

Gazeta de

Física

Sociedade Portuguesa de Física



NÚMERO TEMÁTICO:
FÍSICA E ARTE

A IMAGEM DA FÍSICA NA
LITERATURA

Klaus R. Mecke

A FÍSICA DAS ESCALAS MUSICAIS

Rui César Vilão



GAZETA DE FÍSICA VOL. 27 FASC. 4, 2004

DIRECTOR Carlos Fiolhais
DIRECTORAS ADJUNTAS Constança Providência e Lucília Brito
EDITORA Paula Almeida

CORRESPONDENTES Paulo Crawford (Lisboa),
Joaquim Santos (Coimbra) e João Pedro Araújo (Porto)

COLABORAM AINDA NESTE NÚMERO
Adília Lopes, Ana Carla Campos, Ana Cristina Oliveira,
Jorge Casimiro, Katharina Lorenz, Klaus R. Mecke, Paulo
Ivo Teixeira, Regina Gouveia, Rui Vilão, Teresa Direitinho,
Sandra Costa.

SECRETARIADO
Maria José Couceiro (Lisboa)
e Cristina Silva (Coimbra)

DESIGN
MediaPrimer - Tecnologias e Sistemas Multimédia Lda
Rua Simões de Castro, 132, 1º Esq.
3000-387 Coimbra
E-mail info@mediaprimer.pt

PRÉ-IMPRESSÃO E IMPRESSÃO
Carvalho & Simões, Artes Gráficas, Lda
Estrada da Beira 479 / Anexo
3030-173 Coimbra

TIRAGEM 1800 exemplares

PREÇOS Número avulso 5,00 € (inclui IVA).
Assinatura anual 15,00 € (inclui IVA).
A assinatura é grátis para os sócios da SPF.

PROPRIEDADE DA SOCIEDADE PORTUGUESA
DE FÍSICA

ADMINISTRAÇÃO E REDACÇÃO
Avenida da República 37-4º 1050-187 Lisboa
Tel 217 993 665 Fax 217 952 349
E-mail secretariado@spf.pt

ISSN 0396-3561
REGISTO DGCS nº 107280 de 13.05.80
DEPÓSITO LEGAL nº 51419/91
PUBLICAÇÃO TRIMESTRAL

A Gazeta da Física publica artigos, com índole de divulgação, considerados de interesse para estudantes, professores e investigadores em Física. Deverá constituir também um espaço de informação para as actividades da SPF, nomeadamente as suas Delegações Regionais e divisões Técnicas. Os artigos podem ter índole teórica, experimental ou aplicada, visando promover o interesse dos jovens pelo estudo da Física, o intercâmbio de ideias e experiências profissionais entre os que ensinam, investigam ou aplicam a Física. As opiniões expressas pelos autores não representam necessariamente posições da SPF.

Os manuscritos devem ser submetidos em duplicado, dactilografados em folhas A4 a dois espaços (máximo equivalente a 3500 palavras ou 17500 caracteres, incluindo figuras, sendo que uma figura corresponde em média a 140 palavras). Deverão ter sempre um curto resumo, não excedendo 130 palavras. Deve(m) ser indicado(s) o(s) endereço(s) completo(s) das instituições dos autores, assim como o endereço electrónico para eventual contacto. Agradece-se o envio dos textos em disquete, de preferência "Word" para PC. Os originais de figuras devem ser apresentados em folhas separadas, prontas para reprodução, e nos formatos electrónicos jpg, gif ou eps.

PUBLICAÇÃO SUBSIDIADA

APOIO:
Ministério da Educação - Sistema de Incentivos à
Qualidade da Educação



ÍNDICE

ARTIGOS

A IMAGEM DA FÍSICA NA LITERATURA Klaus R. Mecke	4
A FÍSICA DAS ESCALAS MUSICAIS Rui César Vilão	14
CIENTISTAS E ESCRITORES: A IMPORTÂNCIA DA IMAGINAÇÃO Teresa Direitinho	20
CIÊNCIAS, ARTES E LETRAS: ANDAMENTOS E INFRACÇÕES Jorge Casimiro	26
POEMAS INÉDITOS Adília Lopes	28
CONCURSO DE DEMIURGOS Ana Carla Campos e Ana Cristina Oliveira	30

NOTÍCIAS

FÍSICA EM PORTUGAL	36
--------------------	----

SECÇÕES

ENSINO DA FÍSICA	40
2005 - ANO INTERNACIONAL DA FÍSICA	46

A FÍSICA E AS ARTES

Poderá haver quem pense que Física e Arte não combinam ou pouco têm em comum. Mas não poderão estar as Artes profundamente ligadas à Física? Neste último número de 2004 da Gazeta, um número temático, procuramos mostrar alguns aspectos desse relacionamento. Esta não é, aliás, a primeira vez que a Gazeta fala de artes, tendo já sido aqui publicados trabalhos sobre artes visuais de Rui Mário Gonçalves e Jorge Calado. Desta vez o foco é na literatura e na música.

Recomendamos, a abrir, o artigo "A Imagem da Física na Literatura", da autoria de **KLAUS R. MECKE**. O autor procura mostrar como os mundos separados da Física e da Literatura se podem encontrar; já que ambos têm em comum o interesse pelo conhecimento. A seguir, **RUI CÉSAR VILÃO** escreve sobre a física das escalas musicais, **TERESA DIREITINHO** sobre a importância da imaginação nos cientistas e escritores e **JORGE CASIMIRO** sobre "a poética mágica das palavras", das formas e fórmulas. **ADÍLIA LOPES** oferece-nos alguns poemas inéditos. **ANA CARLA CAMPOS** e **ANA CRISTINA OLIVEIRA** trazem-nos uma peça de teatro premiada no concurso "Life in Universe", no quadro do programa europeu "Physics on Stage"

Na secção "Física em Portugal", o destaque para uma entrevista com **PAULO IVO TEIXEIRA**, vencedor do Prémio de Tradução Científica e Técnica em Língua Portuguesa FCT/União Latina 2004, com a tradução da obra "Mais Rápido que a Luz", de João Magueijo. Paulo Ivo Teixeira foi, de resto, tradutor do artigo de Mecke atrás referido.

Na secção Ensino da Física, **REGINA GOUVEIA** fala-nos da poesia na sala de aula e da sua relevância no ensino das ciências, da cultura e da cidadania.

Também o Ano Internacional da Física continua a merecer toda a nossa atenção, especialmente os vários eventos já programados para 2005.

Resta-nos desejar um 2005 cheio de Física!

