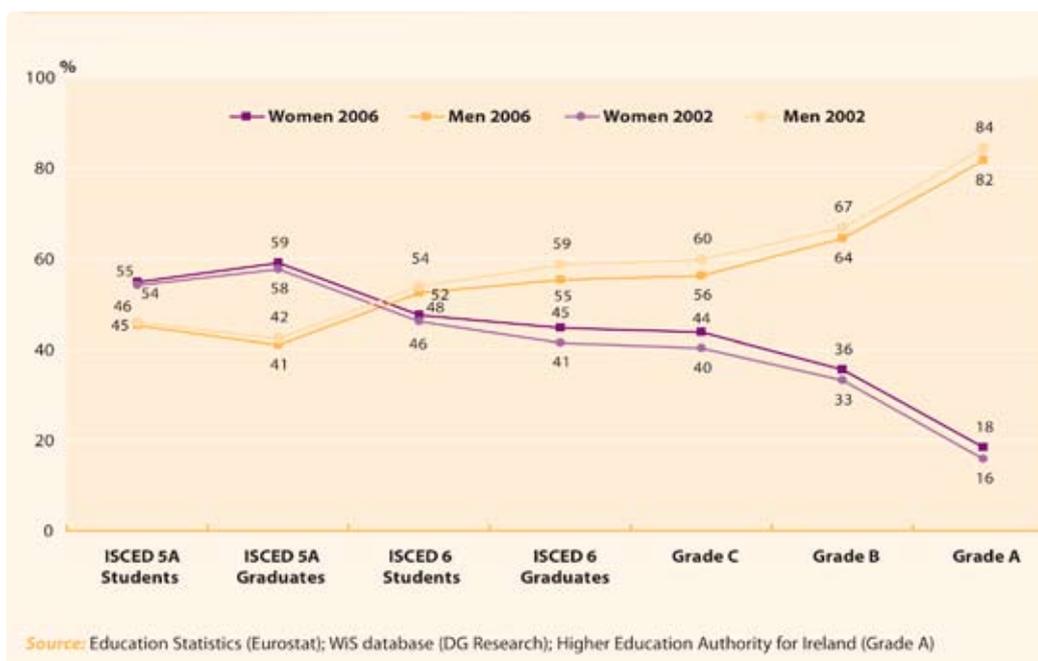
O GÉNERO DA CIÊNCIA

Para me aliviar a consciência, elaborei um artigo em co-autoria com Helena Bastos, publicado na revista Vértice em 1990 e intitulado “O género da Ciência - Dinâmica de um processo em Portugal” [7]. Conseguíamos provar pela primeira vez que as mulheres universitárias, tanto no acesso como no grau de licenciatura, eram (e ainda hoje o são) **não só maioritárias como competitivas** no nosso país. Ser a maioria é normal para o género feminino que constitui

mais de metade da população portuguesa (51.8%). No entanto, o seu peso estatístico como licenciadas ultrapassa largamente a percentagem feminina da população portuguesa, o que demonstra a competitividade das mulheres a nível académico [7]. Em 2000/2001 houve 69.9% de mulheres matriculadas no ensino superior, 61.2% de mulheres licenciadas e 49.2% de mulheres doutoradas. Em 2004 eram 67% de licenciadas e em 2008 já existiam 51% de mulheres doutoradas, em todas as áreas científicas. No ano lectivo de 2001/2002, e só nas áreas das ciências exactas, a percentagem de mulheres licenciadas era de 69.1% (C. da Vida), 60.8% (C. Físicas), 67.3% (Matemática) e 26.3% (Engenharias).

Apesar deste peso maioritário e competitivo como licenciadas (actualmente $\geq 65\%$), é notória a existência de filtros de discriminação nas nossas Universidades, que travam tanto o ingresso como Assistentes (30%), como o seu avanço para o topo da carreira académica, como Prof. Associadas e Catedráticas ($\leq 10\%$) [7]. Esta realidade é tanto mais relevante quanto ainda hoje se verifica uma capacidade de 100% para a realização de doutoramentos em ciências exactas (30%), para todas aquelas que conseguem furar o filtro da entrada, e ingressar na carreira académica (30%) [7].

Porque se de facto as mulheres portuguesas demonstram um elevado grau de competitividade académica a nível da licenciatura ($\geq 65\%$), como explicar que de repente se tornem incompetentes para ingressar nas carreiras académicas (30%) e para aí realizarem os seus doutoramentos (30%)?



“Proporção de homens e mulheres numa carreira académica típica, EU-27, 2002-2006 (fonte: “She Figures 2009 - Statistics and Indicators on Gender Equality in Science”, EUR 23856 EN, European Commission, 2009) “
Figura adicionada durante a edição.

Nesse trabalho [7] mostrávamos também que a sangria durante 13 anos de jovens mancebos (120 mil) que partiram para a guerra colonial em África (1961-1974) foi a causa e o contexto favorável para a entrada maciça de mulheres nas nossas Universidades.

Mostrámos ainda que a curva crescente de mulheres no acesso às nossas Universidades teve um decréscimo pontual, no ano de 1977, devido à introdução pela primeira vez no nosso país, de um numerus clausus no acesso universitário [7].

Uma década depois já se verificava um aumento exponencial de mulheres licenciadas e doutoradas (em particular em ciências exactas) nos anos 80, tornando-se Portugal, por isso, um caso de estudo na Europa.

Gostaria que algum científico nos desse uma justificação racional e objectiva para os números acima descritos. Houve um colega que mostrou o seu incómodo perante estas cifras comentando "...visto assim a frio..." Tal como a Prof.^a Ana Rego contestou, também nós não conseguimos vislumbrar como aquecer tais números.

O SILÊNCIO DOS CRISTAIS

O que despoletou a minha revolta e o artigo "O silêncio dos cristais" [1] foi a publicação de "Os químicos favoritos da Europa" no "Boletim da Sociedade Portuguesa de Química" [8], com os cem químicos europeus mais votados pelos seus pares, numa lista elaborada pela Federação das Sociedades Químicas Europeias [8]. Os nomes das mais notáveis mulheres de ciência não são nem lembrados nem votados [8] porque os nossos e as nossas colegas em toda a Europa vivem e trabalham num contexto de silêncio endémico.

O meu desejo era que esse texto servisse para diminuir o fosso de omissão a que foram votados os trabalhos pioneiros de algumas das grandes damas das ciências exactas.

"O silêncio dos cristais" [1] mereceu na altura algumas críticas e muitos silêncios. Relevo, em particular, a crítica do físico Prof. Sydney Leach do Observatoire de Paris-Meudon, que notou o meu erro e injusto silêncio sobre as mulheres mais notáveis no domínio da astronomia. Mais uma vez pude confirmar que o silêncio além de académico é endémico.³

UM CASO EXEMPLAR EM FOTOBIOLOGIA

Recentemente, ao desenvolver um estudo sobre uma molécula altamente reactiva, oxigénio singuleto [9], constatei outra injusta omissão na histórica

descoberta desta espécie molecular.

De facto, a investigadora Thérèse Wilson descreveu, pela primeira vez, o mecanismo molecular das reacções de fotooxidação entre as moléculas de oxigénio singuleto, no seu estado electrónico 1D_g (1O_2), e os compostos orgânicos em solução no artigo "Excited singlet molecular oxygen in photooxidation" [10], publicado em 1966.

Em cinco páginas de um notável trabalho experimental e teórico esta autora concluiu [10], "*The results are consistent with a singlet oxygen mechanism. All data presented here are entirely consistent with a mechanism via singlet oxygen, thus ruling out any significant role of the triplet excited state of these acceptors in the peroxide-forming step... a Schenck-like interpretation by a moloxide-type reaction*". Descreveu a cinética da transferência de energia entre o tripleto do sensibilizador e o tripleto do estado fundamental do oxigénio molecular produzindo a espécie reactiva 1O_2 como única responsável pela oxidação observada em solução [10]. Concluiu então [10], "*This result seems, except in case of a remarkable coincidence, uniquely consistent with excited singlet oxygen as the reactive species and inconsistent with a series of biradical-like 'moloxides' which would be different for each sensitizer*".

Dos três trabalhos cronologicamente anteriores [11a-11d] de Christopher Foote (duas cartas ao editor de 1964 e um artigo de 1965), em nenhum deles este autor elucida qual dos dois passos propostos na altura para o mecanismo da reacção (moloxide e 1O_2) é o responsável pela fotooxidação dos compostos orgânicos, observada em solução. De facto, Christopher Foote [11,12], tal como outros dos seus colegas na época [13], avança apenas com a hipótese que [11b] "*the weight of the evidence favors the intermediacy of singlet oxygen. Further experiments are in progress*".

Um ano mais tarde [11c], em 1965, afirma ainda "*We cannot rule out the possibility rigorously that a sensitizer-oxygen complex is the reactive intermediate, but our results require that sensitizer exert no steric influence... there appears to be no convincing evidence which requires any participation of sensitizer in the transition state for oxygen transfer*".

Mas até hoje, o investigador C. Foote é o único autor que é citado como o pai da importante descoberta da reacção de fotooxidação pelo oxigénio singuleto [14]. É uma injustiça que é propalada num processo mimético (cita-se o citado), lacuna essa que ainda hoje se verifica nos simpósios internacionais sobre a matéria. No último simpósio sobre o oxigénio singuleto de 2006, o artigo de introdução ao tema de Peter R. Ogilby também omite o trabalho pioneiro de Thérèse Wilson [14].

O proclamado inventor (Christopher Foote) é o autor que, em 1968 [12], decidiu não incluir nenhuma referência ao trabalho experimental e teórico, publicado em 1966 pela sua colega Thérèse Wilson, apesar de ela o ter largamente citado [10]. Esta omissão verifica-se naquele que ainda hoje é o artigo mais citado sobre o oxigénio singuleto [12]. Na

³ Sem pretender colmatar tal ausência, indico uma página web onde se podem encontrar as histórias de algumas astrónomas notáveis: <http://www.loc.gov/rr/scitech/womenastro/womenastro-all.html>

literatura científica nunca li nada que conseguisse racionalizar tão cândida ausência.

Em conformidade com este **silêncio universal e neutro**, é de assinalar que historicamente a descoberta desta espécie reactiva, designada então por oxigénio activo, teve um parto difícil desde o início, devido aos preconceitos de um restrito grupo de cientistas alemães, G.O. Schenk e K. Gollnick. A existência do oxigénio activo foi descrita pela 1ª vez por Kaustsky [15] em 1931 (citado por C. Foote), mas foi ignorado pelo seu patrão Shenck, o qual propunha outro passo reaccional moloxide-type reaction (vide supra), ficando 30 anos no limbo das descobertas científicas.

Parece haver um enorme fosso entre quem adquire o saber e quem o representa. Será um vício intelectual inerente apenas aos séculos passados?

Ironicamente, a autora do presente texto foi confrontada com um bloqueio da comunidade científica internacional durante quatro anos, para publicar com duas colegas, a descoberta experimental de um novo passo cinético no mecanismo molecular da reacção do oxigénio singuleto que envolve a água

KATHLEEN LONSDALE

O título do artigo “O silêncio dos cristais” [1], alude à investigação fundamental de Kathleen Yardley (Lonsdale por casamento) que incidiu sobre a análise estrutural de algumas centenas de compostos por cristalografia de raios-X [4,5]. O seu trabalho “*X-ray evidence on the structure of the benzene nucleus*” é notável pela clareza pedagógica e pela síntese do estado dos conhecimentos da época (anos vinte), no domínio da difracção dos raios-X [4].

Coloca nove perguntas relativas à molécula de benzeno, entre as quais “*is the ring hexagonal in shape?*” e “*is the ring plane...?*”, comprovando experimentalmente cada uma das respostas, ao longo das 14 páginas deste artigo.

Os grupos de simetria e a estrutura de cada cristal foram compilados em tabelas publicadas em 1924 por Kathleen Lonsdale, em co-autoria com William Thomas Astbury [16]. A representação das respectivas orbitais moleculares, sigma e pi, foi publicada por esta autora, em 1937 e 1939 [17,18].

Para se ter uma ideia da importância destes dados experimentais, basta dizer que as tabelas cristalográficas, conhecidas por Astbury-Yardley Tables [16], constituíram durante largos anos a ferramenta indispensável para os estudos desenvolvidos posteriormente em vários domínios, especialmente em biofísica.

Foram várias as descobertas realizadas com base em cristalografia dos raios-X, nomeadamente as de Dorothy Mary Crowfoot-(Hodgkin por casamento) sobre as estruturas moleculares da penicilina, da vitamina B-12 e da insulina, obtendo o prémio Nobel da Química, em 1964 [19]. Mas silenciar o trabalho pioneiro e histórico dos pares femininos não é apanágio exclusivo dos fellows masculinos em Ciência: na lecture apresentada por Dorothy Hodgkin

(1910-1994), quando ela recebeu o prémio Nobel da Química em 1964, pode ler-se: “...*the crystals were grown under the watchful eyes of Kathleen Lonsdale, who brought them to me from London*” [19].

No entanto, na bibliografia deste seu artigo com 28 referências [19], não consta nenhum artigo da famosa Dame Kathleen Lonsdale, Fellow da Royal Society de Londres desde 1945.

Note-se que Kathleen Lonsdale não era propriamente a amiga mais velha que colaborava maternalmente no trabalho de fazer crescer os cristais para as experiências da jovem Dorothy Hodgkin.



Dorothy Hodgkin

Kathleen Lonsdale trabalhou até morrer em 1971, criando novos cristais, alguns com o seu nome (Lonsdalite) e publicando os seus últimos artigos em 1968 e 1971. Finalmente, Dorothy Hodgkin dedicou-lhe um artigo de memória biográfico em 1975.

NEM WATSON E CRICK ESCAPARAM AO PRECONCEITO

Naturalmente que o caso gritante do “inocente” e “nobilíssimo” silêncio da Academia nos anos 50, sobre a química-física Rosalind Elsie Franklin (1920-1958) [21,22] é conhecido de muitos.

Apesar do seu papel pioneiro na descoberta da estrutura em dupla hélice do ADN, o Nobel foi atribuído em 1962, ao “ambicioso triunvirato” [6] constituído pelos seus colegas, James Watson, Francis

Crick [21b] e Maurice Wilkins [21c].



Rosalind Franklin

Rosalind Franklin morre em 1958 aos 37 anos, sem nunca ter sido citada nos trabalhos publicados por estes seus nobilíssimos colegas [23].

Nas três letters publicadas independentemente, por estes autores do

King's College no mesmo volume da revista "Nature" de 1953 [21] apenas o de Rosalind Franklin [21a] fornece a prova experimental para a descoberta da estrutura molecular em dupla hélice do ADN. Os outros autores basearam as suas conclusões nos diagramas de raios-X de Rosalind Franklin, a qual tinha entretanto mudado de laboratório, do King's College para o Birkbeck College de Londres [23].

De facto, é interessante notar que na letter de Wilkins acima referida [21c], a proposta para a estrutura molecular do ADN é baseada nos resultados experimentais obtidos nesse ano de 1953 por Rosalind Franklin [21a] e nos resultados de 1938 obtidos por Astbury e Florence Bell [24]. A *letter* de Watson e Crick não contém nenhuma evidência experimental para o modelo de dupla hélice proposto [21b].

Para se ter uma ideia da candura de pensamento de alguns (brilhantes) cientistas basta ler o comentário de James Watson sobre os regulamentos da administração Reagan no domínio da engenharia genética, publicado na revista Science em 1985: *"One might have hoped that the Republicans would have been more sensible about regulations, but they were just as silly as the others... The reason is that the White House receives its advice from people who know something about physics or chemistry. The person in charge of biology is either a woman or unimportant. They had to put a woman some place. They only had three or four opportunities, so they got someone in here. It's lunacy"* [25].

UM PRÉMIO NOBEL ADIADO

Menos conhecido é o caso da bióloga Barbara McClintock (1902-1992) [26], que elaborou em 1951 [27] a teoria sobre o transporte dinâmico da informação genética (transposões), da célula para o organismo, no milho. Esta teoria sobre os genes de regulação e do genoma como identidade dinâmica, foi descoberta por Barbara McClintock dez anos antes do modelo do genoma proposto por Jacques Monod e François Jacob, no famoso artigo sobre *"Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins"*, publicado em 1961 [28].

O trabalho de McClintock só foi reconhecido pela Academia, trinta anos depois, com a atribuição do prémio Nobel em Medicina e Fisiologia em 1983, a uma senhora já muito velhinha com 83 anos. Mais vale tarde que nunca! [26] Barbara McClintock acaba de ser justamente citada pela descoberta dos transposões no milho e sua importância genética, a propósito do papel da enzima telomerase, que esteve na base da atribuição do prémio Nobel da Medicina deste ano (2009) a três cientistas, entre as quais duas mulheres.

CASOS NOTÁVEIS EM FÍSICA E MATEMÁTICA

Em Física, o mais famoso caso diz respeito à descoberta do processo da cisão nuclear realizado por Lise Meitner (1878-1968), no decorrer dos anos trinta [30]. Apesar do seu trabalho pioneiro, o prémio Nobel da Química foi atribuído, em 1944, a Otto Hahn [31,32]. A Europa estava em guerra e Lise Meitner, por ser judia, "desapareceu" por uns anos dos laboratórios germânicos.