"A literatura e a física habitam o mesmo ambiente cultural. Não só a física influencia a literatura como vice-versa. Não no sentido de uma causalidade directa, mas sim no de um quadro interpretativo comum, de uma língua comum, de imagens e metáforas comuns. Porque a física vive de metáforas poderosas".

A imagem da física na literatura é aqui analisada por um físico alemão numa tradução de Paulo Ivo Teixeira, da Faculdade de Engenharia da Universidade Católica, e de Katharina Lorenz, do Instituto Tecnológico e Nuclear.

KLAUS R. MECKE

Instituto de Física Teórica, Universidade Erlangen-Nürnberg e Instituto Max-Planck para Investigação de Metais, Stuttgart, Alemanha.

mecke@mf.mpg.de

A IMAGEM DA LITERATURA

Permito-me começar por referir um curto episódio do romance "Gut symmetries", de Jeanette Winterson. Com a tradução perde-se, infelizmente, o jogo de palavras entre o termo físico "Grand Unified Theories" (Teorias de Grande Unificação) e as vísceras humanas, em inglês "gut". A narradora, física, faz o seguinte relato do enterro do seu pai:

"Estávamos junto da sepultura; o padre pregava, a minha avó murmurava incessantemente para si mesma "O David já está no céu, o David já está no céu", e eu repetia mentalmente: o gato de Schrödinger, o gato de Schrödinger. A experiência do gato de Schrödinger. A nova física é um arroto na cara dos convivas bem-comportados no jantar do bom senso.

Onde está o meu pai? (...) Imagino que ele nos deixe passear pelas ruas a sua enfeitada máscara funerária, ao mesmo tempo que se recompõe do outro lado do muro. (...) Se existissem universos paralelos, o meu verdadeiro pai poderia continuar a viver num deles, abandonando-nos aqui o seu eu desfigurado. (...) Se soubéssemos manipular o espaço-tempo, desapareceria a ilusão de uma vida linear e única. (...) Brinco com estas coisas para me libertar do bom senso humano, que me diz, entre outras coisas, que a Terra é plana e que o meu pai está morto."

Livre do bom senso, o romance lança-se continuamente em busca de formas de vida mais bem sucedidas, assim como do sentido da mesma, encontrando a narradora na física moderna imagens e ideias apropriadas. Pense-se, por exemplo, nos universos paralelos, símbolo de tudo o que se divide, de toda a dualidade da vida, do céu e do inferno, do masculino e do feminino. Para Jeanette

FÍSICA NA

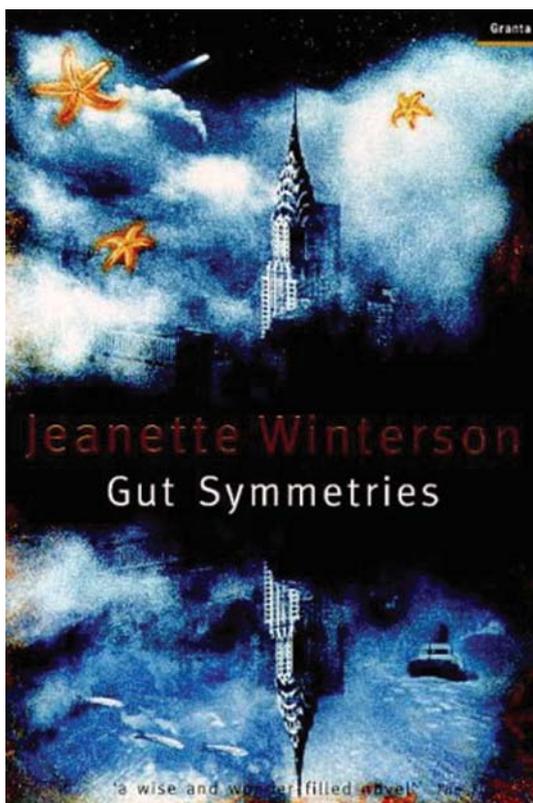
O carbono cristalizado, a luz dos milénios, pedra mágica. O diamante como alegoria da alma, ou ainda "*a função de onda da vida, dispersa por um doce rosto*".

As maravilhas da física reflectem-se nas maravilhas da vida. Há um episódio sobre a incerteza e a transitoriedade do ser humano, sobre a felicidade e sobre a fragilidade do amor, sobre a "*graça subatômica da matéria instável*". Não o posso contar aqui, o leitor tem de o ler. "*A probabilidade de mundos separados se encontrarem é muito reduzida. Mas é uma possibilidade muitíssimo atraente. Enviamos naves para o espaço. Apaixonamo-nos.*" Lemos e investigamos. Os mundos separados da literatura e da física podem encontrar-se.

AS DUAS CULTURAS - UMA HISTÓRIA ESCANDALOSA?

Foi há mais de 40 anos que Sir Charles Snow provocou um choque ao proferir, em Cambridge, a sua "Rede Lecture" intitulada "As Duas Culturas e a Revolução Científica". A tese nela defendida, segundo a qual existiriam no mundo moderno duas culturas, a das ciências humanas e a das ciências naturais, ignorantes e indiferentes uma à outra, não era nova, mas tocou num ponto sensível. C. Snow, que era simultaneamente cientista e escritor, acusou sobretudo os intelectuais de formação humanística de não aceitarem a ciência como conhecimento e de não darem valor ao trabalho científico. Passo a citar: "*O grau de incompreensão mútua é uma daquelas anedotas que só conseguem provocar um sorriso amargo*"... "*Encontram-se por vezes poetas que utilizam conscientemente expressões científicas mal compreendidas.*" Estas afirmações provocaram acesos protestos, não só no Reino Unido mas também logo a seguir nos Estados Unidos e depois por todo o mundo. Refira-se em particular Frank Leavis, Professor de Literatura em Cambridge, que atacou Snow de forma ofensiva na sua "Richmond Lecture" de 1962. E, no entanto, a sua tese, de que o desconhecimento dos sonetos de Shakespeare não podia ser comparado à ignorância da Segunda Lei da Termodinâmica, pareceu reforçar a tese de Snow.

No debate alargado participaram não só físicos, como Robert Oppenheimer, mas também críticos literários e escritores, como Aldous Huxley. O ensaio de Huxley intitulado "Literatura e Ciência" foi escrito como reacção directa a esta controvérsia, parecendo acima de tudo dar razão a Snow: "*A grande maioria dos poemas de qualidade razoável escritos desde 1921 ignora o facto mais importante da história contemporânea - o progresso cada vez mais rápido das ciências da natureza e das tecnologias.*" Este fenómeno não é pertença exclusiva do século XX: basta olhar para os tempos da Revolução Industrial no século XIX para se verificar que a maior parte dos poetas se limitava então a falar de pores-do-sol e de pastores de ovelhas.



Winterson, a física moderna é a porta de entrada para as origens do nosso mundo, com a mesma qualidade mística que a astrologia e a ciência dos humores de Paracelso - daí as GUTs/entranhas. Numa história de cortar a respiração, vemos associarem-se o microcosmos e o macrocosmos, dado que "*a Via Láctea passa pelo ventre*", associação simbolizada por um feto que engole um diamante.

E Heinrich von Kleist fez notar que "era possível dividir as pessoas em duas classes: as que se entendem com metáforas e as que se entendem com fórmulas. As que se entendem com ambas são tão poucas que não chegam a constituir uma classe".

Também Huxley propôs uma explicação deste fenómeno, que à primeira vista parece plausível. Escreveu: "Aos literatos, incapazes de compreender os novos desenvolvimentos, nada mais restava do que ignorar totalmente as ciências naturais contemporâneas". Contudo, bem vistas as coisas, nunca houve relações tão estreitas entre a literatura e a física como no século XX. Nunca antes existiram tantas obras de divulgação nem tantas biografias de físicos. Daí que surpreenda que as duas culturas continuem em guerra aberta até hoje, de que é exemplo o chamado caso Sokal ocorrido há anos. Este ingénio ataque de um físico contra a teoria pós-moderna da literatura partiu muita loiça e originou pouco diálogo construtivo. Cada um dos lados demonstrou uma ignorância surpreendente do outro. Parece-me, portanto, urgente mostrar quão multifacetadas têm sido desde sempre as relações entre a física e a literatura e quão frutífera e interessante pode ser a literatura para os físicos. Ver-me-ei infelizmente obrigado a deixar muita coisa de fora e a servir-me de exemplos para sustentar o que afirmo.

METÁFORAS FÍSICAS

Os conceitos e metáforas físicos encontram-se por quase toda a parte, em discursos e textos. Quem não se sentiu já incomodado com a utilização da expressão "saltos quânticos" em revistas e livros? Por ocasião do 25º aniversário da Universidade de Wuppertal, em Outubro de 1997, assisti a uma palestra sobre *design* de comunicação. Dela destaque duas frases que porventura traduziam um intercâmbio interdisciplinar, ou então serviam apenas para aparentar cientificidade. Passo a citar: "Tudo indica que, independentemente do salto quântico que a tecnologia sofreu nos últimos anos, é perceptível na sociedade, na política, na arte e no design uma espécie de vazio. E que este buraco negro, por falta de massa, atrai magneticamente os frívolos que povoam as artes periféricas."

Uma verdadeira pérola para o físico que se interessa pela língua. Aqui, os termos, metáforas e conceitos físicos são arrancados ao contexto científico original e utilizados associativamente num outro contexto, para falar de coisas completamente diferentes. De um ponto de vista físico, estas duas frases são no mínimo anedóticas, para não dizer completamente idiotas. A discrepância entre o pensado e o dito é evidente e revela um desconhecimento total da física por parte do seu autor. O interessante nesta citação não é o seu carácter único, mas justamente a sua onnipresença. Em quase todos os livros se encontram metáforas físicas, e vale a pena reparar como e porquê elas são utilizadas. Basta um pouco de atenção para verificarmos

quantas vezes somos apanhados na caixa dos truques das expressões físicas. Entre as mais populares encontram-se:

- magnético – no sentido de uma atracção sinistra e animal, frequentemente significando amor;
- salto quântico – no sentido de uma mudança superlativa;
- sinergia – no sentido de um misterioso fenómeno cooperativo.

Mas não vou abordar o abuso dos termos físicos como máscara para aparentar cientificidade, ainda que ele nos possa servir de advertência para que utilizemos a linguagem, expressões e metáforas de forma mais precisa, evitando associações enganadoras. Em Thomas Mann, Alfred Döblin e Umberto Eco encontra-se, pelo contrário, um uso consciente e criativo das expressões físicas. Neles a física torna-se um elemento de estilo. Para não me alongar, irei ilustrar este uso criativo com um único exemplo: o uso da fórmula em textos literários.

A fórmula na literatura como expressão de violência

No século XX esta forma de expressão científica tornou-se digna da literatura. Mas já Novalis utilizara a série de potências como metáfora, tanto para o aumento por repetição como para a aproximação do infinito. E Arno Holz quis, com a sua fórmula "poetológica" $ARTE = NATUREZA - X$, exprimir o esforço do naturalismo para imitar as ciências exactas.

Alfred Döblin conta, em "Berlin Alexanderplatz", como Franz Biberkopf mata a sua noiva, Ida, com uma batedeira de *chantilly*. Esta cena é descrita em retrospectiva, quer dizer, do ponto de vista distanciado de um observador não envolvido. Não teria sido possível utilizar, no decorrer do acontecimento, a linguagem seca da ciência. Döblin renuncia a todo o aperfeiçoamento literário da cena, efectuando em vez disso uma descrição física de um processo mecânico. O uso da fórmula de Newton para a força implica a inevitabilidade do acontecimento: o destino pessoal é substituído pela determinação devida à lei natural. Na imagem física do mundo já não há lugar para o sujeito. Por isso, onde aparece a fórmula já não é o destino pessoal e intransmissível de um ser humano que é objecto de descrição literária, mas sim o que é naturalmente inevitável que está a ser representado exactamente. O mundo reduz-se ao que é fisicamente perceptível e a linguagem reduz-se ao indispensável.

Uma função literária central da fórmula parece simbolizar a violência na edição que possuo de "Berlin Alexanderplatz" ilustrada por Georg Grosz. A fórmula torna-se metáfora para a violência, para o calculismo desumano, para a morte e para a fria mecânica - para o golpe de força. Tal encontra-se não só em Döblin como também em Thomas Pynchon, que, no seu romance "Gravity's Rainbow",

descreve a queda de mísseis em Londres usando a fórmula de Poisson. Recorde-se também "O Pêndulo de Foucault", de Umberto Eco, onde a fórmula do pêndulo caracteriza o estrangulamento de um ser humano. Passo a citar: "*O período de oscilação, T , é independente da massa do corpo suspenso (igualdade de todos os homens perante Deus)...*". Também aqui a fórmula constitui uma referência irônica à marginalização do sujeito, reduzido à "massa inerte" suspensa.