Foi ela quem descobriu e classificou dois novos emissores beta na série do rádio. Estabeleceu a relação entre os raios beta e gama da desintegração radioactiva e observou os primeiros positrões a partir dos raios gama [6,33]. O seu trabalho mais conhecido, intitulado *"Desintegration of uranium by neutrons; a new type of nuclear reactions"*, foi publicado na "Nature" em 1939 [30c]. Deu o nome ao elemento transurânico Meitnerium, descobrindo também o elemento 91, Protactinium, com Otto Hahn [6,33].

O conceito de cisão (*fission*) foi introduzido em analogia com o termo utilizado na divisão celular de uma bactéria, por sugestão do bioquímico americano William A. Arnold [33].



Lise Meitner

Ironicamente, Lise Meitner foi agraciada pela Academia alemã com o prémio Otto Hahn em 1954! Estamos a falar de uma grande dama da física que durante décadas foi a colega e companheira de discussões de Max Planck, Stefan Meyer, Albert Einstein, Niels Bohr, Walther Nernst, Heinrich Hertz e Erwin Schrödinger [34].

Não podemos ignorar as dificuldades que se apresentavam às mulheres em ciência

e as mentalidades como as de um físico tão famoso como Max Planck (1858-1947), nobeliado em 1918 que afirmava: *"If a woman has a special gift for the tasks of theoretical physics... I do not think it right, both personally and impersonally, to refuse her the chance and means of studying for reasons of principle. On the other hand, I must keep to the fact that such a case must always be regarded just as an exception. Generally, it cannot be emphasized enough that nature herself prescribes to a woman her function as mother and housewife"* [35]. O que fica patente neste discurso é uma prática científica instituída como um dogma "natural". A saber, que a associação mulher-cientista contém em si dois conceitos antagónicos.

Contava Lise Meitner na sua conferência em 1959 sobre *"The status of women in the professions"* [33]: *"Era meu hábito assinar os artigos apenas com o meu apelido. Um dia,*

o editor da revista recebeu uma carta em que um dos coordenadores da prestigiada Enciclopédia Brockhaus pedia o meu endereço, dado que pretendia que eu escrevesse um artigo sobre radioactividade. Ao responder, o meu editor revelou que eu era mulher. O responsável da Brockhaus ripostou, agora bastante irritado, que era impensável incluir na sua enciclopédia um artigo escrito por uma mulher! (...) O grande químico orgânico Emil Fischer foi relutante em deixar-me trabalhar no seu laboratório com Otto Hahn. Proibiu-me mesmo de entrar nas salas onde Hahn e outros colegas masculinos realizavam as investigações experimentais... Fui então falar com Fischer e ele disse-me que a sua relutância em aceitar mulheres nas suas aulas tinha por origem a preocupação de que o cabelo exótico de uma aluna (russa) pegasse fogo quando estivesse a trabalhar com o bico de Bunsen!... Em consequência desta proibição, não pude iniciar os meus estudos de radioquímica durante vários anos”.

Lise Meitner conta ainda que o grande matemático David Hilbert, ao tentar obter autorização da Faculdade de Göttingen para que a sua assistente e cientista de talento, Emily Amalie Noether (1882-1935)⁴, pudesse candidatar-se a privatdozent para integrar os corpos da Faculdade, encontrou tanta hostilidade que, indignado, exclamou: “Mas meus senhores, uma Faculdade não é propriamente uma piscina!” [33]

DOGMA, PARADIGMA E PARADOGMA

O recente livro com as cartas da filha de Galileu ao pai [36] é rico em fornecer-nos o contexto dos homens de ciência daquela época (1564-1642). A sua leitura fez-me reflectir sobre o paralelismo entre os dogmas da Igreja Católica e os paradigmas em Ciência, conceito introduzido em 1962 por Thomas Kuhn, no seu conhecido livro sobre “A estrutura das revoluções científicas” [37].

É o próprio Kuhn que nos explica a mudança conceptual do pensamento científico moderno, no prefácio da sua obra posterior publicada em 1977 “A tensão essencial” [38]: “Logo depois de ter completado um primeiro esboço em 1961, de ‘A estrutura (das revoluções científicas)’, escrevi... um ensaio sob o título ‘A função do dogma na investigação científica’, publicado em 1963. Comparando-o com ‘A tensão essencial’ (de 1977), torna-se claro e imediato o alargamento da **minha noção de paradigma**”. E acrescenta: “De algum modo, é uma reminiscência da posição familiar (posição filosófica tradicional no séc. XVII) que considera a teoria ptolemaica,...(ou a teoria calórica) como meros erros, **confusões ou dogmatismos que uma ciência mais liberal ou inteligente podia ter evitado**, desde o início” [38].

Os bons Espíritos, os Eleitos pela Razão [39], intelectualmente recusaram sempre ter que admitir que a Ciência, tal como a Igreja, também tinha os seus dogmas, as suas “regras de jogo”, ditas objectivas e universais [39].

Daí a mudança conceptual de dogma para paradigma. E já agora, **porque não paralogma?**

De facto, todos nós acreditamos que tendo a ciência um carácter universal por definição, baseado na prova e independente do sujeito teorizante, ela se encontra forçosamente isenta dos pecados profanos do comum dos mortais. No dizer de Thomas Kuhn, “há factos cuja existência serve, não para contradizer ou refutar o paradigma, mas para serem considerados como anomalias” [38]. A inocente crença de que a universalidade é um conceito realista constitui o ícone da Academia, o seu credo, o seu direito romano [39]. Mas constatação de que é no próprio interior da comunidade científica que se encontram os maiores entraves à difusão das novas ideias e conhecimentos foi largamente divulgada por Thomas Kuhn, Alexandre Koyré, Gaston Bachelard e recentemente Isabelle Stengers. No nosso país, há uma excelente contribuição para esta “anomalia”, no livro de Sebastião Formosinho, sobre os entraves da Academia ao aparecimento de um novo modelo teórico por ele inventado [40].

Neste contexto, o saber científico de Kathleen Yardley Lonsdale é tido como uma provocação para a Razão dos Eleitos, um conhecimento não sancionado pela Academia. Como foi brilhantemente descrito pela investigadora Gillian Rosemary Evans no seu livro “Fifty key medieval thinkers” [43], desde a Idade Média – há pelo menos dez séculos – que o pensamento científico (o saber) dos Fathers (patres) está identificado e canonizado nos compêndios de referência, *De viris illustribus*. A conclusão é que a Academia, tradicionalmente, confia unicamente nos seus eleitos tradicionais, nos seus autorizados (*authority/autor*), os únicos cotados na Ciência de fonte seguras.

Está fora do âmbito do meu saber e deste trabalho, fazer a prova sobre o carácter não neutro das práticas científicas. Limitei-me a recorrer a exemplos para mostrar que mesmo em ciência, e na Academia, a neutralidade é uma ilusão. E só porque, afinal, a ciência é feita por seres humanos...

⁴ Em carta endereçada a Hilbert, Einstein referia-se a Emmy Noether, filha do matemático Max Noether, como a de uma pessoa com “um profundo pensamento matemático”. O trabalho de Emmy Noether sobre a teoria das invariantes (“Invariante Variationsprobleme”, 1918) conduziu às formulações conceptuais da teoria geral da relatividade de Einstein. O obituário de Emily Noether foi publicado no jornal “New York Times” a 5 Maio de 1935, por Einstein.

A INFLUÊNCIA DAS MULHERES FORA DA ACADEMIA

Sabemos que entre as mulheres consideradas “sábias” nos séculos XVII e XVIII existiam mais científicas que literárias. O facto de lhes ser vedada a entrada nas instituições académicas, e sendo versadas nas línguas eruditas, o grego e o latim, permitia-lhes a leitura das mais relevantes publicações científicas da sua época [29]. Por exemplo, a obra científica mais notável dos finais do séc. XVII, o tratado “Philosophiae Naturalis Principia Mathematica” de Isaac Newton, publicado em 1687, foi introduzida em França por uma mulher, Émilie de Breteuil (1706-1749), Marquise de Chatelêt em 1759. Foi ela que traduziu e explicou esta obra aos leigos, constituindo aliás, até hoje, a única tradução existente em França [29]. A propósito deste trabalho, Voltaire (1694-1778) comentou: “*On a deux prodiges: l’un, que Newton ait fait cet Ouvrage; l’autre qu’une Dame l’ait traduit et l’ait éclairci*” [29].

Há várias mulheres que elaboraram ou popularizaram os conhecimentos da física e astronomia nos séculos passados [44]. No séc. XIX temos o exemplo de Mary Somerville (1780-1872), que publicou “On the connexion of the Physical Sciences” em 1834. É citada por Thomas S. Kuhn na obra acima referida [38], por afirmar:

“O progresso da ciência moderna, especialmente nos últimos cinco anos, foi notável devido à tendência para unir ramos separados da ciência. Existe um tal elo de união que não se pode atingir competência em nenhum dos ramos, sem se ter conhecimentos dos outros” [33].

Também no séc. XIX, Jane Haldemond Marcet (1769-1858) popularizou a química no seu livro “Conversations on Chemistry”, publicado em 1805. Este livro que teve 16 edições até 1853, revelou ao muito jovem Michael Faraday o princípio do conhecimento das coisas naturais, como o próprio afirmou [33].

ALGUMAS QUÍMICAS NOTÁVEIS

Em química, grande parte das técnicas experimentais ainda hoje utilizadas foram descobertas por mulheres [6]. Actualmente, a maioria dos nossos e das nossas colegas de ciências exactas não têm disso conhecimento, como por exemplo:

Agnes Pockels (1862-1935) foi a fundadora da química das superfícies e inventou “*a method of extending or reducing the surface area of water by means of a wire or metal strip placed over it*”, publicado na “Nature” em 1891 e 1892 [20]. Marie Semenova Schraiber (1904- ?) inventou a cromatografia em camada fina TLC, em 1938. Maude Menten (1879-1960) é co-autora com

o seu colega Leonor Michaelis (1875-1940) na descoberta, em 1913, da famosa equação Michaelis-Menten para a análise da velocidade das reacções das enzimas com os substratos.

Erika Cremer (1900- ?) é a fundadora da cromatografia gasosa em 1945.

Gertrude B. Ellion (1918- ?) sintetizou os fármacos e os protocolos clínicos ainda hoje utilizados para o tratamento da hiperuricémia e da leucemia, obtendo o prémio Nobel em Medicina, em 1988, juntamente com o seu colega George Hitching.

Mary Osborn introduziu o uso do gel de SDS para medir o peso molecular das proteínas. O seu artigo em conjunto com Klaus Weber publicado no J. Biol. Chem. 244, 4406 (1969) foi o 4º artigo mais citado durante largas dezenas de anos, até 1988.

HISTÓRIAS PORTUGUESAS

Em Portugal, das letras às ciências, salvo raras excepções, pouco se conhece sobre a actividade científica das mulheres, do século passado

até hoje.

No entanto, desde o século passado muitas foram as que frequentaram cursos em ciências exactas nas duas

Universidades, de Coimbra e Lisboa, e que obtiveram os seus doutoramentos no início deste século, publicando os trabalhos em revistas internacionais, pelo menos a partir de 1922.

Era importante aceder aos originais dos artigos por elas publicados, através das instituições científicas portuguesas onde trabalharam. A seguir indico alguns casos, de mulheres portuguesas notáveis [45-51].

No séc. XVI a primeira mulher na Universidade de Coimbra a ter o seu grau de Bacharel em Filosofia foi a alentejana Hortênsia de Castro (1548-1595), conhecida por Públia [45]. A história é relatada como se se tratasse de uma lenda. Vestiu-se “de rapaz sem que ninguém o suspeitasse, debaixo da vigilância e protecção de seu irmão mais velho que também estudava”, frequentou os cursos de “philosophia” e “theologia” em Coimbra (e em Évora). “Pronuncia o discurso de graduação em latim em que era versada... apesar de nem todos o perceberem, conseguiu transmitir ao auditório,... pela agudeza de inteligência, o verdadeiro significado das suas ideias” [45,46]. Dizia dela o douto André de Resende a Bartolomeu de Frias: “A coisa mais para ver foi Públia Hortênsia, rapariga de dezassete anos, tão versada nas máximas de Aristóteles que, disputando em conclusões públicas com muitos sábios, não achou argumento por mais caviloso que não resolvesse com a maior prontidão, e não menor graça” [45,46]. Existirão documentos da autoria desta jovem “sábia”?

Dos registos da Universidade de Coimbra [47] apenas consta o nome de Domitília Hormezinda Miranda de Carvalho como sendo a primeira mulher inscrita no curso de Matemática e no curso de Filosofia em 1891. Durante cinco anos foi a única mulher na Universidade, terminando aquelas duas licenciaturas em 1895. Em 1899 matriculou-se ainda no curso de Medicina vindo a finalizar a sua terceira licenciatura em 1903.

Maria Virgínia Almeida matriculou-se na Universidade de Coimbra em 1917, no curso de Físico-Química, juntamente com Maria Guardiola e Maria Teresa Basto e ainda Maria Augusta Sá e Melo que se matriculou no curso de Matemática na Universidade de Coimbra em 1923.

Temos ainda o exemplo de duas farmacêuticas, Esther Nogueira e Elvira Magro, Assistentes da Faculdade de Farmácia de Lisboa, autoras dos artigos “Considerações sobre alguns processos de depuração das águas destinadas à alimentação” e “Aguamento dos leites – métodos gerais de pesquisa – a determinação da densidade do soro, factor base para a apreciação”, publicados nas Actas do 1º Congresso Nacional de Farmácia, pp.198-207 e pp. 208-211 de 1927, respectivamente [48].

É de notar que as duas conferências das referidas autoras foram lidas ao Congresso pelo Dr. Pinheiro Nunes! [48]

Sara Benoliel, naturalizada portuguesa em 1928, licenciada em Medicina com uma tese de doutoramento em 1926 sobre “Modificações do líquido céfalo-raquidiano na meningite tuberculosa”. É autora de várias publicações em revistas médicas sobre a luta contra a tuberculose, sobre a vacina preventiva contra a difteria e sobre pediatria e puericultura, pelo menos até 1935.

Judite Belo, licenciada em Físico-Químicas, investigadora em Biologia no IPO, publicou vários artigos entre eles “Teoria e significado das medições do pH” e “Reacções elementares singulares em Biologia”.

Matilde Bensaúde, doutorada em Ciências Biológicas em 1918 em Paris, investigadora do Instituto Bento da Rocha Cabral. É autora de numerosas publicações sobre fitopatologias nas culturas frutícolas em Portugal, entre 1918 e 1929.

Referências:

[1] Teresa Sá e Melo, “O silêncio dos cristais”, Boletim da Sociedade Portuguesa de Química, nº78, 33-40 (2000)

[2] Jean-Marc Lévy-Leblond, “(Auto)critique de la science”, ed. Seuil, Paris (1973)

[3] Jean-Marc Lévy-Leblond, “La pierre de touché. La science à l'épreuve...”, ed. Gallimard (1996).

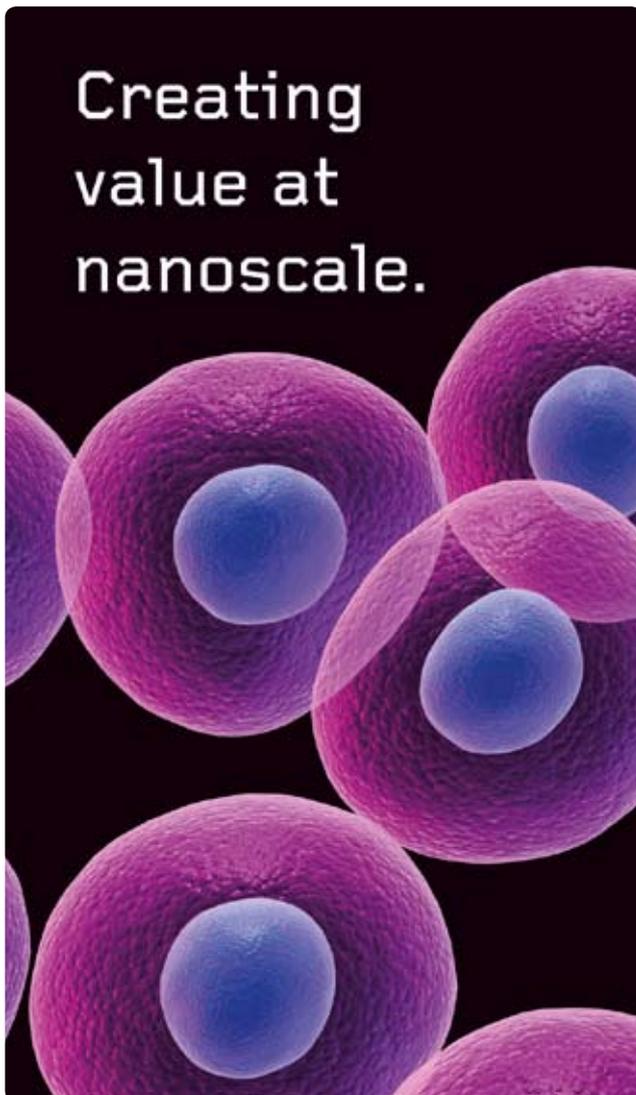
A listagem das restantes referências bibliográficas encontra-se publicada online em <http://www.gazetadefisica.spf.pt>

Laboratório Ibérico

Internacional de Nanotecnologia

Sérgio Figueiras Gómez

INL International Iberian Nanotechnology Laboratory
Av. Central nº 100, Edifício dos Congregados, 4710-229 Braga



O LABORATÓRIO IBÉRICO INTERNACIONAL DE NANOTECNOLOGIA (INL) É UMA NOVA ORGANIZAÇÃO CIENTÍFICA CRIADA PELOS GOVERNOS DE ESPANHA E PORTUGAL COM O OBJECTIVO DE PROMOVER A INVESTIGAÇÃO APLICADA EM NANOTECNOLOGIA E NANOCIÊNCIA. O INL TEM A SUA SEDE NA CIDADE DE BRAGA E É DIRIGIDO PELOS PROFESSORES JOSÉ RIVAS (DIRECTOR GERAL) E PAULO FREITAS (DIRECTOR GERAL ADJUNTO). TRATA-SE DE UM PROJECTO DE COOPERAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA SINGULAR NA PENÍNSULA IBÉRICA E NA UNIÃO EUROPEIA.