No decurso da análise física dos textos não se pode esquecer que uma obra literária é autónoma e não está sujeita a nenhuma "physical correctness". A literatura não é escrita para descrever a física, mas sim para a utilizar metaforicamente e, se possível, para alargar o seu âmbito. Por isso não devemos ficar muito perturbados quando as relações físicas são utilizadas de forma incorrecta. O uso literário da física torna-se interessante pelo alargamento do sentido dos termos físicos. O que associa o leitor a certas imagens físicas? São elas utilizadas apenas como acessórios decorativos só porque pertencem ao mundo moderno, ou têm um significado para a obra que ultrapassa a sua função como elemento descritivo da realidade? Para o físico é sempre interessante olhar para este reflexo a fim de conhecer o conteúdo metafórico de resultados físicos abstractos.

OS FÍSICOS COMO PERSONAGENS LITERÁRIAS

A literatura reflecte não só o saber da física como os próprios físicos e até a totalidade do empreendimento científico. O número de romances cujos personagens são físicos é enorme. Pense-se em "Freigang", de Ulrich Woelk, ou em "Die kleine Stechardin", de Gert Hoffmann, para dar apenas dois exemplos da literatura alemã recente. Outros autores mais conhecidos usaram igualmente físicos como protagonistas: recordemos "O Homem sem Qualidades", de Robert Musil; ou Schnakenbach em "Pombas na Relva", de Wolfgang Koeppen; ou ainda Richard Hieck no romance "A Incógnita", de Hermann Broch.

Existem, porém, outras representações para além da imagem estereotipada do físico mal vestido e algo distraído. A mais conhecida é, sem dúvida, a do físico como Doutor Fausto, o fanático em busca obsessiva da verdade. Uma variação sobre este tema é o físico como Prometeu, que traz o fogo à humanidade e logo em seguida emerge como *homo fáber*, como técnico. Antes da Segunda Guerra Mundial o cientista era frequentemente visto como herói, mas a bomba atómica trouxe para lugar de destaque a ambivalência do processo científico. O físico já não é senhor da sua criação, mas sim aprendiz de feiticeiro¹. De detentor do fogo de Prometeu passa a marioneta impotente. Ou o seu conhecimento é comandado por outros, que lhe dão usos indevidos e alheios à sua

vontade, ou é ele próprio que já não o domina.

Chegamos assim ao cientista criminoso ou, na melhor das hipóteses, sábio louco.

Uma representação favorita é o físico como *sábio idiota*, como se encontra, por exemplo, no livro "Klein Zaches - genannt Zinnober", de E. T. A. Hoffmann. O cientista Mosch Terpins, embora se limite a arranhar a superfície da Natureza, crê tudo compreender. Em contraste, Hoffmann coloca a poesia como um contra-poder da autoria do feiticeiro que, numa era "esclarecida", perdeu o seu poder mítico. O mago, o mito, nada mais é para o cientista do que ilusionismo recreativo. O cientista não reconhece que é a poesia quem primeiro cria a realidade e que o saber da ciência carece de interpretação. Sem esta tomada de consciência, a ciência mais não é do que saber cego, ou ignorância vidente.



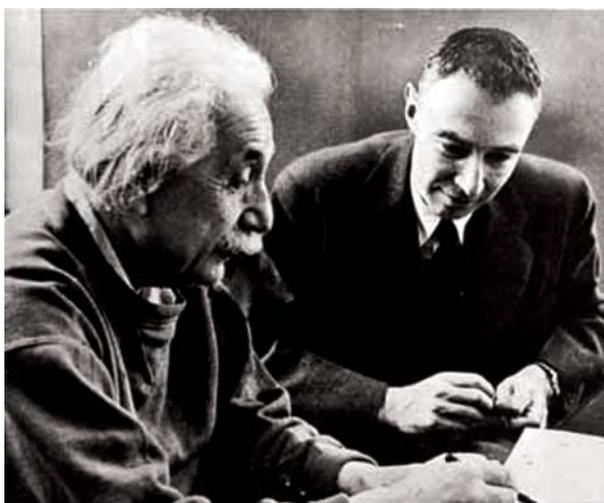
"Doutor Fausto no seu estúdio" de Rembrandt

A simpatia que Hoffmann, apesar de tudo, exprime pelo físico está totalmente ausente em obras dos princípios do século XX, como por exemplo "Ubu Cocu", de Alfred Jarry, cujo protagonista é um doutor em patafísica que transporta a sua consciência numa mala e escreve sobre a moral dos poliedros. É o físico transformado em figura de chacota e a polémica lançada sobre a física.

Vemos assim que são múltiplas as maneiras como os físicos aparecem retratados na literatura e que a imagem que deles emerge é complexa. Em parte alguma se encontra espelhado de forma mais intensa o diálogo entre as duas

culturas do que nas representações literárias dos cientistas. Revela-se aqui a auto-consciência do escritor – muitas vezes como guardião do humanismo e da razão – e a imagem pública do físico e do trabalho científico. Não é por acaso que filmes como "Campus" ou livros como "O Dilema de Cantor", de Carl Djerassi, são alvo de tanta atenção: eles comunicam a um público alargado como é que as coisas se passam no mundo da ciência. O físico vê-se como que ao espelho nas obras literárias, sendo obrigado a confrontar-se com a sua imagem pública. Será esta fidedigna ou completamente deformada? Penso que é muito vantajoso que a formação dos físicos se debruce sobre o seu papel social tal como ele é apresentado na literatura.

FÍSICA E SOCIEDADE - A RESPONSABILIDADE DO CIENTISTA



J.R. Oppenheimer e A. Einstein

Os escritores dedicam particular atenção à física quando esta tem consequências sociais, económicas ou políticas. Daí a tese, muitas vezes expressa, segundo a qual a literatura só se deve interessar pela física se a humanidade estiver a ser afectada pela física. No século XIX eram sobretudo as máquinas, isto é, as alterações do mundo devidas ao conhecimento científico e técnico, que sobressaíam como temas de interesse literário, mas, durante o século XX, foram as consequências político-militares que despertaram uma atenção crescente.

Os três exemplos mais conhecidos, propondo três respostas diferentes à questão da responsabilidade do físico, são "A Vida de Galileu", de Brecht, "Os Físicos", de Dürrenmatt, e "No Caso J. R. Oppenheimer", de Kipphardt. Todos têm em comum a consciência da ameaça que a física moderna representa para o mundo, sobretudo através do desenvolvimento da bomba atómica. Estes exemplos literários que todos conhecem realçam a imagem da responsabilidade do cientista. Neste contexto, aprofundarei

um único tópico: a imagem da história da física na literatura. Pode entreler-se nas três edições de "A Vida de Galileu" o desenvolvimento histórico da bomba - a cisão nuclear em 1938, Hiroshima em 1945 e a bomba de hidrogénio em 1954. Na primeira edição o cientista ainda aparece como o porta-estandarte do Iluminismo, mas Brecht passa a ver no caso Galileu, à luz da era atómica, *o pecado original da ciência moderna*. A abjuração de Galileu aparece na última edição como reconhecimento de um crime face à necessidade de uma ciência responsável. A história da física e a história da literatura condicionam-se e interpenetram-se directamente.

A física nuclear contribuiu substancialmente para uma imagem negativa da física que talvez só mais tarde começou a ter consequências na atracção de estudantes para a disciplina. Seria certamente fácil demais reduzir à física nuclear a frequente antipatia em relação à física. Esta antipatia tem raízes mais fundas e mais antigas. Um dos principais elementos de reflexão literária no princípio do século XX foi, por exemplo, o sofrimento da humanidade no mundo técnico-científico, um sofrimento "cientístico".

O sofrimento científico do humanista

Este sofrimento não diz respeito à responsabilidade do cientista: exprime, sim, um profundo desespero face à perda de sentido causada pela desmitificação do mundo científico. Esta arrasta consigo uma despoetização, uma vez que as imagens e relações metafóricas se tornam impossíveis e as experiências não podem já ser interpretadas misticamente. Assim, parece absurdo escrever poesia sobre a Lua no século XX uma vez que o deserto rochoso que as naves encontraram é demasiado comezinho. Associações poéticas relativas a um monte de pedra fria e engelhada, a 380 000 km de distância? Também a fé, a transcendência e Deus são dificilmente acessíveis às pessoas num mundo científico. O sentido não é revelado pela experiência científica, que substituiu o espaço vital da humanidade por um mundo reproduzido e éivado de técnica: a poesia natural transforma-se primeiro em poesia urbana e depois em poesia de retorta.

Nos "Apontamentos de Malte Laurids Brigge" de Rilke, por exemplo, encontramos alguém que aprendeu na escola que a Terra roda, mas que é incapaz de compreender esta realidade física e adocece. "*Para sua infelicidade, ainda se lembrava de algo que tinha a ver com a inclinação do eixo da Terra. Não, não podia suportar todos aqueles movimentos. Sentia-se miserável*". O conhecimento da rotação da Terra causava-lhe vertigens. Cura-se pela poesia. "*Se se recita um poema lentamente, com acentuação regular nas rimas finais, então existe de certo modo algo estável, em que se pode confiar, evidentemente interior ao ser humano*".

No romance "Doutor Fausto", de Thomas Mann, Adrian Leverkühn fala ao seu amigo, o humanista e narrador fictício Serenus Zeitblom, da cosmologia moderna. Zeitblom reage consternado porque o seu amigo se expõe "ao imensurável que a ciência, a astrofísica, quer medir, só para obter medidas, números, ordens de grandeza que o espírito humano já não é capaz de abarcar e que se perdem na teoria abstracta, vazia de sentido, para não dizer absurda... Este fantasma de números que escapa para o nada não pode de maneira alguma despertar o sentimento da glória de Deus, nem proporcionar qualquer elevação moral. Pareceria antes estar-se na presença de uma brincadeira do diabo". A imensurabilidade do espaço medido pelos astrónomos tem por consequência a pequenez do sistema solar à escala cósmica, o que constitui para o humanista um "ataque ao entendimento humano". Nesta disputa entre amigos, Thomas Mann formula o conflito moderno entre o estudo das ciências naturais e o alheamento da Natureza que pode advir da "desumanização" do cosmos. Evidentemente, Zeitblom não é capaz de digerir a perda do humano no seio de um universo sem fronteiras. A infinidade do espaço desvaloriza a posição do ser humano e prepara o nihilismo europeu. Friedrich Nietzsche escreveu: "Desde Copérnico que o homem roda do centro para o x". São estas "as consequências nihilistas das ciências naturais".

Perante esta profunda dimensão nihilista da responsabilidade do cientista, parece necessário rumar a uma poetização da física. Será mesmo possível que o físico se dedique exclusivamente às suas investigações e deixe ao cuidado de outros as consequências da visão do mundo por ele criada? Não será urgente deixar de confiar a compensação da perda de sentido ao cuidado das ciências humanas e sociais?

Não basta divulgar a física de forma simplificada. Seria desejável um diálogo com escritores não para reintroduzir um deus na imagem do mundo do físico, mas sim para possibilitar histórias que transmitam de forma apropriada a visão física do cosmos, mas que, ao mesmo tempo, a ultrapassem significativamente. Hermann Broch, por exemplo, narra no seu romance físico "A Incógnita" a vida do cientista Richard Hieck e pergunta, à laia de divisa: "Como pode um homem dedicado à ciência... chegar a resolver o conhecimento (manifestado nas grandes questões sobre a morte, o amor, o próximo) que é inacessível racionalmente?... A tarefa da poesia é a prossecução do conhecimento racional para lá dos limites do racional".

Para levar a cabo esta tarefa, Broch esforçou-se durante toda uma vida por empreender um diálogo intenso com cientistas, entre os quais Einstein, em cuja casa de Princeton viveu por um curto período quando emigrou da Alemanha.

A LITERATURA NA MUDANÇA DA FÍSICA

Hermann Broch está longe de ser um caso único. Há muito que os escritores se servem de conhecimentos físicos e extraem consequências literárias das novas maneiras de ver o mundo. Por exemplo, no século XVIII a óptica de Newton foi resumida em forma de soneto. E, no século XVII, o sistema copernicano foi colocado na forma de poema de permutações: fazendo girar as folhas, obtinham-se diferentes combinações de versos. Um cientista perguntaria de imediato quantos poemas se podem compor desta forma. E a verdade é que o cálculo de probabilidades se desenvolveu paralelamente a este estilo poético da Renascença. Tanto Leibniz como Jakob Bernoulli reconheceram a influência das permutações de versos nos seus trabalhos.