O laboratório nasce com o objectivo de abordar os principais desafios científicos à escala nano numa perspectiva interdisciplinar. O quadro de pessoal científico previsto para o ano de 2014 ronda os 200 investigadores. O INL desenvolverá a sua actividade de investigação em quatro áreas específicas: duas aplicadas, a *Nanomedicina* e a *Nanotecnologia aplicada ao controlo de qualidade alimentar e ambiental*, e duas áreas de suporte, o desenvolvimento de técnicas de *manipulação* e *caracterização*, à escala *nanométrica*, e a *nanoelectrónica*.



Um dos aspectos que mais se destacam no projecto do INL prende-se com as suas infra-estruturas. As instalações estendem-se por uma área total de 47 000 m², onde se destacam 22 000 m² destinados a actividades científicas. A sala limpa sala limpa para micro e nanofabricação (classe 100 e 1000) apresenta uma área útil aproximada de 600 m². No quadro das modernas infra-estruturas do laboratório, salienta-se ainda um conjunto de laboratórios com características especiais para microscopia electrónica com resolução atómica, microscopia de sonda local, espectroscopias e caracterização de superfícies, e microfabricação por feixe iónico. Estes laboratórios têm elevada estabilidade mecânica às baixas frequências, e encontram-se numa zona de campo magnético controlado, baixo ruído acústico, e temperatura controlada. O INL dispõe ainda de laboratórios centrais de Biologia e Bioquímica, à parte de um conjunto de cerca de 40 laboratórios individuais para os investigadores que estão a ser contratados.

PROJECTOS EM CURSO

Durante a fase de instalação do INL, o laboratório iniciou diferentes projectos em colaboração com universidades e centros de investigação de Europa e América:

- Nanotubos de carbono para a detecção de moléculas químicas, com a Universidade Técnica da Dinamarca.
- Preparação e estudo da auto-assemblagem de nano-sistemas e nano-estruturas com potenciais aplicações em Nanomedicina com o CFN-BNL (Centre for Functional Nanomaterials, Brookhaven National Laboratory) dos EUA.
- Implementação de microscopia de fluorescência com processamento de imagem de alta resolução com o Max

Planck Institute for Biophysical Chemistry de Göttingen (Alemanha).

- Nanopartículas magnéticas para aplicações biomédicas com a Universidade de Santiago de Compostela (Espanha).
- Sistema Lab-on-a-chip e bio-sensores com o INESC-MN, de Lisboa (Portugal).
- Microscopia electrónica STEM com corrector de sonda, com a Universidade de Texas – San Antonio (EUA).
- Ressonância Magnética Nuclear (NMR) de baixo campo, com o iNano, em Aarhus (Dinamarca).
- Microscopia de Transmissão de alta resolução (HRTEM) com a Universidade de Glasgow (UK).
- Microscopia de efeito Túnel (STM) com o Max Planck Institute for Microstructure Physics de Halle (Alemanha).

Nos próximos meses, iniciar-se-ão novos projectos em colaboração com o National Institute for Materials Science, do Japão, o Max Planck Institute of Colloids and Interfaces, da Alemanha, a Universidade de Texas-Austin, e o MIT dos EUA.

O Laboratório Ibérico Internacional de Nanotecnologia conta com os ingredientes certos para se tornar num centro de referência na área emergente da Nanotecnologia. A chave para alcançar este objectivo estará sem dúvida na qualidade do talento científico que esta a ser recrutado, bem como na gestão estratégica desta nova comunidade científica.



O novo sucessor de Newton

Jim Al-Khalili

É famosa a frase que Isaac Newton escreveu numa carta a Hooke: “Se vi mais longe que outros, foi porque subi aos ombros de gigantes”.

Com toda a razão, refere que nenhum dos grandes pensadores da História chegou onde chegou isoladamente: ninguém começa do nada. Mas os verdadeiros génios como Isaac Newton e Stephen Hawking parecem olhar a Natureza e ver mais longe, e mais profundamente, que o comum dos mortais.

Outra particularidade que estes dois cientistas também têm em comum, apesar de estarem separados por três séculos, é que ambos ocuparam a posição mais famosa no mundo da ciência: a Cátedra Lucasiana de Matemática em Cambridge. Tendo Hawking atingido a idade de sessenta e cinco anos, idade de jubilação obrigatória deste posto, o mundo esperava que o seu sucessor fosse anunciado. Recentemente entrevistaram-me na BBC Radio para indagar quem me parecia que poderia ser. O entrevistador até me perguntou se eu estaria interessado! Isto só mostra o pouco que ele sabia de ciência pois, como lhe respondi imediatamente, só candidatos que tenham um Prémio Nobel ou uma equação com o seu próprio nome é que podem sequer pensar em ocupar essa cátedra.

Foi recentemente anunciado o novo ocupante da cátedra. Já ouvi falar muito nele, mas isso é natural, porque eu sou um físico teórico. Não creio que ele seja muito conhecido fora da comunidade académica. Chama-se Michael Green e é um dos fundadores da teoria de cordas. Em 1981, Green e John Schwarz (este americano) publicaram o seu trabalho sobre teoria de supercordas de Tipo I, que deu origem a um pico de interesse neste tema. Ambos continuaram a liderar neste campo, que evoluiu

extraordinariamente nas últimas décadas, em parte devido às famosas contribuições de outro americano, considerado o homem mais inteligente do mundo: Edward Witten.

Não há dúvida de que Green é um excelente físico-matemático e claramente merecedor da Cátedra Lucasiana. Também estou certo de que foi o seu perfil como co-fundador da teoria de cordas que levou a que esta posição lhe fosse atribuída. Mas muitos físicos perguntar-se-ão se isso é motivo suficiente. Nos últimos anos foram publicados vários livros que criticam a teoria de cordas por não ter conduzido ao esperado sucesso na unificação das quatro forças fundamentais da natureza. O primeiro foi “Not Even Wrong”, de Peter Woit¹, e depois foi publicado “The Trouble With Physics”, de Lee Smolin. Ambos afirmam que a teoria de cordas já teve tempo suficiente para nos mostrar o que vale, mas nos trouxe muito poucos avanços. Muitas pessoas interrogam-se até se deveria ser chamada uma teoria científica propriamente dita, dado que não produziu nenhum resultado que possa ser testado.

Claro que não é muito justo pensar assim, pois a teoria de cordas é profundamente complexa e rica e provavelmente ainda só explorámos a camada mais superficial. Pode perfeitamente acontecer que algures neste século a teoria de cordas se comece a revelar como a verdadeira “teoria de tudo”. Entretanto, os físicos de outras áreas de estudo continuam a olhar com algum ressentimento compreensível a forma como a teoria de cordas consegue atrair financiamento, e levar os melhores cérebros a escolherem esta área para os seus doutoramentos, em detrimento das áreas de investigação desses colegas², sem dúvida igualmente interessantes.

A cátedra Lucasiana é uma posição de grande visibilidade, mas a teoria de cordas é também uma área da ciência com grande visibilidade. Seja como for, Michael Green sucede a figuras de muito elevado gabarito.

Faço-lhe votos de muito sucesso.

¹ Ver, por exemplo “Teoria de Cordas: Ata ou desata”, in Gazeta de Física, vol 31, nº3 (2008) página 45 e vol 32, nº 1 (2009) página 55 (N:E)

² Idem

O CULTO DA CARGA

Carlos Fiolhais

O físico Richard Feynman, num discurso de início do ano académico no California Institute of Technology (Caltech), em 1974, usou a expressão *cargo cult* (traduzido à letra o “culto da carga”) para designar os rituais que alguns povos primitivos de ilhas do Pacífico começaram a praticar, durante a Segunda Guerra Mundial.

Eles imitavam, ainda que toscamente, os procedimentos dos militares americanos quando instalavam pistas para aterragem de aviões de carga. Os indígenas chegavam não só a arranjar pistas rudimentares a ver se também recebiam a “carga”, mas também a “fazer uma cabana de madeira para um homem se sentar lá dentro, com dois bocados de madeira na cabeça a imitar auscultadores e dois paus de bambu a imitar antenas – o controlador”. Este relato é feito no livro “Está a brincar Mr. Feynman” (Gradiva, 1988), um dos primeiros volumes da colecção Ciência Aberta e que vale sempre a pena reler. Feynman sugere uma analogia para a pseudo-ciência: “seguem todos os preceitos e formas aparentes da investigação científica, mas falta-lhe qualquer coisa essencial porque os aviões não aterram.”

De facto, os exemplos que podem ser dados de ciência do “culto de carga” são numerosos. Os praticantes das várias formas de pseudo-ciência, umas mais grosseiras e outras mais refinadas, proliferam no mundo de hoje. Porém, ao contrário do que a caricatura indicada por Feynman dá a entender, nem sempre é fácil fazer a distinção entre ciência e pseudo-ciência, entre ciência verdadeira e ciência da treta. É decerto mais fácil nas chamadas ciências exactas como a física e a química, onde a eventual fraude acaba relativamente cedo por ser detectada acarretando a morte científica do respectivo autor, mas é mais difícil em ciências humanas, como a psicologia e as ciências da educação, onde não raro acontece que a morte física do autor precede

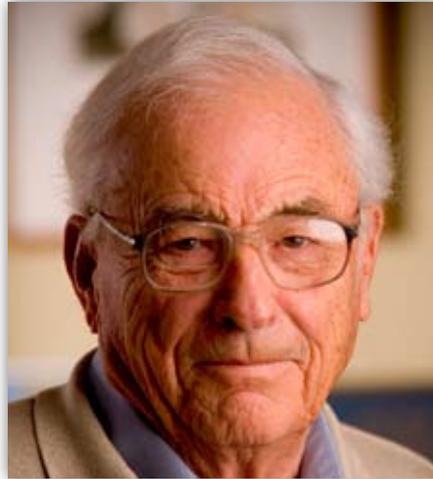


a respectiva morte científica. As chamadas ciências naturais, em particular as ciências biomédicas, onde hoje trabalha uma enorme comunidade de investigadores, constituem um vasto terreno intermédio (ver sobre medicina e farmácia o livro de Ben Goldrace “Ciência da Treta”, saído há pouco na Bizâncio). O famoso caso da fusão fria, ocorrido há uma década quando os químicos Martin Fleischmann e Stanley Pons anunciaram que tinham conseguido produzir fusão nuclear numa simples experiência de electrólise de água pesada com um eléctrodo de paládio, é paradigmático do destino impiedoso que têm, em ciências físico-químicas, as ideias que não são comprovadas por outros de uma forma clara, sistemática e, por isso, conclusiva. Fleischmann e Pons estão hoje desaparecidos de cena. Feynman bem tinha avisado: “Aprendemos com a experiência que a verdade acabará por aparecer. Outros experimentadores repetirão a nossa experiência para descobrir se estávamos certos ou errados. Os fenómenos naturais irão estar de acordo ou em desacordo com a nossa teoria. E, embora possamos ganhar alguma fama e excitação temporárias, não adquiriremos uma boa reputação como cientistas se não tentarmos ser muito cuidadosos”.

No campo das ciências humanas, a área do ensino das ciências deve particularmente preocupar os cientistas. Aí o método científico tem, sem dúvida, uma aplicabilidade mais restrita. Os sistemas são mais complexos e a incerteza é maior. Mas é significativo que o *American Journal of Physics*, com um sistema de peer review muito apertado, publique cada vez mais artigos sobre educação científica. E que haja em open access, com o rigor que é apátnio da *Physical Review*, a revista *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*. Quero ser optimista: a ciência do “culto da carga” está sob ameaça.

Paulo Marques

Dep. Física e Astronomia,
Fac. Ciências da Univ. Porto e INESC Porto



Charles Kao, Willard Boyle e George Smith, vencedores do Prémio Nobel da Física de 2009 (fonte: nobelprize.org)

O Prémio Nobel deste ano contemplou Charles Kao, Willard Boyle e George Smith, premiando os desenvolvimentos tecnológicos registados durante os anos sessenta e que permitiram os incríveis avanços que se registam actualmente no domínio das comunicações por fibra óptica e na invenção dos CCD, que tão fortemente penetraram no nosso quotidiano.

No caso de Charles Kao, este prémio distingue os seus esforços na identificação das causas fundamentais das perdas registadas nos sinais ópticos que se propagavam nas fibras ópticas produzidas até então. Uma fibra óptica consiste num pequeno capilar de vidro ultra-puro (tipicamente com 125 micrómetros de diâmetro), que possui no seu interior uma região mais densa (com diâmetro inferior a 10 micrómetros e um índice de refração superior ao do meio envolvente). As pequenas alterações de índice de refração são obtidas através da dopagem da sílica com óxidos de germânio ou fósforo, por exemplo. A radiação é propagada a grandes distâncias por um processo de reflexão total interna na interface entre o meio mais denso (núcleo) e o meio menos denso que o rodeia (bainha). As perdas de propagação são afectadas por não-homogeneidades estruturais ou devido a perdas de absorção devido à presença de contaminantes.

No fim dos anos 60, os estudos de Charles Kao permitiram concluir que as altas perdas registadas até então eram uma consequência da presença de impurezas no vidro utilizado na produção de fibras ópticas, e previu conseqüentemente a produção de

fibras ópticas com perdas de propagação abaixo dos 20 dB/km. A partir desse instante, os esforços concentraram-se no desenvolvimento de técnicas de síntese de vidros com um elevado grau de pureza. Nos anos seguintes, os laboratórios da Corning (EUA) tiveram um papel fundamental ao desenvolverem técnicas de síntese de vidros silicatos de elevada pureza a partir de técnicas que utilizam métodos a entrega de reagentes no estado gasoso. Estes progressos, registados no início dos anos setenta, permitiram a redução das perdas de propagação para valores inferiores a 1dB/km. Adicionalmente, foram desenvolvidos outros tipos de fibras onde, para além das perdas de propagação, foi também optimizada a dispersão (este parâmetro é importante na medida em que limita a taxa máxima ou a distância máxima de transmissão de sinais ópticos). Actualmente, as perdas de propagação são da ordem de 0.18dB/km a 1550nm (fibra SMF-28® ULL da Corning).

A principal aplicação das fibras ópticas regista-se no domínio das comunicações ópticas, quer ao nível da propagação de sinal a grandes distâncias (ligações intercontinentais), quer ao nível do desenvolvimento das redes locais de acesso; esta tecnologia permite a transmissão com uma elevada largura de banda, permitindo a proliferação da oferta de serviços de voz, televisão e internet em consequência dos altos débitos permitidos. Para além disso, as fibras ópticas não esgotam as suas aplicações no domínio das comunicações ópticas. O desenvolvimento de fibras especiais e de dispositivos em fibra óptica permitiu o desenvolvimento de lasers e amplificadores ópticos e também o desenvolvimento de sensores ópticos, sendo que as fibras são incorporadas de forma pouco intrusiva nos meios que se pretendem monitorar. Felizmente, e para além da investigação registada no meio académico, Portugal regista exemplos da explo-

ração industrial das potencialidades das fibras ópticas nas várias vertentes acima descritas: é esse o caso da Nokia Siemens Networks no domínio das comunicações ópticas, da FiberSensing no caso do desenvolvimento de sensores em fibra e da Multiwave Photonics no desenvolvimento de fontes ópticas.

No caso de Willard Boyle e George Smith o prémio distingue a qualidade do seu trabalho no desenvolvimento de sensores ópticos baseados no efeito fotoelétrico. A descoberta deste efeito valeu a Albert Einstein a atribuição do prémio Nobel em 1921. O trabalho destes investigadores dos labo-

ratórios Bell (New Jersey, USA) centrou-se no desenvolvimento do sensor e nos métodos de interrogação do sinal eléctrico proveniente de cada um dos sensores individuais (pixel) que constituem o sensor completo e que é proporcional ao sinal óptico incidente incidente no respectivo pixel. O CCD (Charge Coupled Device) actua portanto como uma memória electrónica que pode ser carregada por exposição a um sinal óptico. O desenvolvimento destes sensores de alta sensibilidade em silício veio revolucionar a fotografia moderna, para além de aplicações em áreas como a medicina e a astronomia.

Aconteceu

NANODIA – “PENSE PEQUENO!”

João Nuno Torres e Leonel Alegre

Todos os anos, durante a Semana da Ciência e Tecnologia, entre 21 e 27 de Novembro, instituições científicas, universidades, escolas, associações e museus abrem as portas ao grande público, dando a conhecer as suas actividades.