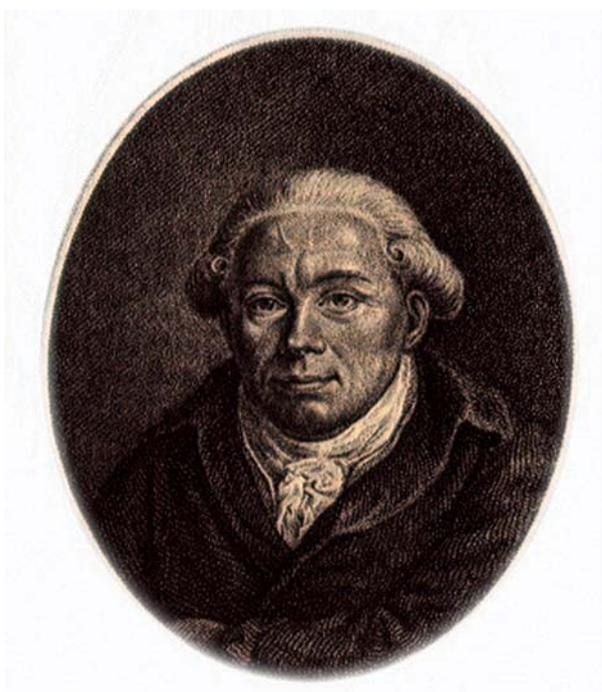
Estes dois exemplos bastam para mostrar que a história da física e a história da literatura andaram sempre de mãos dadas. O que não é de admirar uma vez que muitas pessoas houve que levaram "vidas duplas", como experimentadores e como escritores. James Clerk Maxwell não só desenvolveu a teoria do electromagnetismo como escreveu poemas. O exemplo mais conhecido será o de Johann Wolfgang von Goethe, cujo romance "As Afinidades Electivas" (1809) dificilmente teria visto a luz do dia se o autor não tivesse estudado química. Goethe utiliza a afinidade natural entre substâncias químicas como metáfora para a escolha forçada de parceiros nas relações humanas. Mas também Novalis foi cientista, o que teve um impacto directo no seu trabalho. O "Henrich von Ofterdingen" é dedicado ao físico Johann Wilhelm Ritter: "Despertaste em mim o nobre impulso de querer sondar as profundezas da alma do vasto mundo." Mais adiante, referindo-se à ciência: "Por ti, atrevo-me a consagrar-me à nobre arte! Pois tu, amada, serás musal E serena guardiã da minha poesia." Aos românticos, como Novalis e Friedrich Schlegel, fascinava sobretudo a possibilidade de uma mitologia das ciências naturais que se poderia vir a realizar no futuro. Esta esperança tinha por base os desenvolvimentos da física ocorridos por volta de 1800 bem como a visão unificada do mundo que esta ciência proporcionava.

Igualmente no século XX encontramos muitos físicos escritores e escritores cientistas. Pense-se em Robert Musil, Hermann Broch ou Primo Levi, cujas "Histórias Naturais" ou "A Tabela Periódica" podem ser lidas com proveito pelos físicos. De resto, o prémio literário "Aspekte"² foi atribuído em 1990 ao astrofísico Ulrich Woelk, pelo seu romance "Freigang".

O espírito da física experimental como fonte de literatura

Gostaria de abordar de forma mais detalhada uma destas vidas duplas de cientista-escritor de forma a clarificar as eventuais consequências para um escritor de uma formação em física. Georg Christoph Lichtenberg é menos

conhecido pelas suas experiências de electrostática do que pela sua vasta colecção de aparelhos físicos, ou pela sua insistência no papel da experiência, igualmente com fins didácticos. Lichtenberg não escreveu nenhum romance nem propôs nenhuma teoria grandiosa. Foi um mestre de uma forma menor, o aforismo. E, no entanto, incarnou como ninguém a vida dupla de físico-escritor. Para ele, só fazia sentido correr o "risco do iluminismo" como um todo: como intersecção da física e da literatura num pensamento conjuntivo, que em perpétua dúvida buscasse novas possibilidades. Sempre em demanda de novas perspectivas e realidades, sujeitou tanto a física como a língua ao mesmo tipo de inquérito. Antecipando a teoria do conhecimento de Popper, Lichtenberg estava convencido de que toda a hipótese é passível de ser falsa e de que se deve tentar refutá-la mentalmente. A experiência conceptual ocupa, portanto, um lugar central no seu trabalho – tanto literário como físico. O literato Albrecht Schöne, de Göttingen, tentou esboçar uma fisiognomia do estilo de Lichtenberg no seu livro "O Iluminismo com origem no espírito da física experimental – o conjuntivo de Lichtenberg". Tomando como ponto de partida a abundância excessiva do conjuntivo na obra de Lichtenberg, em especial nos seus cadernos de anotações, Schöne analisou os usos distintos desta forma verbal e concluiu que ela é a expressão literária e estilística da teoria do conhecimento de Lichtenberg como cientista. É raro poder estabelecer-se de uma forma tão elegante e directa a influência do pensamento físico sobre o estilo de um escritor.



Georg Christopher Lichtenberg

Poder-se-á perguntar o que têm os conjuntivos de Lichtenberg a ver com a já mencionada responsabilidade dos físicos pela perda de sentido do mundo. Ao que

respondo que o estilo "conjuntivo" de Lichtenberg mostra que a física é capaz de ter repercussões culturais fora do âmbito da ciência e que pode, portanto, ter consequências imediatas na nossa maneira de formular questões e atribuir valores. Por outras palavras, Lichtenberg mostrou claramente que do "espírito da física experimental" deriva necessariamente um espírito crítico no sentido do iluminismo, que se irá manifestar na literatura, na arte e na política. Esta responsabilização do físico parece nunca ter sido formulada de forma suficientemente clara, dada a opinião reinante segundo a qual só o iluminismo pode corrigir as ciências da natureza.

A recepção da física no meio literário

É fácil estabelecer qual foi a influência da física sobre a obra literária de escritores com formação científica. Já é controverso saber em que medida outros escritores absorveram ideias físicas de forma consciente.

Aparentemente fizeram-no com maior frequência do que os literatos habitualmente pensam. A aversão às ciências naturais é muitas vezes mais intensa entre os estudiosos da literatura do que entre os próprios escritores. Já Kerner escrevera que "*era insuportável pensar*" que Novalis tivesse tido uma ocupação científica burguesa. Por essa mesma razão, as suas publicações científicas foram sistematicamente ocultadas, isto apesar de o conhecimento da sua formação científica ser de importância crucial para interpretar o seu trabalho fragmentário. Não existe, por isso, até hoje qualquer monografia sobre ciências da natureza e literatura, nem sequer uma bibliografia dos vários ensaios já escritos sobre este tema.