No Dia Nacional da Cultura Científica, 24 de Novembro, o Pavilhão do Conhecimento – Ciência Viva organizou o evento *Nanodia* – “Pense Pequeno!”, primeiro de uma série de dias dedicados à divulgação das nanociências e nanotecnologias, integrados no projecto europeu “TIME for NANO” [1]. Este projecto conta com a participação de diversas instituições de nove países europeus e é financiado pela Comissão Europeia. “TIME for NANO” significa, em inglês, “É tempo para as nanotecnologias” e é um acrónimo de *Tools to Increase Mass Engagement for Nanotechnology* (Ferramentas para Aumentar o Interesse Público pelas Nanotecnologias). O principal objectivo deste projecto é promover o interesse do grande público, em especial dos jovens estudantes, pelos potenciais benefícios e riscos relacionados com a investigação, engenharia e tecnologia à nanoescala e recolher as suas opiniões.

Neste primeiro *nanodia*, o Pavilhão do Conhecimento mostrou imagens surpreendentes do nanomundo. Na exposição *Zoom in, Zoom out*, compararam-se imagens de nanobjectos, obtidas em laboratórios nacionais (CENIMAT/I3N, FCT-UNL, INESC Porto e CICECO-UA), com fotografias à nossa escala que procuram reproduzir a luz, a textura e o ambiente daquelas imagens. Em alguns aspectos, o nanomundo parece-nos inesperadamente familiar.

No ateliê nanoCOISAS, crianças dos 8 aos 13 anos de idade construíram objectos inspirados em imagens de nanoestruturas reais. Nanorobôs, nanocidades e nanofábricas foram algumas das criações mais originais.

Créditos: Leonel Alegre
Pavilhão do Conhecimento



Os visitantes tiveram ainda a oportunidade de criar um modelo gigante de um nanotubo de carbono, feito com balões de modelar, e de explorar as diversas actividades práticas que compõem o *nanokit*. Este *kit* pedagógico está a ser desenvolvido pelos parceiros do projecto TIME for NANO e será brevemente distribuído por diversas escolas e centros de ciência de toda a Europa.

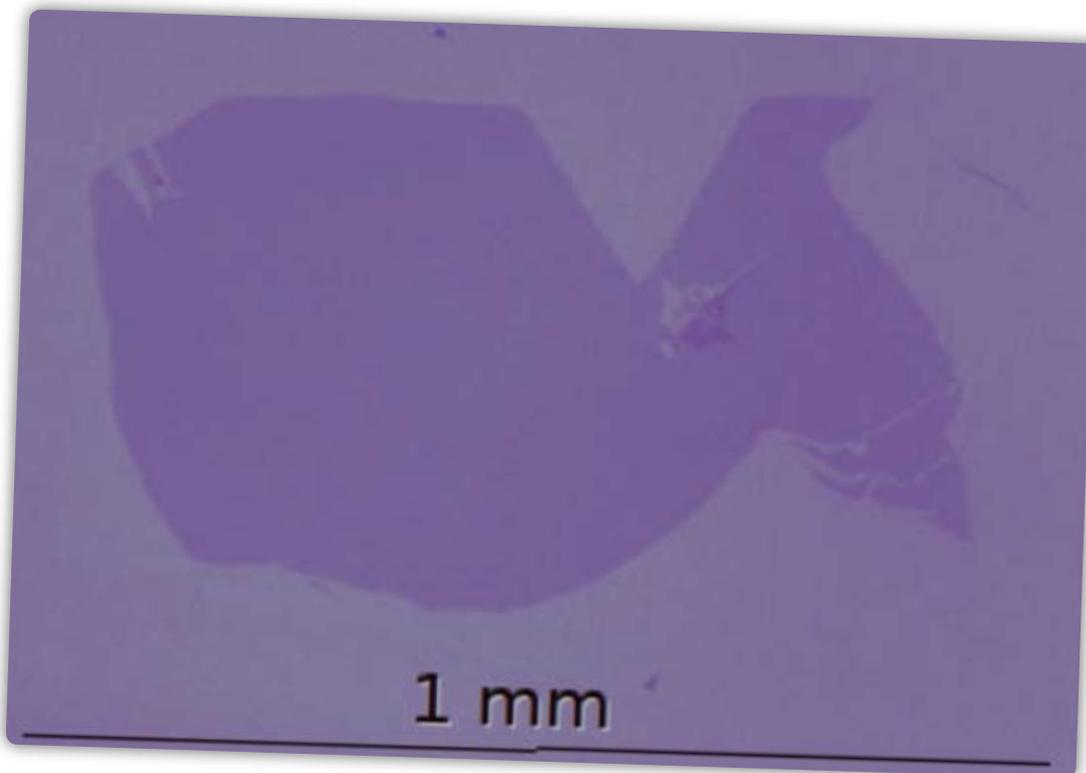
Durante a tarde, decorreu ainda um workshop de apoio aos professores participantes no projecto *n&n's* – nanociências e nanotecnologias [2], que contou com a presença de investigadores portugueses e de professores do ensino básico e secundário. O desafio deste projecto consiste na criação de um conto de ficção científica por parte dos alunos em que sejam abordados desenvolvimentos científicos na área das nanotecnologias, dando especial atenção às suas potenciais aplicações e impacto na sociedade. A Ciência Viva pretende assim contribuir para promover a cooperação entre escolas e laboratórios de investigação nacionais que desenvolvem actividade nesta área.

Para mais informações contactar:

n&n@cienciaviva.pt

time4nano@pavconhecimento.pt.

1. <http://timefornano.eu/timefornanoeu/>
2. <http://www.cienciaviva.pt/projectos/n&n/>



PRÉMIO FERNANDO BRAGANÇA GIL

Augusto Barroso

O Prémio Fernando Bragança Gil é atribuído bianualmente pela Sociedade Portuguesa de Física à melhor tese de doutoramento em física, defendida numa universidade portuguesa. Na sua primeira edição, o prémio de 2010 foi atribuído ao Doutor Eduardo Castro, pela sua tese intitulada “*Correlations and disorder in electronic systems: from manganites to graphene*”, defendida em 2008, na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. A tese foi orientada pelos professores Doutor João Lopes dos Santos e Doutor Nuno Peres.

Eduardo Castro licenciou-se em Física na Universidade do Porto, durante o ano de 2001, com a classificação final de 17 valores. Tendo sido, nesse ano, o aluno da Faculdade de Ciências dessa Universidade a terminar a licenciatura com a mais alta classificação, foi-lhe atribuído o prémio de mérito Eng. António de Almeida, pela Fundação com o mesmo nome. Actualmente, Eduardo Castro é investigador de pós-doutoramento no Instituto de Ciências de Materiais de Madrid.

O trabalho de doutoramento de Eduardo Castro, agora distinguido, permitiu elucidar muitos aspectos da física fundamental do grafeno. Esta investigação está publicada em quatro artigos na revista “*Physical Review Letters*”, uma das mais prestigiadas revistas de Física.

O sólido que dá pelo nome de grafeno foi descoberto apenas em 2004, pelo físico André K. Geim, professor na Universidade de Manchester, no Reino

Unido. O grafeno é a folha mais fina que jamais será possível fabricar, dado que a sua espessura é de apenas um átomo. Um dos aspectos mais extraordinários no contacto com este material é que, tendo apenas um átomo de espessura, pode, contudo, ser visto a olho nu, pois é hoje possível produzir folhas de grafeno com a dimensão de um milímetro quadrado, tal como se pode ver na imagem anexa, na qual o grafeno está depositado em cima de um vidro. A imagem foi ampliada com ajuda de um simples microscópio óptico, semelhante ao usado no estudo de células em tecidos biológicos.

O grafeno é composto exclusivamente de átomos de carbono (tal como o é o diamante) com os átomos organizando-se numa rede da mesma geometria (hexagonal) das usadas nas vedações de galinheiros. Neste sistema os electrões comportam-se como se não tivessem massa e movimentam-se com uma velocidade 300 vezes menor que a velocidade da luz no vazio.

As potenciais aplicações do grafeno abrangem áreas tão vastas como a nano-electrónica, sistemas de radio-frequência (cuja compreensão teórica decorreu directamente dos trabalhos de doutoramento de Eduardo Castro), detecção de moléculas individuais (com impacto em sensores moleculares ultra-sensíveis e aplicações à bio-tecnologia), eléctrodos transparentes (em LCD's e células solares), e sensores de tensão de dimensão nanoscópica, entre outras. Por tudo isto, o grafeno é um dos mais promissores materiais em nano-tecnologia.

Para saber mais: ver artigo “Grafeno: a base de uma nova electrónica?” de Carlos Herdeiro, na Gazeta de Física 31(1/2) de 2008.

Evocando a figura de **Lídia Coelho Salgueiro**

(31/12/1917- 24/07/2009)



Luísa Carvalho

Centro de Física Atómica da Universidade de Lisboa

É-ME DADA A HONRA DE ESCREVER A HOMENAGEM QUE A GAZETA DE FÍSICA PRETENDE DEDICAR À FIGURA DE LÍDIA SALGUEIRO.

FOI A 24 DE JULHO PASSADO QUE ELA NOS DEIXOU, AOS 91 ANOS.

Privei com ela de muito perto, durante muitos anos. O espírito de equipa e inter-ajuda reinavam naquele grupo, onde as condições de trabalho eram escassas, mas o entusiasmo, dinamizado pelos mais velhos, sobrava para compensar. O laboratório de raios X era também o gabinete de todos nós.

Foi uma grande Mulher, uma grande Professora e uma grande Investigadora na Área da Física Atómica Experimental.

Foi pioneira em Portugal na investigação em Física Experimental.

Lídia Salgueiro conseguiu manter acesa a chama do trabalho experimental no Laboratório de Física da Faculdade de Ciências nos finais dos anos 40 e 50, após o afastamento compulsivo, por motivos políticos, de Manuel Valadares e da demissão de Cyrillo Soares, Director do Laboratório.¹

O PERCURSO

Lídia Coelho Salgueiro era filha de João F. da Fonseca da Rocha Salgueiro e de Maria Angélica Pina Coelho Salgueiro e nasceu em Lisboa, em 31 de Dezembro de 1917. A sua infância e juventude foram extremamente atribuladas, quer devido a

¹ Nesta evocação não poderia deixar de referir a contribuição de José Gomes Ferreira, seu pupilo, antes de ser seu marido e colaborador, donde esta dupla materno/filial na devoção de Lídia Salgueiro para com o marido. Era difícil dizer quem assessorava quem. Completavam-se mutuamente. Apesar de mais novo, partiu deste mundo 17 anos antes dela, o que lhe provocou uma dor intensa, e a investigação científica teve um papel fundamental para a fazer reviver. Era impossível não se ficar profundamente influenciado por este casal. A ternura, a perspicácia para a Ciência, a tenacidade, a personalidade forte e as qualidades humanas eram as suas características. Impuseram-se pelo exemplo, pela disponibilidade para com os alunos e pela vontade de promover os jovens investigadores, de modo a que todos pudessem ocupar um lugar de destaque na investigação científica a nível mundial. A sua vida e obra foram marcantes na vida científica do nosso país.

problemas de saúde no seio da família, quer por dificuldades económicas.

“A mãe aos domingos mandava-me sempre comprar um bife, que fazia com que o domingo fosse um dia muito especial, pois nessa época era o meu prato favorito. Ela fingia que não gostava, para não gastar dinheiro.”

Estas dificuldades económicas foram em parte devidas ao falecimento prematuro do pai, com apenas 35 anos, quando Lídia Salgueiro tinha apenas 5 anos. O pai era filho de uma família abastada, mas incompatibilizou-se com a mãe, que pretendia que ele tirasse o curso de Direito, tal como o marido, que era juiz. No entanto, ele tinha vocação para a medicina: conseguiu tirar o 3º ano de medicina, a estudar e a trabalhar ao mesmo tempo.

Assim, Lídia Salgueiro, a mãe e uma irmã iniciaram uma vida de sobrevivência, primeiro em Lisboa, tendo Lídia frequentado o Liceu Maria Amália. Começou a dar explicações quando estava apenas no 3º ano do liceu.

“Com o dinheiro ganho, comecei por comprar um guarda-chuva e uma camisa de flanela para a mãe”.



Com a mãe e a irmã.

A estadia em Lisboa não foi duradoura e mais tarde foram para Viseu, onde frequentou o Liceu Central de Alves Martins, tendo aqui completado o curso com distinção em 1937. Um conjunto de apontamentos cuja leitura só foi autorizada após a sua morte – sobre a sua admissão à Universidade de Coimbra, em finais dos anos 30 – bem ilustra a sua filosofia de vida e procura intransigente da verdade:

“O Dr... e o meu professor de história deram-me muitas cartas de recomendação para vários professores universitários de Coimbra; isso era muito usual nesse tempo. As cartas faziam as melhores referências a meu respeito, mas, como sempre detestei esse tipo de procedimento, foram todas direitinhas para o lixo.”

Após ter frequentado o 1º ano em Coimbra solicitou transferência para Lisboa por motivos familiares, tendo-se licenciado em Ciências Físico-Químicas, com distinção, na Faculdade de Ciências de Lisboa, em Julho de 1941. Em Outubro do mesmo ano fez exame de Admissão ao Estágio no Liceu Pedro Nunes, tendo frequentado apenas o 1º ano do Estágio por ter sido contratada como 2º Assistente de Física da Faculdade Ciências de Lisboa, em Março de 1942.

Em Dezembro de 1945, a Faculdade de Ciências de Lisboa conferiu-lhe, por unanimidade, o grau de Doutor; foi, em seguida, contratada como 1º Assistente da mesma Faculdade. O Conselho Escolar da Faculdade de Ciências de Lisboa propôs superiormente o seu contrato como Professora Catedrática além do quadro, em 1970.

Aposentou-se como professora catedrática da Faculdade de Ciências, por motivos de saúde, em 1978. A partir dessa data dedicou-se apenas à investigação científica, tendo em 1981 sido eleita por unanimidade sócia correspondente da Academia das Ciências de Lisboa.

O CENTRO DE ESTUDOS DE FÍSICA

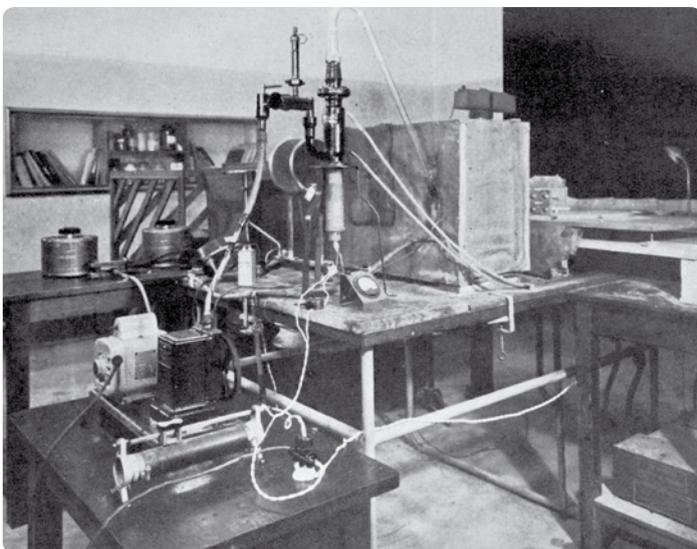
Não é possível fazer a evocação da memória de Lídia Salgueiro, sem falar na figura de Manuel Valadares, nem da história do Centro de Estudos de Física, de que fez parte a partir de 1942. O Centro de Estudos de Física do Laboratório de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa foi o pioneiro da investigação científica em Portugal. Foi criado oficialmente em 1940. No entanto, desde 1929, ano em que foi enviado pela primeira vez ao estrangeiro um bolseiro para estudar Física, que o Centro existia de facto.

Até 1933 a secção de Física da Universidade de Lisboa tinha apenas como objectivo o ensino da Física. No entanto, Cyrillo Soares, o seu primeiro director, e alguns docentes alimentaram o sonho de que, para além do ensino, fosse possível fazer investigação e vários bolseiros foram enviados para o estrangeiro, especialmente para França. Em 1933, Manuel Valadares regressou a Portugal, após ter feito em Paris um estágio de quatro anos no Laboratório Curie, sob a direcção de Marie Curie. Era contudo necessário que os bolseiros, ao regressarem, pudessem dispor de meios que permitissem investigação nos domínios em que se haviam especializado. Cyrillo Soares, juntamente com os seus colaboradores, decidiu que no Centro se realizasse trabalho de investigação científica que não envolvesse aparelhagem dispendiosa e num número muito limitado de ramos de Física. O bom senso aconselhava ser este o caminho a seguir; de facto, só assim seria possível aproveitar ao máximo as dotações do Laboratório, evitando dispersão de investigadores, o que levaria a uma diminuição do rendimento do Centro.²

Os ramos de investigação que se procuraram desenvolver no Laboratório foram o da Física Nuclear, juntamente com a espectrografia de raios X procurando obter aparelhagem apropriada e preparando novos investigadores em Portugal e no estrangeiro. As primeiras instalações a adquirir destina-

ram-se ao estudo por espectrografia cristalina de radiação gama e da radiação de fluorescência (região de raios X) emitidas no decorrer de transmutações radioactivas.

A prioridade máxima foi a montagem de uma instalação de raios X e a aquisição de um espectrógrafo de focalização. Acontece que não havia material algum para montar a instalação pretendida. No entanto, a sua realização foi conseguida com algumas dificuldades; a ampola de raios X, tal como a bomba primária de vácuo, foram emprestadas pelo Laboratório de Química da Faculdade de Ciências de Lisboa enquanto que a bomba secundária foi cedida por um laboratório liceal. Como não havia verba para adquirir um transformador, recorreram a uma velha bobina de Ruhmkorff que pertencera ao antigo Colégio de Campolide e que estava arrecadada no sótão do Laboratório. O espectrógrafo de cristal curvo foi encomendado ao estrangeiro.