Por outro lado, muitos escritores modernos tentaram exprimir literariamente as novas maneiras de ver o mundo da teoria da relatividade e da mecânica quântica, tendo passado largamente despercebidos da *intelligentia* literária. Um exemplo bastará como ilustração. Siegfried Lenz, no seu conto "Einstein atravessa o Elba em Hamburgo", ensaia a conversão da dilatação do tempo da teoria da relatividade num recurso de estilo.

Em três frases, narra um episódio decorrido a bordo de um barco de passageiros no porto de Hamburgo. Além do capitão, são mencionados dois outros homens, uma mulher grávida acompanhada do marido e um idoso encurvado e de cabelos brancos, com atitudes típicas de génio. Na presença de Einstein, as observações dos viajantes alteram-se; na verdade, é toda a Natureza que parece, de súbito, obedecer às leis de Einstein: o espaço e o tempo, a princípio estáticos, tornam-se grandezas subjectivas que parecem crescer ou encolher. À luz destas novas observações do espaço e do tempo, as personagens começam a reflectir sobre as suas vidas passadas. É interessante como se consegue, nesta curta narrativa, transformar a dilatação do tempo num elemento de estilo: demora meia hora ler as três frases. A cada frase cor-

responde o seu próprio capítulo, expandido mediante o recurso a vírgulas. Na primeira frase descrevem-se as personagens, na segunda a influência de Einstein sobre as observações e os pensamentos das outras personagens e na terceira tudo volta ao normal, quando Einstein abandona a embarcação.

Encontram-se exemplos semelhantes da influência da visão física do mundo em obras literárias de todos os tempos. Talvez os exemplos mais marcantes sejam a maneira como o barroco e os primórdios do iluminismo integraram Newton; ou o impacto da astronomia e do electromagnetismo no romantismo alemão por volta de 1800. Assim a filosofia natural do físico Johann Wilhelm Ritter contribuiu muito para a concepção romântica do mundo. Importa também referir o realismo, e sobretudo o naturalismo, do século XIX, como reflexos imediatos da era tecnológica. Os métodos da física foram transpostos para a literatura, como se nota na tentativa de Zola de escrever um "romance experimental".

A própria teoria cinética dos gases, juntamente com os conceitos físicos de entropia e de morte térmica do Universo, teve uma influência imediata na génese do romance moderno. Pense-se em autores como Dos Passos e Döblin, entre outros, cujos enredos se desenrolam através da interacção de um grande número de partes e de protagonistas, todos com razões e pesos iguais. São introduzidas dúzias de personagens e acções fracamente ligadas, que colidem umas com as outras e voltam a afastar-se. Esta técnica de montagem multilinear mostra que o decisivo não é cada indivíduo, mas sim o todo, através das interacções múltiplas das suas partes. As pessoas tornam-se assim permutáveis e as relações indiferentes e indiferenciáveis. As personagens surgem como partículas indistinguíveis num recipiente, que em Dos Passos é Manhattan e em Döblin é Berlim. Jean-Paul Sartre introduziu o termo "determinismo estatístico" para descrever esta fragmentação do texto literário. O conceito clássico de destino é substituído pela lei estatística da existência moderna na forma de multidão. Tal implica que, na era moderna, a pessoa perde o direito ao seu destino pessoal, trágico, importante e determinante, para passar a ter apenas uma história como partícula constituinte de um todo.

Esta influência do conhecimento físico na literatura poderá ser do interesse dos literatos. Porém, penso que nem os próprios físicos dedicam ao significado cultural da física a atenção que ele merece. Pecar-se-á por defeito se se reduzir a física à elaboração de técnicas. A dimensão cultural da imagem pública da física necessita de ser reforçada se não queremos ver esta disciplina excluída dos planos curriculares. Os detalhes técnicos podem simplesmente dar-se nos cursos de formação profissional. Além disso, de cada vez que são utilizadas num contexto literário, as ideias físicas sofrem uma interpretação por parte do escritor. Os físicos não devem ignorar estas associações e generalizações do sentido dos termos físicos, mas sim abordá-las de uma forma positiva: não só a fim

de corrigir interpretações falsas, mas também para lhes apreender o conteúdo metafórico. A literatura permite dar corpo a teorias abstractas.

TODAS AS CIÊNCIAS TÊM DE SER POETIZADAS

O tema "física e literatura" pode também traduzir-se por "modelo e metáfora", dado que a física e a literatura são duas formas de apreensão do mundo: de um lado, a versão abstracta e matemática dos modelos científicos; do outro, a compreensão através da linguagem metafórica. A literatura e a física têm em comum o interesse pelo conhecimento. Marcadas por uma distância crítica ao objecto, ambas buscam uma experiência com perspectivas múltiplas. Uma vez que o físico sabe que qualquer maneira de ver o mundo é subjectiva, tem confiança na experiência reprodutível, enquanto o escritor se apoia em acções multilineares. Como intelectuais, os escritores sentiram sempre o desafio de tomar posição sobre o que os rodeia e sobre a visão do mundo da sua época. Isto também se aplica a assuntos físicos: a teoria das cores ("Farbenlehre") de Goethe ainda hoje provoca discussões. Recordo também o ensaio "Eureka", de Edgar Allan Poe, no qual o autor procurou desenvolver uma cosmologia literário-científica. E Botho Strauß tentou, em "Sem Início", assimilar literariamente a cosmologia moderna e os pontos de vista do construtivismo radical.

Na rotina do nosso quotidiano de físicos esquecemo-nos frequentemente de que são as metáforas, e não as fórmulas, que constituem a espinha dorsal do pensamento. A investigação é sobretudo um trabalho conceptual, mais do que computacional. Sentindo a perda de sentido do mundo em consequência das fórmulas abstractas, os escritores erguem a literatura como contra-poder e constroem contra-mundos literários que se opõem à imagem do mundo físico. Assim, a literatura parece ser melhor do que as ciências naturais, porque, ao invés de se deter em fórmulas abstractas, as ultrapassa conceptualmente. Já Aristóteles argumentara que a literatura era a melhor historiografia, porque dá atenção à generalidade e não ao pormenor. E Novalis exigiu que todas as ciências fossem poetizadas como a única maneira de a humanidade alcançar a verdade.