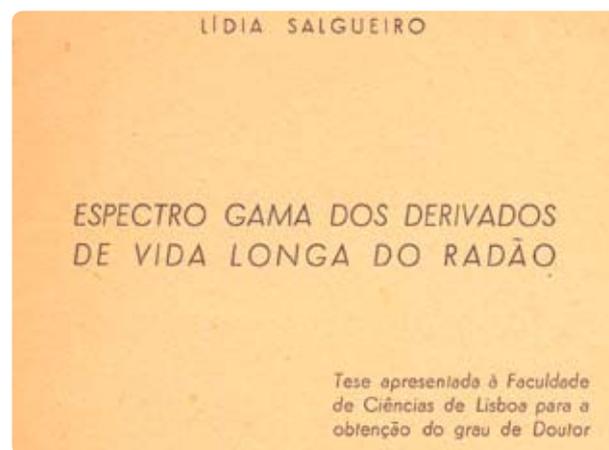


Instalação para espectrografia de raios X.

Com essa instalação de raios X, Manuel Valadares e outros investigadores entretanto chegados do estrangeiro, iniciaram os seus trabalhos de investigação. Após a obtenção do espectrógrafo, Cyrillo Soares solicitou ao Instituto Português de Oncologia a cedência de alguns tubos de vidro contendo emanação de rádio, pois sabia que estes tubos, após a sua preparação, eram destruídos, sem serem utilizados em posteriores tratamentos. O pedido foi rejeitado e, por essa razão, prosseguiu-se o estudo dos espectros de raios X. Previstos desde 1934, os trabalhos de radioactividade só puderam ser iniciados em 1937 com a aquisição de 50 mg de rádio 226 e pela generosa oferta, quatro anos depois, de agulhas velhas de radão oferecidas pelo Instituto de Saúde Pública de Roma.

Lídia Salgueiro, recentemente contratada, procedeu à montagem de um espectrógrafo de cristal girante, pertencente ao Laboratório de Química. Foi necessário adaptar

o espectrógrafo e obter uma lâmina de sal-gema, para o estudo de radiação gama. Sob a orientação de Manuel Valadares, observou então novas riscas do espectro de radiação gama, emitida pelo RaD, bem como o espectro de radiação de fluorescência produzida na transmutação RaD→RaE. Os seus resultados permitiram-lhe obter o grau de Doutor, em 1945 com uma tese intitulada “Espectro gama dos derivados de vida longa do radão”. Obteve ainda, pela primeira vez, o espectro de raios X do nível L proveniente da conversão interna da radiação γ . Este trabalho continuou a ser desenvolvido por Lídia Salgueiro e Manuel Valadares tendo daí resultado novas publicações científicas.



Capa da Tese de Doutoramento

Ao mesmo tempo, a capacidade criadora do grupo continuou a alargar os seus horizontes e iniciou-se o estudo da espectrografia de emissão β . Não dispunha o Centro de meios que lhe permitissem adquirir um espectrógrafo magnético para esse fim. O grupo conseguiu mais uma vez ultrapassar as dificuldades e adaptar o equipamento de que podia dispor. Alguns anos atrás, o Centro tinha adquirido um electroímã para trabalhos de magneto-óptica. Foi este instrumento que, convenientemente adaptado, constituiu o primeiro espectrómetro magnético em Portugal. Com ele se realizaram trabalhos de repercussão internacional.

Esta intensa actividade científica foi brutalmente interrompida em Junho de 1947 por decisão do Conselho de Ministros, que afastou das Universidades Portuguesas vinte e um professores, três dos quais do Departamento de Física – os principais colaboradores de Cyrillo Soares que, pela sua preparação em longos anos no estrangeiro mais indicados estavam para ampliar a obra realizada e contribuir para a preparação de novos investigadores. Cyrillo Soares manifestou no Conselho da Faculdade a

² Não consigo resistir a escrever aqui uma nota pessoal e estabelecer uma comparação com o que se passa hoje no Departamento de Física da Universidade de Lisboa, onde não houve um Director Científico que tivesse conseguido organizar um crescimento coerente de temas de investigação. O número de temas de trabalho é praticamente igual ao número de docentes. Ao fim de tantos anos vemos com saude, quão Grandes eram os Homens que dirigiam o Departamento de Física na altura em que Lídia Salgueiro iniciava a sua carreira científica.

sua revolta. No entanto, o Conselho até se mostrou satisfeito pelo que havia sucedido. Ignora-se qual o destino que o Conselho deu a uma exposição da maior parte dos assistentes da Faculdade, entre os quais se incluía Lídia Salgueiro, protestando contra a demissão dos referidos professores. Cyrillo Soares pediu imediatamente a sua a aposentação, deixando de ser director do Centro. Foi enviado para o substituir Júlio Palácios, catedrático da Universidade de Madrid, que durante oito anos prestou serviço na Faculdade de Ciências. O seu domínio de investigação era a electroquímica.



Lídia Salgueiro (1951)

Manuel Valadares, um dos professores visados, exilou-se em Paris, por convite de Irène Joliot-Curie. O seu mérito levou-o a ocupar vários cargos científicos, tendo sido posteriormente promovido a *Directeur* do Centre de Spectrometrie Nucleaire et Spectrometrie de Masse. Foi o primeiro director estrangeiro de um centro CNRS em França. Mesmo à distância, Manuel Valadares, cuja grande preocupação era que a sua obra não se extinguisse, continuou a prestar um valioso apoio à actividade científica do Centro. J. Gomes Ferreira deslocou-se várias vezes a Paris, para ouvir as suas sugestões e conselhos.

O GRUPO DE INVESTIGAÇÃO E O ENSINO

Como o domínio de investigação anterior era a espectrometria de raios X e radioactividade, o novo director não tinha colaboradores. No entanto, o

Instituto de Alta Cultura concedeu-lhe donativos apreciáveis que lhe permitiram encontrar colaboradores para a investigação em electroquímica. Este facto poderia ter contribuído para o fim dos trabalhos realizados no Centro de Estudos de Física. Apesar de uma completa ausência de subsídios, Lídia Salgueiro e mais tarde J. Gomes Ferreira prosseguiram a investigação em raios X e radioactividade.

Em 1952 Amaro Monteiro assumiu a Direcção do Centro, voltando-se de novo a prosseguir os trabalhos de investigação, de acordo com as linhas iniciais. Assim, J. Gomes Ferreira realizou trabalhos que lhe permitiram obter o grau de Doutor, em 1954, com uma tese intitulada "Contribuição para o estudo da intensidade das bandas satélites das riscas $L\alpha$ de elementos de número atómico compreendido entre 73 e 92". Este foi o primeiro doutoramento orientado por Lídia Salgueiro. Mais quatro se lhe seguiram ao longo dos anos.



Com o marido, José Gomes Ferreira, no dia do casamento.

De Abril de 1956 a Julho de 1957 J. Gomes Ferreira e L. Salgueiro estagiaram no Department of Natural Philosophy da Universidade de Edimburgo, sob a direcção de N. Feather, tendo realizado trabalhos de investigação em espectroscopia nuclear e fenómenos de interacção do núcleo com o cortejo electrónico.

Em 1956 era concedido mais um grau de Doutor sob a orientação de L. Salgueiro, a uma assistente da Universidade do Porto, com uma tese intitulada "Contribuição para o estudo de probabilidades relativas de ionização dos elementos de número atómico elevado".

Em 1960, o Prof. Sarmiento, então Director do Centro, obteve um subsídio da Fundação Calouste Gulbenkian, que permitiu adquirir uma instalação de raios X, Beaudoin, um microfotómetro Hilguer e um microscópio de elevada precisão para leitura em placas nucleares. Com este microscópio L. Salgueiro e J. Gomes Ferreira concluíram o trabalho “Contribuição para o estudo, com placas nucleares, do esquema de desintegração do ^{229}Th ”, que lhes permitiu obter *ex-aequo* o prémio Artur Malheiros de Ciências Físicas e Químicas, em 1961. Com este microscópio, Maria Teresa Gonçalves realizou um trabalho que lhe permitiu apresentar em 1962, a sua tese de doutoramento “Contribuição para o estudo de electrões de conversão interna emitidos na desintegração ^{226}Ra ”, também sob a orientação de Lídia Salgueiro.

Sob a orientação de Lídia Salgueiro, a assistente Maria Luisa de Carvalho, obteve o grau de Doutor em 1984 com a tese intitulada “Secções eficazes de ionização do nível L e processos de ionização múltipla por bombardeamento electrónico”. Finalmente em 1988 foi concedido o grau de Doutor ao assistente Pedro Amorim pelo trabalho: “Medidas de precisão em espectroscopia de raios X: larguras de riscas L e razão de intensidades $K\alpha_3/K\alpha_1$ ”. Este foi o quinto trabalho dirigido por Lídia Salgueiro conducente à obtenção de grau do Doutor.

A recordação de Maria Teresa Ramos está ainda muito fresca na nossa memória e o seu falecimento foi profundamente sentido por todos, principalmente por aqueles que mais de perto com ela conviveram. Novo golpe para Lídia Salgueiro, que via assim partir mais uma das suas pupilas. Muitas vezes proferiu o desejo: “espero morrer antes da Teresinha”, mas o destino não lhe realizou este anseio. Faleceu três anos depois de Maria Teresa Ramos.

Ninguém sabe o que teria sido feito do Laboratório de Física, inicialmente tão auspicioso, se não tivesse sido este casal que “aguentou” o Laboratório e que fez com que a investigação no Departamento de Física competisse aos mais elevados níveis internacionais.

O trabalho desenvolvido por Lídia Salgueiro não se resume porém a cinco teses de Doutoramento. Escreveu, juntamente com o marido, vários livros de texto:

- “Física Médica” (lições para alunos), Ed. Serviços Sociais da Universidade de Lisboa (1969)
- “Introdução à Física Atómica e Nuclear” (Vol. I), Escolar Editora, Lisboa (1970)
- “Elementos de Física para estudantes de Biologia”, Escolar Editora, Lisboa (1972 e 1973)
- “Introdução à Física Atómica e Nuclear” (Vol. II), Escolar Editora, Lisboa (1975)
- “Introdução à Biofísica”, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa (1991)

De 1942 a 1972 regeu vários cursos teóricos na Faculdade de Ciências de Lisboa, nomeadamente Óptica, Curso Geral de Física, Física Atómica e Introdução à Mecânica Quântica, Espectroscopia de Raios X e o curso de Física Médica.

Foi supervisora de muitos Seminários e Estágios Científicos de alunos do 5º ano da Licenciatura em Física da Faculdade de Ciências de Lisboa.

Pertenceu à Comissão de Redacção da revista científica portuguesa “Portugaliae Physica” destinada à publicação de trabalhos de investigação em Física.

Foi membro da Comissão de Redacção da revista “Gazeta de Física” desde a sua fundação, até à sua integração na Sociedade Portuguesa de Física.

É impossível enumerar todos os seminários e conferências que realizou. Merece-me no entanto destacar a sua contribuição para as sessões do “Seminário do Centro de Estudos de Física”, onde frequentemente apresentou comunicações sobre os seus trabalhos. Ainda me lembro destas sessões de seminário. Realizavam-se no anfiteatro de Física e era algo que fazia parte da vida académica do Departamento, onde todos estavam presentes. Estes seminários eram posteriormente publicados.³



Junto com colegas da Fac. de Ciências.

Das várias dezenas de conferências proferidas gostaria apenas de destacar:

- “Vida e obra de Manuel Valadares”, Faculdade de Ciências de Lisboa, 1983.
- “A Física Atómica através do selo”, Seminário do Departamento de Física, 1986.
- “Contribuição para o conhecimento da personalidade de Manuel Valadares do ponto de vista científico e humano”, Conferência realizada na Biblioteca Museu República e Resistência, 1998

³ Actualmente, também este precioso hábito desapareceu. O convívio - não apenas o científico, mas duma maneira geral - desapareceu do Departamento de Física. Como nós andámos para trás em tantos aspectos...

MISSÕES DE ESTUDO E REUNIÕES CIENTÍFICAS

Esteve equiparada a Bolseira nos Institutos de Física Nuclear de Orsay, Amsterdam, Utrecht e Heidelberg, onde tomou conhecimento dos trabalhos realizados nesses Institutos, no domínio da Espectroscopia Nuclear. Em Julho de 1971 deslocou-se à Grã-Bretanha, em missão oficial, visitando laboratórios nas Universidades de Cambridge e Oxford, onde se realizavam trabalhos da estrutura da matéria por meio de raios X. Participou na reunião da Physical Society, realizada em Edimburgo em 1956, colaborando na secção de Espectroscopia Nuclear.

Foram várias dezenas os trabalhos publicados em revistas internacionais com arbitragem científica. Não vou enumerar aqui esses muitos trabalhos por me parecer fastidioso. Apenas destaco dois trabalhos, o primeiro e o último em que participei como colaboradora, não porque tivessem sido os mais importantes mas sim pelo que isso representou para ambas: "The experimental relative intensities $K\beta_3/K\beta_1$ and $K\beta_2/K\beta_1$ in elements of medium atomic number", no *Journal of Physics B: Atomic and Molecular Physics* 10, 2101 (1977).

Há trinta anos nada era automático, nem mesmo havia máquinas para fazer contas e ainda me lembro dos cálculos intermináveis para ler os espectros de riscas, obtidas numa chapa fotográfica, e dos cálculos infundáveis dos erros, com toda a sua lei de propagação. Tudo era muito demorado e publicar um trabalho era um grande acontecimento. Os Professores seus contemporâneos chamavam-lhe a "Lídia das Riscas", pois passava muitas horas a medir e a estudar aquelas riscas. O último trabalho foi um *account of research*, a pedido da revista *Journal of X-Ray Spectrometry*: "History of the atomic physics group of the University of Lisbon", *X-Ray Spectrom.* 35, 271 (2006).

Podem imaginar como foi, quando os primeiros espectros foram obtidos com um computador e muitos resultados eram obtidos com o simples toque de uma tecla. Foi um deslumbramento para Lídia Salgueiro. A sua idade nunca a fez desistir de aprender coisas novas. Teve o seu próprio computador desde que eles apareceram e a sua curiosidade levava-a a aprender tudo o que eram programas novos. Era frequente vê-la com o seu portátil nas esplanadas da marginal e fazer os gráficos e contas em Excel.

A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

A sua contribuição para a divulgação científica levou-a a publicar muitos trabalhos que pudessem interessar os alunos e que permitissem demonstrar numa maneira simples a beleza da Física.

Dentre eles vou apenas referir aqueles que corresponderam ao trabalho de muitos anos na área da Filatelia. Também aqui houve influência de Manuel Valadares. Foi ele que a entusiasmou a fazer uma colecção temática de selos na área da Física. Para além dos selos tinha envelopes de 1º dia, selos de prova e outras raridades que só um verdadeiro filatélico pode entender. Poucos selos eram portugueses, sendo a maior parte de países dos quais poucos sabiam a língua. Sempre que algum estrangeiro desses países aparecia de visita ao Departamento lá pedia uma tradução. Considerava o selo uma obra de arte e tinha com eles um cuidado difícil de imaginar. As fotografias dos selos, que acompanhavam as suas publicações, eram todas feitas por ela, em certas condições de luz e sombra que só ela conhecia. Uma das pessoas que fez mais traduções, por falar e escrever russo, foi o amigo de muitos anos Gaspar Barreira, que ainda hoje recorda com saudade esses tempos. Todas essas publicações da história da física através do selo foram editadas a cores pela Academia de Ciências de Lisboa:

- A Física através da Filatelia
- A Física Atómica através do selo (T. XXV, 1984)
- As teorias da luz (T. XXXII, 1992/3)
- O átomo e a radiação (T. XXXIII, 1993/4)
- Radiação visível e invisível (T. XXXIV, 1993/4)
- Comemoração do centenário da morte de Hertz (T. XXXIV, 1993/4)
- Röntgen e os primeiros anos após a descoberta da radioactividade (T. XXXVI; 1996/7)
- Evocando o centenário da descoberta da radioactividade (1896) e do rádio (1898) (T. XXXVI; 1996/7)
- Fundamento e evolução de alguns aparelhos ópticos (T. XLI, 1998/2001)

Assistir a uma "visita" a essa colecção de selos era um privilégio e correspondia não só a visitar uma galeria de arte, mas também a contemplar todos os acontecimentos e descobertas físicas que transformaram o saber e a Ciência através dos tempos.



TRABALHOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

- “Ensino prático da Física F. Q. N.”, *Gazeta de Física* 1(1) (Out. 1946).
- “Distribuição de depósito activo sobre placas metálicas”, *Gazeta de Fís.* 1 (1947).
- “Micro-radiografias por reflexão e por transmissão”, *Gazeta de Física* 2(2) (Jan. 1950).
- “Fundamentos físicos da microscopia electrónica” - *Med. Contemp.* 74, 3 (1956).
- “Evolução da radioactividade até à descoberta da cisão nuclear”, *Ciência* 3 (1964).
- “Fundamentos dos processos de emissão e absorção de radiação X”, *Gazeta de Física* 5(5) (Mar. 1972).
- “Vida e Obra de Manuel Valadares”, *Gazeta de Física* 6(1) (Fev. 1978).
- “O Laboratório de Física da Faculdade de Ciências de Lisboa, no período de 1930-54”, *Revista dos Estudantes de Física da F.C.L.* 1 (1984).
- “Breve evocação de Niels Bohr”, *Memórias da Academia das Ciências de Lisboa*, T. XXVIII, 1 (1987).
- “The story of light theories by stamps”, *Philatelia Chimica et Physica*, 13(3), 20 (1991).
- “Descoberta e natureza dos raios X”, *Gazeta de Física*, 18(3) (1995).
- “Os primeiros anos da descoberta da radioactividade”, *Gazeta de Física* 19(2) (1996).
- “A epopeia do começo da *Gazeta de Física*”, *Gazeta de Física* 20(1) (1997).
- “Marie Curie”, *Visão* nº 332 (Julho 1999).

O CENTRO DE INVESTIGAÇÃO EM FÍSICA ATÓMICA DA UNIVERSIDADE DE LISBOA

Em conjunto com o marido, José Gomes Ferreira, criou em 1976 o Centro de investigação em Física Atómica da Universidade de Lisboa, cuja actividade ainda se mantém e que honra a sua memória. Este Centro, juntamente com o Centro de Física Nuclear, resultou do Centro de Estudos de Física.

Sempre lutou por formar equipas de trabalho, considerando essencial que cada membro dessa equipa não perdesse a sua identidade, a sua capacidade de julgar e a sua liberdade, que não se deixasse atrofiar como pessoa, sujeito a pressões sociais que contrariassem o espírito universitário e o espírito científico. Foi tudo isto que Lídia Salgueiro realizou e transmitiu a todos os que com ela conviveram.

Lídia Salgueiro é bem o exemplo de que de modo nenhum é necessário associar a personalidade de um cientista à de uma pessoa de acção, quer num directo envolvimento social em termos gerais, quer em actividades mais específicas, tais como envolvendo-se em estruturas de gestão e administração. Nunca assumiu nenhum cargo directivo. Era desprovida de todo o protagonismo, mas com uma forte personalidade. Preferia ficar na retaguarda e colocar na linha da frente os seus colaboradores.



Lídia Salgueiro (Natal de 2006)

Acontece

FACE OCULTA, À SOLTA NO UNIVERSO

Teresa Peña



Dizia Voltaire que se a ideia de Deus não existisse teria de ser inventada. O mesmo se pode dizer da matéria escura, inventada pelo físico Fritz Zwicky em 1934. Para explicar as velocidades observadas das galáxias e salvar a teoria da gravitação de Einstein. Mesmo apesar de cerca de 96% do universo ser constituído por matéria e energia escura segundo os cálculos da teoria actual, a matéria escura tem-se recusado a mostrar-se. É uma verdadeira face oculta do Universo a envolver galáxias, e clusters de galáxias.

A fechar 2009, a 18 Dezembro, foi anunciado, que um primeiro sinal da matéria escura pode ter aparecido aos físicos da colaboração CDMS [1], uma experiência no laboratório subterrâneo montado numa mina do Minnesota, para blindar os falsos alarmes provenientes de sinais da matéria normal. Os possíveis sinais da matéria escura apareceram em detectores de cristais de germânio e silício dessa mina, arrefecidos a quase zero graus absolutos (-273°C) de temperatura. Ainda é cedo para dizer se o sinal obtido é estatisticamente significativo pois foram obtidos 2 sinais apenas, e um mínimo de 5 seriam necessários que o resultado fosse conclusivo.

Foi mesmo assim uma boa notícia para a Física, a fechar a ciência de 2009. A juntar a outros sinais, que parecem corresponder à aniquilação de matéria escura na nossa galáxia --- tal como um electrão ao colidir com a sua anti-partícula, o positrão, se aniquila. Sinais estes obtidos, não em minas, mas em satélites, no espaço fora da Terra, como no telescópio de raios cósmicos PAMELA, no balão ATIC (*Advanced Thin Ionization Calorimeter* [2]) e no *Fermi Gamma-ray Space Telescope* [3].

Também em Dezembro de 2009, no “hiper” acelerador LHC no CERN, depois de uma paragem forçada de um ano para controlo de uma avaria, atingiu-se a energia de 2.36 TeV de energia. Há pois, para o novo ano, uma esperança de a matéria escura poder ser criada no laboratório, tal como o é no Universo. A decisiva prova dos nove sobre a natureza da matéria escura será depois comparar o sinal da mina em Minnesota com o que possa obter-se no acelerador em Genebra. Se os dois sinais forem idênticos, então a face oculta do Universo será obrigada a revelar-se, depois de tanto tempo à solta. Seria um desfecho feliz para uma investigação científica, em que, como nas investigações policiais, a coincidência de impressões digitais tudo esclarece!

1. <http://cdms.berkeley.edu/>
2. <http://atic.phys.lsu.edu/aticweb/index.html>
3. <http://fermi.gsfc.nasa.gov/>

Vai acontecer

Gonçalo Figueira



2010, ANO DO LASER

No dia 16 de Maio de 1960 uma nova luz brilhou pela primeira vez. Nesse dia, o físico americano Theodore Maiman demonstrou a criação de um impulso luminoso amplificado por emissão estimulada de radiação – aquilo a que se veio a chamar laser. Se, na altura, pareceu ser apenas uma curiosidade científica, passados cinquenta anos é unânime que o laser se tornou uma ferramenta fundamental na construção do mundo como o conhecemos. Desde os leitores de cd's e dvd's, às telecomunicações ópticas, cirurgia ocular,

corte de precisão, impressão, leitura de códigos de barras, são inúmeras as aplicações que justificam que o laser seja uma das principais invenções do séc. XX.

Em 2010, celebramos os cinquenta anos do seu nascimento. Está em preparação um conjunto de iniciativas terá lugar a nível global, com vista a divulgar a história do laser e a explorar o impacto que as suas aplicações têm na nossa sociedade. O programa LASERFEST, uma iniciativa conjunta da American Physical Society, Optical Society of America, SPIE e IEEE Photonics Society, serve de plataforma de divulgação e de base de informação e recursos para a criação de novos eventos.

Para saber mais:
<http://www.laserfest.org>

De XXS a XXL

a física das escalas de vida

Gonçalo Figueira



Raios misteriosos que encolhem pessoas até ficarem pequenas como um dedal, ou radiações nucleares que as fazem ficar enormes como um arranha-céus... será possível?

Como seria se, de repente, o nosso corpo começasse a aumentar até ficarmos com o dobro da altura? Será que tudo ficava na mesma, e apenas veríamos as coisas de um ponto de vista mais alto? E ficaríamos mais fortes, ou mais fracos? Para responder a estas perguntas usamos a física aplicada à biologia – porque mesmo uma estrutura aparentemente robusta como um corpo humano só funciona se obedecer às leis da física. E essas leis não mudam, mesmo se o tamanho do corpo muda¹. Vamos então ver quais seriam as consequências se conseguíssemos mesmo crescer ou encolher por magia.

O nosso corpo pode ser definido através de certos *comprimentos*, como a altura, a largura dos ombros, ou o diâmetro da cabeça. Também pode ser definido por *áreas*, como a superfície de pele ou a secção dos membros. Ou por *volumes*, como o volume total do corpo, ou a capacidade dos pulmões. Através da densidade, podemos relacionar os volumes com as respectivas *massas*, outro parâmetro importante: a massa do corpo é aproximadamente proporcional ao seu volume. Por estes exemplos já se pode adivinhar o importante papel que estas dimensões físicas têm no funcionamento do organismo.

Consideremos a Fig. 1, em que está representado um corpo humano junto a um cubo, que usaremos como referência.

Vamos admitir que o cubo tem um comprimento de uma unidade; assim, a área de cada face é $1^2 = 1$, a área total é 6 (soma das áreas das seis faces) e o volume é $1^3 = 1$. Podemos dizer que a *razão entre área e volume* é 6. Imaginemos agora que o corpo e o cubo aumentam uniformemente até ficarem com o dobro da altura (ver Fig. 1). Isto significa que todos os comprimentos cresceram de um factor de 2. Mas as áreas, que são proporcionais ao quadrado dos comprimentos, crescem de um factor de $2^2 = 4$. E os volumes, proporcionais ao cubo dos comprimentos, crescem de um factor de $2^3 = 8$. A tabela em baixo mostra os valores destas grandezas num caso e noutra.

	Altura = 1	Altura = 2
Comprimento	1	2
Área total	$6 \times 1^2 = 6$	$6 \times 2^2 = 24$
Volume	$1^3 = 1$	$2^3 = 8$
Razão área / volume	$6/1 = 6$	$24/8 = 3$

¹ Isto é um exemplo simples de um conceito importante em física chamado "invariância de escala".

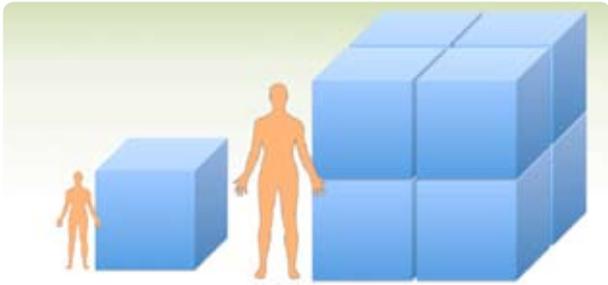


Fig. 1 - Quando muda a altura, mudam também a área e o volume.

O que se alterou?

- Olhemos para o volume: este resultado significa que, apesar de termos crescido apenas para o dobro, o nosso volume total – e, portanto, a nossa massa – aumentou oito vezes! Isto quer dizer que temos os braços ou as pernas oito vezes mais pesados, e é preciso fazer mais esforço para algo tão simples como levantar uma mão, uma perna, ou mantermo-nos em pé.

- Claro que isto não será um problema se a nossa capacidade física também tiver aumentado nessa proporção. Mas a força que um osso ou um músculo têm de suportar é proporcional à sua área (secção) transversal, e esta apenas aumentou quatro vezes (ver Fig. 2): para compensar o aumento de massa, teríamos que fazer o dobro do esforço, e ficaríamos assim com a sensação de ter o dobro do peso – um pesadelo para quem seja adepto de *fitness*. Este resultado deriva directamente do facto de a razão entre a área e volume ter passado para metade – isto ilustra bem como este parâmetro é importante no funcionamento dos organismos a diferentes escalas.

- Outro aspecto tem a ver com o equilíbrio de temperatura do nosso corpo. A nossa pele está constantemente a trabalhar para garantir que, esteja frio ou esteja calor, o interior do corpo está sempre aproximadamente à mesma temperatura, o que é essencial para a nossa sobrevivência. O corpo produz calor numa taxa proporcional ao volume, enquanto a extensão da pele é proporcional à área. Como a razão entre área e volume passou para metade, a nossa pele teria que trabalhar *duas vezes mais rapidamente* para conseguir manter o equilíbrio térmico. Isto daria a sensação de um calor intenso, provocando uma grande quantidade de suor.

Ou seja, passar para o dobro da altura apenas faria de nós um gigante pesadão e cheio de calor, a mexer-se com dificuldade – nada que tenha a ver com um super-herói aos saltos por cima dos telhados...

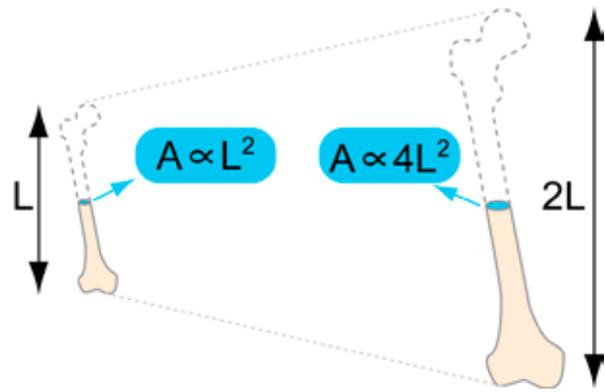


Fig. 2 - Secção de um osso: dobro do comprimento, quádruplo da área.

E que tal tentar o contrário, isto é, encolher – será que ficaríamos dotados de super-força e agilidade? Vamos ver o caso algo mais dramático de uma pessoa que encolhe até ficar apenas com um décimo do seu tamanho, isto é, pouco menos de um palmo de altura. A tabela seguinte mostra quais seriam os valores neste caso.

	Altura = 1	Altura = 0.1
Comprimento	1	0.1
Área total	$6 \times 1^2 = 6$	$6 \times 0.1^2 = 0.06$
Volume	$1^3 = 1$	$0.1^3 = 0.001$
Razão área / volume	$6/1 = 6$	$0.06/0.001 = 60$

E agora, o que aconteceu?

- A massa diminui mil vezes: um homem de 80 kg ficaria com o peso de um telemóvel dos levezinhos. Mas a razão área-volume aumenta dez vezes. Logo, ficamos com a sensação de sermos dez vezes mais leves e mais fortes, o que é bom. Também ficamos com a capacidade de dar grandes saltos e cair de grandes alturas sem nos magoarmos, dado que a resistência do ar e o peso reduzido permitem amortecer as quedas.

- Por outro lado, o corpo perde calor dez vezes mais rapidamente, pelo que precisa de aumentar as fontes de energia. Uma pessoa deste tamanho teria que comer quotidianamente o equivalente ao seu peso, só para se manter viva. E passaria boa parte do tempo a dormir, para economizar recursos. Ou seja, a extraordinária capacidade física seria de pouca utilidade.

- Os sentidos seriam fortemente afectados. Por exemplo, no caso da visão, os olhos seriam relativamente minúsculos, com a área da pupila cem vezes mais pequena – praticamente o mesmo que ser míope e estar às escuras. O mesmo em relação aos tímpanos, orelhas e a capacidade auditiva destes. E a voz? Com as cordas vocais dez vezes

mais curtas e com uma área cem vezes menor, teríamos que nos esforçar para conseguir emitir apenas uns guinchos extremamente agudos, já que seria impossível falar no registo normal de voz. De qualquer modo, com um volume cerebral mil vezes mais pequeno também não seria de esperar que disséssemos alguma coisa inteligente...

Pode-se pois concluir que um homem-miniatura teria uma vida bastante complicada, já que o nosso corpo não se conseguiria adaptar às exigências de ser pequeno.

Em conclusão, cada escala de vida está equipada de acordo com as necessidades da física e da biologia adequadas ao seu tamanho. Não se pode simplesmente mudar sem destruir completamente o equilíbrio do nosso organismo. Assim, mesmo se virmos monstros gigantes nos filmes, não vale a pena encolher de medo...

Para saber mais:

Michael C. LaBarbera, "The biology of B-movie monsters"
<http://fathom.lib.uchicago.edu/2/21701757/>

George Barnes, "Physics and size in biological systems",
The Physics Teacher 27(4), 234 (1989).

Aplicando os princípios do equilíbrio físico e biológico abordados neste artigo, podes discutir com colegas a explicação para vários factos do mundo animal, por exemplo:

- Porque é que os elefantes têm orelhas enormes relativamente ao seu tamanho? E porque é que são o único mamífero que não consegue saltar?

- Porque é que os ratos e outros pequenos mamíferos estão cobertos por uma espessa camada de pelo?

- Uma formiga consegue levantar uma carga igual ao seu próprio peso, mas o que lhe aconteceria se aumentasse até dois metros de altura?

Gigante e anões no cinema e na literatura

A ideia de seres humanos que aumentam ou encolhem de tamanho (com frequência, em resultado de experiências científicas que correm mal...) já vem de longe e foi por diversas vezes explorada em livros e no cinema. Damos aqui uma breve lista de exemplos significativos.



“As viagens de Gulliver”, de Jonathan Swift (1726)
– O livro conta as andanças e aventuras por variadas terras do navegador Lemuel Gulliver, desde a sua estadia em Lilliput, cujos habitantes não ultrapassam os 12 cm, até à passagem por Brobdingnag, onde os nativos têm mais de 9 m de altura. Apesar de, tecnicamente, Gulliver nunca encolher ou crescer pessoalmente, experimenta os dois extremos da escala.

“Alice no País das Maravilhas”, de Lewis Carroll (1865) – Ao perseguir um coelho branco, a jovem Alice cai pela toca abaixo e entra num mundo mágico de criaturas fantásticas. Ao longo da história, Alice cresce e encolhe várias vezes, ao comer bolos, cogumelos, beber poções, ou mesmo abanar-se com um leque! A pobre menina sofre com tanta



ginástica até aprender a controlar o tamanho. Atenção à nova versão cinematográfica deste clássico, a estrear em 2010!

“Sentenciado” (*The incredible shrinking man*, no original, 1957) – o desafortunado herói deste filme é exposto a lixo radioactivo, o que o faz mirrar até apenas um par de centímetros de altura (nota: não tentem isto em casa – não funciona...). Passa o filme a tentar sobreviver a esta escala, incluindo enfrentar uma temível aranha munido de uma simples agulha de costura.



“Viagem fantástica” (1966) – não só um homem, mas uma tripulação inteira (submarino incluído) são miniaturizados até 1 micrão de tamanho para realizar uma complicada operação ao cérebro. Parece fácil, só que as coisas não correm como previsto, e acabam por andar às voltas dentro do corpo do paciente, a lutar contra as defesas naturais deste. Para complicar, têm apenas uma hora antes de voltarem



ao tamanho normal. O cientista Isaac Asimov até acabou por escrever um livro a partir do filme, tendo algumas dores de cabeça para conseguir conciliar a física com a fantasia...

“O incrível Hulk” (banda desenhada, a partir de 1962) – O Dr. Bruce Banner é um físico (!) calmo, educado e inteligente, que por azar é afectado pela explosão de uma bomba gama durante um teste nuclear. A partir desse momento, fica com a indesejável capacidade de se transformar involuntariamente numa criatura esverdeada de três metros de altura, meia tonelada de peso, e mau feitio. O que mostra os perigos dos físicos desperdiçarem os seus talentos a trabalhar para a indústria de armamento.

“Querida, encolhi os miúdos” (1989) – Em mais um exemplo da física ao serviço da miniaturização da humanidade, um inventor algo des-trabelhado cria um aparelho que emite um “raio electro-magnético encolhedor”. Por descuido, o



raio atinge os miúdos – os dele e os do vizinho – que passam assim a ter 1 cm de altura. Quando ele dá as notícias à mulher (daí o título) ela não fica obviamente nada satisfeita. De um modo geral, neste filme as crianças conseguem ser mais inteligentes que os adultos...

“Monstros vs. Aliens” (2009) – (imagem de entrada) Neste divertido e apocalíptico filme de animação, a pobre Susan é atingida por um meteorito em pleno dia de casamento. Isto faz com que absorva uma substância chamada *quantonium*, que a faz crescer descontroladamente, rebentar com o tecto da igreja e tornar-se uma gigante. É capturada e enviada para um centro de investigação secreto, onde conhece outros “monstros” de quem se torna amiga. Em conjunto com eles, acaba por salvar o mundo de uma invasão de *aliens*. Grande Susan!



E a escola chegou ao fim...

Viagem a São Tomé

Jorge Dias de Deus
Pedro Brogueira

Instituto Superior Técnico
jdd@fisica.ist.utl.pt
pedro@fisica.ist.utl.pt

VAI-SE NUM AVIÃO QUE PARECE EM SEGUNDA MÃO E CHEGA-SE, MAL DORMIDOS E MAL DISPOSTOS, PELAS SEIS OU SETE DA MANHÃ, JÁ COM UM SOL RADIOSO LÁ FORA. ALGUMA CONFUSÃO DE CHEGADA, MAS TUDO NORMAL.

Grande alívio por termos à nossa espera os professores que várias vezes, por erráticos emails, tinham sido o nosso contacto: Manuel Penhor, do Instituto Superior Politécnico, e Lúcio Carvalho, do Instituto Diocesano de Formação. Eles eram reais, estavam ali e tudo iria correr bem!

O projecto São Tomé tinha três componentes:

- 1) Escola de Física com o tema “O que conhecemos do Universo”, dedicado a alunos e professores dos ensinos secundário e politécnico. Houve uma participação animada num total de mais de 50 alunos e professores, sobre que iremos falar mais adiante.
- 2) Exposição com cerca de vinte painéis subordinada ao

tema “O desvio da luz pelo Sol”, comemorando a expedição de Eddington à ilha do Príncipe em 1919, para confirmar a relatividade geral de Einstein, incluía também um planetário insuflável. A exposição, a decorrer no espaço cultural Teia d’Arte, ficou em São Tomé, uma segunda versão tendo sido enviada para a ilha do Príncipe.

3) Sétima edição do simpósio “New Worlds in Astro-Particle Physics”, com participação internacional e que se desejava aberto a membros da CPLP, o que só foi muito parcialmente conseguido (Angola e Moçambique, por exemplo, não estiveram representados).

A Escola de Física foi talvez a acção mais animada de todo o projecto. Para além dum conjunto de palestras variadas, indo da história do Universo à relatividade, restrita e geral, e à mecânica quântica, passando por aceleradores de partículas e raios cósmicos, fotões e neutrinos, de tudo se falou um pouco. A animação crescia quando se passava a sessões mais interactivas. A apresentação, em estreia mundial(!), dos vídeos de um minuto “Adivinhas da Ciência” possibilitou largas discussões, por

exemplo com o vídeo “Tudo cai, tudo cai”, em que toda a gente ficou a perceber que embora Galileu estivesse certo, o Aristóteles também tinha a sua razão: por exemplo, para entendermos porque é que uma folha lisa de papel cai mais devagar do que a folha amarfanhada (a menos que a queda seja no vazio...). Mas a grande animação veio com a sessão de mãos na massa, com experiências montadas e realizadas pelos participantes, a partir de *kits* atribuídos individualmente (muito do material foi adquirido em S. Tomé no supermercado Colombo que, em escala e ostentação, tinha muito pouco a ver com o lisboeta Colombo...). Para construir as experiências e realizá-las era preciso seguir as receitas (ver duas caixas-receita que acompanham este texto: como fazer um motor eléctrico e como fazer uma fibra óptica).

Por fim, há que atribuir responsabilidades e apresentar agradecimentos. O projecto foi no essencial uma iniciativa do Laboratório de Instrumentação e Partículas (LIP, Lisboa e Coimbra) e do Centro Multidisciplinar de Astrofísica (CENTRA) do Instituto Superior Técnico. Nos agradecimentos há que incluir o Primeiro Ministro de São Tomé, que apoiou o projecto e inaugurou a Exposição (e que recebeu de alunos um motor eléctrico a funcionar com muitas rotações!), o Ministro da Educação e Cultura que presidiu à abertura do simpósio e que defendeu a necessidade de ciência em São Tomé e Príncipe, o Embaixador do Brasil que disponibilizou o centro cultural para o simpósio, o Embaixador de Portugal que ajudou em tudo o que foi possível, a Fundação para a Ciência e a Tecnologia, a Fundação Calouste Gulbenkian, a Fundação Mário Soares, o Centro de Ciência Viva do Algarve, a SiW (Cientistas no Mundo), o Notícias da CPLP e, não esquecer, os alunos e professores de São Tomé. Mas nada seria possível sem a ajuda do Embaixador de São Tomé no Mundo, João Carlos Silva – mais conhecido pelo seu programa “Na roça com os tachos” – que foi essencial, ele e Isaura, a sua mulher, a todos os níveis de concretização do programa.

Só faltava voltar, apanhar o mesmo avião que tinha sido de ida, pelas sete da manhã, já com sol na ilha. Para trás ficava São Tomé, com as praias paradisíacas, os coqueiros, as tartarugas e as pirogas. E também um pouco da história de Portugal, de que faz parte uma arquitectura que sobrevive, incluindo estátuas de navegadores olhando perdidamente o Atlântico, mas também a memória sórdida da escravatura e da repressão colonial. A meio da tarde em Lisboa era a confusão num grande aeroporto. Como diziam os amigos de São Tomé: em Lisboa é sempre “corre, corre”, em São Tomé é sempre “leve, leve”. Em São Tomé é a paz.

RECEITUÁRIO DE EXPERIÊNCIAS DE SÃO TOMÉ



UM MOTOR SIMPLES

MATERIAL:

- 1 pilha alcalina 1.5 V (formato D)
- 2 m de fio de cobre envernizado (0.7 mm de diâmetro)
- 1 ímã cilíndrico com cerca de 1 cm de diâmetro (Neodímio-Ferro-Boro)
- 2 cliques N4
- Fita-cola
- Plasticina
- Lixa

Enrolar o fio de cobre em volta da pilha deixando duas pontas com cerca de 8 cm de comprimento de ambas as extremidades. Dar duas voltas em torno das espiras que foram “desenformadas” da pilha com uma das extremidades do fio de forma a formar um “nó” de fixação das espiras. No ponto diametralmente oposto das espiras faz-se o mesmo com a outra ponta livre, tendo o cuidado de dar as voltas em sentido contrário do anterior (para facilitar o equilíbrio mecânico do rotor). As pontas livres do rotor ficam então



Professor ou aluno?



O que conhecemos do Universo?



Kits para todos

com cerca de 3 a 4 cm. Abrir os dois cliques ao meio. De seguida rodar a extremidade mais pequena 90° no plano do clipe para que forme uma pequena laçada. Colocar as duas extremidades do clipe de maior dimensão em contacto com os topos da pilha (tendo o cuidado de colocar a curvatura do clipe pouco abaixo do centro da pilha) e fixar com fita-cola (três ou quatro voltas bem apertadas) em torno do conjunto. Colocar a pilha sobre a plasticina horizontal para que os cliques fiquem na vertical. Voltando às espiras que serão o rotor do nosso motor, remover completamente o verniz do fio de cobre de uma das extremidades (apenas!) com a lixa. Na outra extremidade do fio, remover com a lixa o verniz exclusivamente de uma das faces do fio (colocar o rotor numa mesa previamente protegida para não se estragar e lixar apenas face da extremidade do fio visível). Colocar o íman ao centro da pilha no espaço entre os cliques (se a pilha for alcalina, fixar o íman directamente por atracção magnética; em pilhas não alcalinas utilizar um pouco de fita-cola). Colocar o rotor na posição, fazendo entrar as extremidades do fio nas laçadas dos cliques. Afinar o equilíbrio do rotor através de pequenas torções dos fios de suporte das espiras. Dar um toque no motor para que ele inicie a rotação verificando que a altura dos cliques é suficiente para impedir a colisão das espiras no íman durante a rotação. E aí está o motor a rodar... enquanto não gastar a pilha.

Para fazer um motor simples basta conseguirmos manter de forma cíclica a existência de uma corrente eléctrica num rotor que rode numa região onde há um campo magnético aplicado.

“FABRICAR” UMA FIBRA ÓPTICA

MATERIAL:

- 1 garrafão de 5 l
- 1 broca de madeira de 6 mm
- 1 pedaço de plástico plano com cerca de 2 cm de lado (cortar da tampa de uma caixa de cd)
- 1 bisnaga de silicone
- 1 caneta LASER
- Lixa
- Balde
- Plasticina
- Fita-cola

Despejar o garrafão. Com a broca abrir dois buracos a cerca de 3 cm do fundo do garrafão em dois pontos diametralmente opostos. Enrolar o papel de lixa para fazer um rolo de cerca de 10 cm de comprimento por 5 mm de diâmetro. Lixar os dois orifícios abertos no garrafão até que as faces do corte fiquem regulares e sem rebarbas. Colocar silicone ao longo das arestas do quadrado plástico numa única face. Fixar o pedaço de plástico sobre um dos orifícios tendo o cuidado de não deixar que a silicone obstrua o orifício. Deixar secar durante algumas horas. Depois de seco encher o garrafão de água tapando-o de seguida com a tampa original para impedir que a água saia pelo orifício aberto do garrafão. Colocar o garrafão na extremidade de uma mesa com o orifício aberto virado para fora da mesa. Fixar o botão da caneta LASER na posição ligada com fita-cola. Colocar a caneta LASER sobre uma bola de plasticina em cima da mesa e alinhando-a para que o raio passe pelos dois orifícios do garrafão. Retirar a tampa do garrafão (cuidado para não desalinhar) e recolher o jacto de água num balde. Observar com a mão que o laser segue agora a trajetória da água.

Para fazer uma fibra óptica simples basta conseguirmos ter um cilindro de um material com um índice de refração maior que aquele do meio envolvente e injectar numa das extremidades um feixe de luz. O jacto de água no ar funciona perfeitamente!





Há que seguir as receitas



Forças electromagnéticas em acção



Quem ganha, o verde ou o vermelho?

Algures no meio da escola surgiu uma pergunta: “O que é uma fibra óptica?”. A nossa resposta: “Faz-se amanhã!”. Tínhamos a manhã seguinte para procurar uma solução. E começar por uma ida ao Colombo. Partimos do Instituto Superior Politécnico, onde já decorria a escola nessa manhã, com uma lista de material para comprarmos. Todos que encontramos em cruzamentos, ruas e lojas foram levando-nos pela mão – “uma mão lava outra... uma mão sozinha não lava!”. Pelo caminho deixámos de chamar mangueira a tubo (mangueira é árvore), comprámos brocas avulso entrando por uma florista onde nas traseiras por detrás de uma cortina é revelada a existência de um armazém sem luz e uma senhora que dispara “E você conhece broca de madeira?” Lá respondemos que sim, tubo numa casa de bicicletas, um recipiente de vidro numa loja de loiça impecável e onde parece que o tempo parou há décadas... Agora seria só voltar à escola e fazer uma fibra óptica de água. Trazendo na bagagem uma oferta do “Beirão-Beirão”: uma tabuada e um caderno das primeiras letras “seguindo a tradição do avô que desde sempre as distribuiu gratuitamente” .

Quem animou a escola: Conceição Abreu, Sofia Adringa, Pedro Assis, Pedro Brogueira, Vítor Cardoso, João Carvalho, Jorge Dias de Deus e Ana Mourão, com o apoio de Sandra Dias.



RTP África aprende polarização da luz

UM E-MAIL À CHEGADA A LISBOA¹

“Achei um maximo essa vossa iniciativa, gostaria de participar mas vezes porque aprende muito.

Os temas foram muitos interessantes, alguns foram fácies de entender e outros tive que perguntar ao colega ao lado para entender melhor. Sim, fiquei com muita vontade de aprender mais sobre esses assuntos, e se tiver oportunidade gostaria de aprender muito mais sobre os outros assuntos.

Gostei muito como os professores explicavam e gostei muito mas da actividade pratica, no qual aprende a construir muitas coisas.

Espero participar mas vezes....”

marilene d’assunção lima afonso



¹ O texto do e-mail não foi editado propositadamente



Divulgação científica: os melhores livros do ano

Gonçalo Figueira

QUAIS OS MELHORES LIVROS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA PUBLICADOS EM 2009? Para nos ajudar na escolha, pedimos a opinião de conhecidos autores e divulgadores de ciência. Em baixo listamos as preferências de Carlos Fiolhais (CF), físico, Jorge Buescu (JB) matemático, e Palmira F. Silva (PFS), química.

Charles Darwin, “A Origem das Espécies” (Guimarães)

(CF) No ano dos 150 anos deste livro, que foi também o dos 200 anos do nascimento do autor, várias edições saíram em Portugal, entre elas a da Guimarães. Um clássico, portanto!

Richard Dawkins, “O Espectáculo da Vida: A Prova da Evolução” (Casa das Letras)

(PFS) O último livro do autor de “O Gene Egoísta” e “O Relojoeiro Cego” é mais que um passeio extremamente didático por 150 anos de evidências da evolução provenientes de disciplinas científicas diversas. Dawkins inspira nos leitores um encantamento pelo mundo natural e uma vontade de saber mais sobre biologia para poder apreciar em pleno o espectáculo da vida.

Graham Farmelo, “The Strangest Man: The Hidden Life of Paul Dirac, Mystic of the Atom” (Basic Books)

(CF) Uma biografia de um dos mais importantes físicos do século XX, o inglês Paul Dirac, um dos criadores da teoria quântica.

(JB) Deliciosa biografia sobre o físico mais excên-

trico, mas dos mais interessantes, da geração da revolução quântica.

Ben Goldacre, “Ciência da Treta” (Bizâncio)

(CF) A pseudociência na área das ciências da saúde desmascarada por um médico que conhece bem o método científico.

(JB) Um médico explica-nos como distinguir a ciência das muitas pseudo-ciências na área da saúde, passando pelos alarmismos fantasmas devidos à má ciência. Um livro de combate.

Timothy Gowers (ed.), “The Princeton Companion to Mathematics” (Princeton University Press)

(JB) Um livro único no seu género, escrito por dezenas de especialistas, que dá uma perspectiva extraordinária sobre toda a Matemática. Ficará como referência durante muitos anos.

Richard Holmes, “The Age of Wonder: How the Romantic Generation Discovered the Beauty and Terror of Science” (Pantheon)

(CF) No ano em que se comemoram os 50 anos da palestra de C. P. Snow sobre as duas culturas, esta obra é um exemplo da união dessas culturas ao relacionar a ciência e a arte do século XIX.

(PFS) A narrativa de Richard Holmes sobre a relação por vezes complicada dos românticos britânicos com a ciência é muito mais do que uma biografia de grupo dos cientistas que marcaram o período, como Joseph Banks, Humphrey Davy ou William Herschel, e a forma como se relacionaram com, por exemplo, Keats, Coleridge, Byron ou os Shelleys. A Idade do Maravilhamento é um apelo ao selar da fissura sem sentido entre as “duas culturas” a que os leitores não resistem.

Bruce Hood, “Supersense: From Superstition to Religion - the Brain Science of Belief” (Constable)

(JB) Um livro cativante, bem-humorado e sério sobre as razões pelas quais pessoas inteligentes podem acreditar em coisas estranhas.

Manjit Kumar, “Quantum: Einstein, Bohr and the Great Debate About the Nature of Reality” (Icon)

(PFS) Manjit Kumar apresenta-nos uma narrativa soberbamente escrita sobre a revolução científica que se transformou no debate intelectual mais aceso do século XX. Kumar consegue com este livro a tarefa que muitos considerariam impossível, explicar quer as questões filosóficas quer as questões históricas subjacentes e situá-las na conjuntura política da época.

David Landes, “A Revolução no Tempo” (Gradiva)

(CF) Do autor de “A Riqueza e a Pobreza das Nações”, outra grande obra da autoria do economista de Harvard, que é uma verdadeira história cultural do tempo e dos relógios.

Jason Rosenhouse, “The Monty Hall Problem: The Remarkable Story of Math’s Most Contentious Brain Teaser” (Oxford University Press)

(JB) Exploração brilhante das ramificações de um pequeno quebra-cabeças matemático que confunde, por vezes até ao ponto da violência verbal, aqueles a quem é colocado: até Paul Erdős deu a resposta errada.

Eric Roston, “The Carbon Age: How Life’s Core Element Has Become Civilization’s Greatest Threat” (Walker & Company)

(PFS) Este livro de Roston, contrariamente ao que o título poderia fazer pressupor, não versa (apenas) sobre alterações climáticas mas oferece-nos uma perspectiva do carbono e do seu papel no Universo, na Terra, na vida e na sociedade que conjuga cosmologia, física, química e ecologia. Escrito de forma muito atraente, recorda em alguns excertos o último capítulo da “Tabela Periódica” de Primo Levi (“Sistema Periódico”, Gradiva), uma fantasia poética sobre o percurso de um átomo de carbono que passa pelo cérebro do escritor e integra as suas lucubrações num fugaz instante do seu ciclo.

Neil deGrasse Tyson, “The Pluto Files: The Rise and Fall of America’s Favorite Planet” (Norton)

(PFS) Este ano foi também o Ano Internacional de Astronomia que assinala o aniversário da primeira observação astronómica realizada por Galileu há 400 anos. No seu último livro, um dos mais conhecidos astrofísicos da actualidade, com a verve e humor que caracterizam todos os seus livros, conjuga cultura popular e investigação *state-of-the-art* para explicar porque dirigiu o movimento que levou à “despromoção” de Plutão do seu estatuto planetário.

David Sloan Wilson, “A Evolução para Todos: Como a teoria de Darwin pode mudar a nossa forma de pensar na vida” (Gradiva)

(PFS) No ano em que assinalamos o bicentenário do nascimento de Darwin e os 150 anos da publicação de “A Origem das Espécies”, muitos autores elegeram a evolução como tema dos seus livros. Wilson destaca-se pela história fascinante que escreve para o público em geral com um rigor que o recomenda para a comunidade científica.

A propósito da Cimeira de Copenhaga

Augusto Barroso

Presidente da SPF

QUANDO ESTE NÚMERO DA GAZETA CHEGAR ÀS MÃOS DO LEITOR JÁ SABEREMOS SE, NA CIMEIRA DE COPENHAGA SOBRE O CLIMA, TERÁ SIDO CONSEGUIDO UM ACORDO, COM METAS VERIFICÁVEIS, PARA A REDUÇÃO DOS GASES COM EFEITO DE ESTUFA.

Na altura em que escrevo¹, este objectivo parece difícil de alcançar. Os observadores melhor informados admitem que é mais realista esperar apenas um acordo de princípio e, talvez no México, em 2010, seja possível obter metas quantificáveis. O problema não é fácil. Trata-se de conciliar os interesses dos países desenvolvidos, que em grande parte originaram o problema, com o interesse dos países em desenvolvimento, a quem não se pode pedir que atrasem esse desenvolvimento em nome da sustentabilidade. Na figura seguinte representei para vários conjuntos de países, a razão R entre a produção anual de CO_2 em toneladas e o consumo anual de energia final em megajoule.

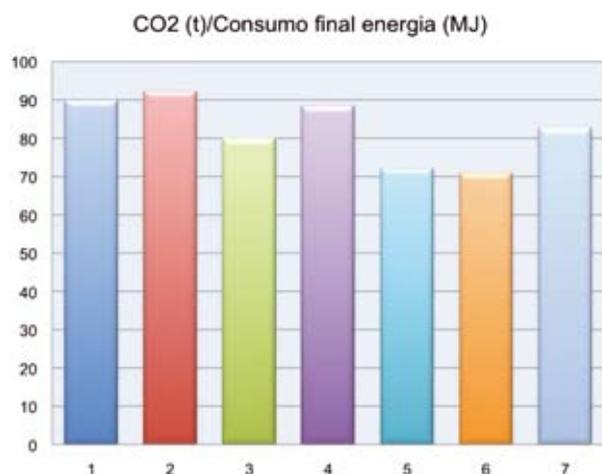


Fig. 1 - Razão entre a produção anual de CO_2 (toneladas) e o consumo anual de energia final (MJ). 1: países desenvolvidos do Pacífico (Japão, Coreia do Sul, Austrália e Nova Zelândia); 2: Estados Unidos e Canadá; 3: Europa; 4: países da ex-URSS; 5: América Latina; 6: África e Médio Oriente; 7: Ásia.

Os dados são de 2002. Nesse ano o consumo total de energia final foi de 286,2 exajoule ($1 \text{ EJ} = 10^{18} \text{ J}$) a que correspondeu uma produção de 23,97 gigatoneladas de CO_2 , o que dá um valor médio de $R=83,7 \text{ t/MJ}$. Podemos verificar que os valores de R se situam no intervalo de 70 a 90 toneladas por megajoule, o que é talvez surpreendente dada a grande disparidade dos índices de desenvolvimento destes países. Seriam de esperar valores mais elevados de R para os países mais desenvolvidos. Isto é verdade se compararmos os países desenvolvidos da OCDE (barras 1, 2 e 3) com a América Latina e a África (barras 5 e 6) mas não é verdade se compararmos a Europa com a Ásia em desenvolvimento (barra 7) ou mesmo com os países da ex-União Soviética (barra 4). O que acontece nestes casos é explicado pela enorme produção de CO_2 associada a uma mais intensa utilização de combustíveis fósseis, especialmente carvão, em centrais termoeléctricas. Nos países desenvolvidos, a produção de CO_2 atribuída aos vários sectores de actividade segue a regra aproximada de um terço para os transportes, um terço para a produção de electricidade e um terço para as habitações e outras actividades. Este facto é ilustrado na figura seguinte.

Produção de CO_2 nos E. Unidos em 2007

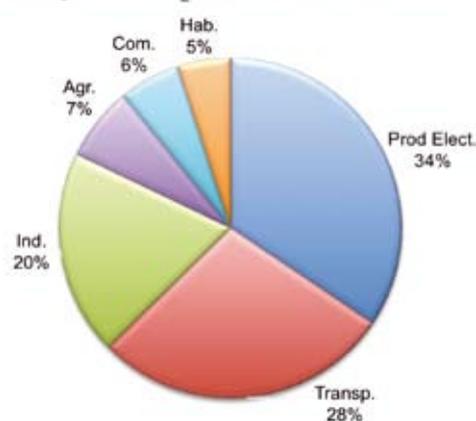


Fig. 2 - Produção de CO_2 nos EUA por sector de actividade (2007).

¹ Este artigo foi recebido pela Gazeta da Física em 20/11/2009, antes da realização da Cimeira de Copenhaga



Central Nuclear de Olkiluoto na Finlândia.



Turbina a gás de ciclo combinado do tipo das que estão a ser instaladas na Central do Pego em Abrantes (cortesia da Siemens).

Não disponho de uma informação análoga para a China mas posso afirmar que, enquanto nos EU a utilização do carvão é responsável por cerca de 49 % da produção de electricidade, esta percentagem ultrapassa os 80% na China. Se, além da produção de electricidade, tomarmos ainda em conta a produção de calor, então o desequilíbrio na utilização do carvão ainda é maior. Com efeito, a China utiliza carvão para gerar 2,5 EJ de calor enquanto o correspondente número para os Estados Unidos é de 47,5 terajoule (1 TJ = 10¹² J). Estes factos explicam a enorme produção de CO₂ naquele país.

Para se perceber melhor o impacto das centrais termoeléctricas a carvão atentemos nos gráficos seguintes, onde representámos a produção de gases com efeito de estufa em kg de CO₂ por megawatt-hora (MW h), correspondente a vários tipos de centrais produtoras de electricidade.

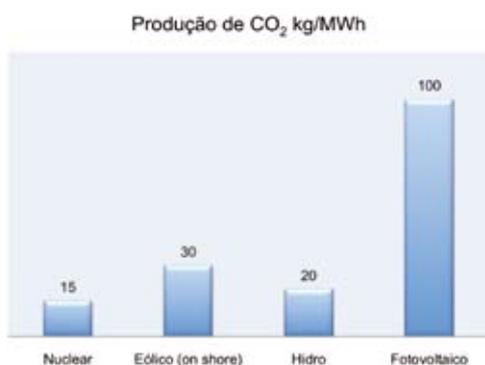
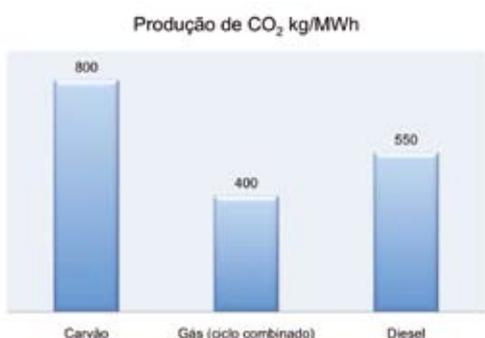


Fig. 3 - Produção de gases com efeito de estufa (kg de CO₂ por megawatt-hora)

O primeiro gráfico agrupa as centrais mais poluentes e o segundo as menos poluentes. Em relação a estas, onde se incluem as chamadas energias renováveis, devemos notar que mesmo as centrais nucleares são responsáveis pela emissão de gases com efeito de estufa. Esta emissão não é essencialmente devida ao funcionamento mas deve ser tida em conta quando se compara o ciclo de vida completo destas instalações, desde a extracção do minério até à construção e desmantelamento das centrais. O mesmo acontece com as centrais eólicas e hídricas. Em resumo, o que estes dois gráficos nos mostram é que a substituição de centrais térmicas a carvão por centrais a gás de ciclo combinado reduz o CO₂ emitido por um factor de dois. A substituição por uma central nuclear reduziria os gases com efeito de estufa por um factor da ordem de cinquenta!

Em face destes gráficos não é difícil perceber a razão pela qual em 2007 o governo chinês planeou retirar de funcionamento até 2010 um número de centrais térmicas a carvão correspondentes a um total de 50 GW. Em contrapartida, tem sido exponencial o crescimento das centrais eólicas que atingiram, em 2008, uma potência instalada de 12 GW. Por outro lado, o plano de desenvolvimento da China até 2020, prevê a construção de 23 reactores nucleares de 1 GW cada, a que corresponde um investimento total de 450 mil milhões de *yuan*. A potência nuclear total instalada em 2020 será de 40 GW e, nessa data, existirão ainda mais 18 GW em construção.

Se considerarmos que existem actualmente no mundo cerca de 1500 milhões de pessoas sem acesso a electricidade, dos quais 900 milhões estão na Ásia, não podemos deixar de concluir que a energia nuclear será imprescindível para resolver os problemas energéticos do mundo.

E em Portugal? Portugal é um pequeno país e à escala global pouco conta. Contudo, examinemos o gráfico da evolução do consumo de energia primária no nosso país, segundo o sítio da Direcção Geral de Geologia e Energia (DGGE).

Evolução do Consumo de Energia Primária em Portugal

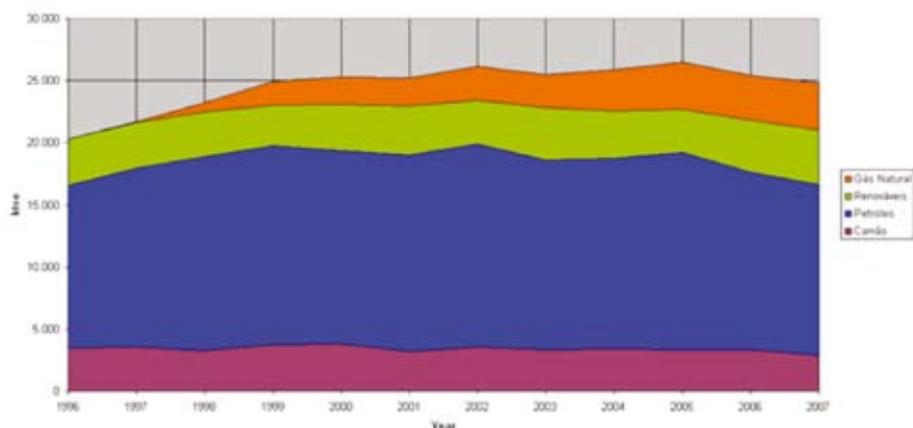


Fig. 4 - Evolução do consumo de energia primária em Portugal 1996-2007 (fonte: <http://www.dgge.pt>)

A unidade usada é o ktep (kilotonelada de equivalente de petróleo). Em percentagem, os números correspondentes a 2007 são: carvão 11,3%; petróleo 54%; gás natural 15% e renováveis 17,1%. Atendendo a que só esta última não é importada, a nossa dependência externa em matéria de energia foi de 82,7 %. Dado que a faixa verde, correspondente às renováveis, não tem variado muito ao longo dos anos, o panorama nos últimos dez anos só se tem agravado. Mesmo sem ser economista arriscava-me a afirmar que dificilmente a nossa balança comercial será equilibrada, sem conseguirmos corrigir esta enorme dependência externa em matéria de energia. Para benefício dos leitores menos familiarizados com estes assuntos reproduzo da base de dados da OCDE o défice da nossa balança de pagamentos em percentagem do produto interno bruto (PIB).

Défice da Balança de Transacções em % do PIB

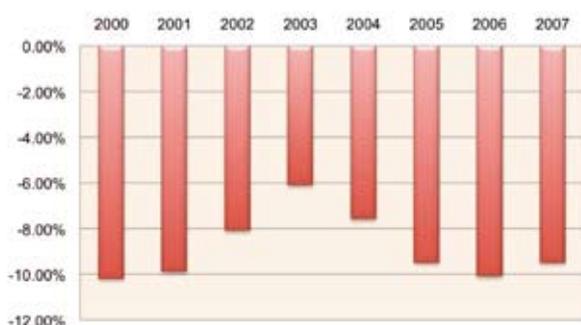


Fig. 5 - Défice da balança de transacções para Portugal 2000-2007 (fonte: OCDE).

É natural que alguns leitores ponham a questão de saber se, dado o enorme esforço que o País tem feito no desenvolvimento da energia eólica, não iremos, a prazo, resolver este problema. É claro que a energia eólica ajuda. Mas infelizmente não chega e é fácil perceber porquê. Para além das limitações físicas à instalação de geradores eólicos acontece

que a produção não depende só da potência instalada. É também preciso que exista vento e, como sabemos, este não sopra sempre com a mesma velocidade. Acontecerá certamente muitas vezes que o parque eólico produzirá muita energia durante a noite quando o consumo é menor e pouca ou nenhuma energia durante as horas de ponta. Como os consumidores pretendem ter sempre electricidade disponível, basta este exemplo para verificar que nenhum sistema produtor pode ser integralmente suportado por energia eólica. Por outro lado, quando a produção eólica é em excesso a melhor maneira de armazenar a energia não consumida é armazenar água

em barragens. Daí a importância de termos um sistema de barragens com um reservatório a jusante da barragem para podermos bombear a água para a albufeira principal. Contudo, depois de termos semeado o país com moinhos de vento, de termos electrificado os montes para os ligar à rede e uma vez terminado o presente plano de construções de barragens, só nos restará a opção da energia nuclear. A alternativa é mais cara, mais poluente e agravará a nossa dependência externa. Termino com um gráfico que mostra a origem da energia eléctrica consumida em Portugal.

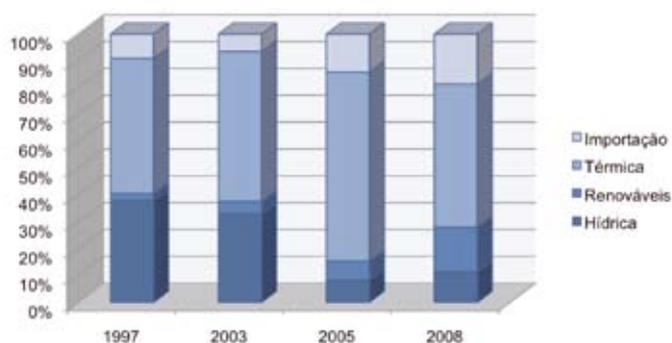


Fig. 6 - Consumo de energia eléctrica em Portugal por origem.

Notem a grande variabilidade anual da produção hídrica que está dependente dos anos serem mais ou menos chuvosos. Esta variação anual, conjugada com a variação diária ou semanal da produção eólica, estabelece o limite superior à percentagem deste tipo de produção no total do consumo. O que falta será suprido consumindo combustíveis fósseis ou importando energia eléctrica das centrais nucleares dos nossos vizinhos espanhóis.

Referências:

- Direcção Geral de Energia e Geologia (<http://www.dgge.pt>)
- OCDE (<http://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?queryname=18167&querytype=view&lang=en>)
- International Energy Agency (<http://www.iea.org/textbase/pm/?mode=weo>)

A energia do país passa por nós.

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



Redes de confiança





Projecto **MEDEA**

Medição de Campos Eléctricos e Magnéticos no Meio Ambiente

A Sociedade Portuguesa de Física criou um projecto de sensibilização junto dos alunos de várias escolas secundárias do país, desafiando-os a medir e a compreender o campo eléctrico e magnético no meio ambiente. A electricidade e o magnetismo são fenómenos naturais que resultam da própria estrutura da matéria, encontrando-se presentes em todos os seres vivos, assim como no meio ambiente que nos rodeia. A própria Terra está rodeada de um campo magnético que nos protege de grande parte da radiação cósmica. As actividades humanas, domésticas e industriais são também geradoras de campos eléctricos e magnéticos. No nosso quotidiano, encontramos-nos em permanente exposição a estes campos.

Mais informação em <http://www.spf.pt/medea/>