A tentativa de poetizar a ciência natural conduziu a um género literário independente a que chamo "literatura física". Apesar de o nome o sugerir, não quero aqui falar de livros didácticos de física, nem de obras de divulgação, ainda que delas existam exemplos suficientes de consagrada qualidade literária. Lembremo-nos de "Flatland" de Edwin Abbot, "Um romance a várias dimensões contado por um velho quadrado", ou das "Aventuras de Mr. Tompkins", de George Gamow. Com a "ficção científica" aproximamo-nos um pouco mais do alvo. Este género literário baseia-se essencialmente nos conhecimentos físicos do seu tempo, para não avançar a tese arriscada de que pode estar na origem de alguns desses conhecimentos. E não é por acaso que muitos físicos são escritores de

ficção científica. Infelizmente, o tema ficção científica é tão vasto que não o posso tratar aqui. Mas no título manifesta-se a ideia básica da "literatura física", a ideia de combinar a ciência e a fantasia para contar histórias que tenham por base o conhecimento físico, mas que o ultrapassem largamente. Porque aparentemente os mitos são necessidades básicas do ser humano.

A literatura física

Quero dar dois exemplos que mais não são do que uma pequena amostra.

Pablo Neruda escreveu em 1954 as "Odes Elementares", que são hinos ou poemas de amor aos acontecimentos e às coisas simples da vida. São composições sobre o átomo, o tempo e o espaço, a energia, as galáxias, o globo e os números.

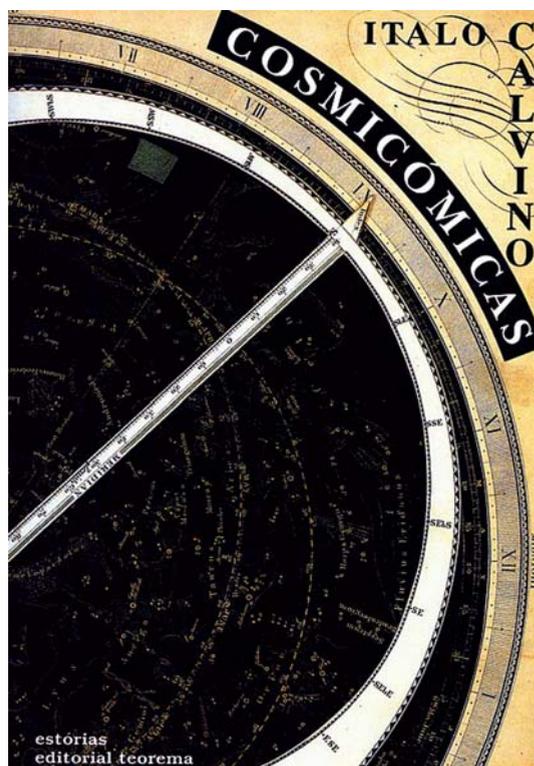
A antologia poética "Canto Cósmico", de Ernesto Cardenal, publicada em 1989 em Manágua, tem sido lida criticamente, sobretudo por físicos. No prefácio agradece-se mesmo aos físicos do Instituto Max Planck de Astrofísica, em Munique, o apoio fornecido em matérias científicas. Nesta sua "poesia científica", Cardenal canta, entre outras coisas, o nascimento do mundo no *Big Bang*.

As "Cósmicómicas" de Italo Calvino:

Italo Calvino interessara-se já como escritor pela influência das ciências naturais no pensamento humano, nas nossas perspectivas e mitos do mundo. Que contaria um narrador que tivesse estado presente desde o início dos tempos? Italo Calvino parte numa viagem em que conta a história da Natureza. O seu herói é *Qfwfq*, que tudo experimenta e observa. *Qfwfq* faz relatórios em episódios avulsos, iniciando-se cada capítulo por uma pequena introdução física. Estas explicações introdutórias do conhecimento científico são importantes para o enredo que se segue. A linguagem é sóbria, concisa e o mais exacta possível.

É difícil classificar estas "Cosmicómicas" num género literário: são pequenas fantasias desconcertantes do mundo da imaginação científica. Não são ficção científica porque nunca especulam sobre a reacção da humanidade aos desenvolvimentos tecnológicos futuros. As histórias são como contos de fadas e Calvino usa elementos de estilo típicos, como, por exemplo, o rapto e a libertação da amada. No centro de cada episódio está o narrador masculino que perde a sua mulher, amada ou companheira, o que inicia uma nova época da história natural. Calvino refere-se abundantemente à mitologia ocidental, por exemplo quando faz um paralelo entre a formação geológica da Terra e o mito de Eurídice, que foi raptada da superfície da Terra pelo canto de Orfeu.

Orfeu amoleceu as pedras e despertou nelas a vida. Calvino conta-nos a história da Natureza, isto é, a história das leis naturais. Como as leis são os próprios actores da história da Natureza, fica personificado o facto de o Universo obedecer a leis. Os personagens de Calvino têm nomes que são expressões parecidas com fórmulas matemáticas, como, por exemplo, *Qfwfq*, a Senhora $Pb(i)Nk_0$, o Senhor $Pber^tPber^d$. Ou seja, transforma fórmulas em pessoas vivas. Assim, a fátua Aurora Boreal torna-se Rá, mulher do narrador *Qfwfq*, que é apresentado como investigador dos fenómenos eléctricos. Apesar da crítica sobre o estado do mundo que o precede, cada conto possui uma mensagem, uma moral, que na maioria dos casos é optimista. Calvino constrói sempre uma ponte dos mitos para os nossos tempos: por exemplo, da condensação de cristais regulares no início da história da Terra passa para os arranha-céus de Manhattan.



Calvino mostra que a ciência pode conhecer o mundo, mas não é capaz de criar um sentido. Ela não pode e não deve ser o único modo de apreensão e interpretação da Natureza. Precisamos da imaginação, da fantasia e dos mitos para dar um sentido à Natureza e, por fim, ao ser humano. E, no entanto, a ciência deve ser a base de toda a interpretação que aspire a conferir sentido. Não parece por isso possível um modo de apreensão religioso. A multiplicidade do conhecimento científico do Universo deve ser vista em conjunto com as questões importantes da vida e da morte.

CONSEQUÊNCIAS DIDÁCTICAS

Permita-se-me que conclua este artigo com cinco teses, porventura provocantes.

1. Metáforas físicas: Muitos livros de física pecam no que toca ao significado da linguagem e ao uso correcto de imagens e metáforas. Sucede também frequentemente que os físicos se servem de termos mal escolhidos, os quais despertam nos seus ouvintes associações enganadoras. É disto exemplo a metáfora "encurvamento dos raios de luz", já que a luz se propaga ao longo de geodésicas, que não estão encurvadas na geometria curva do espaço-tempo. Quer-se exprimir que a luz se propaga em linha recta num espaço curvo. A metáfora "encurvamento dos raios de luz" transmite, porém, uma imagem clássica da deformação de uma trajectória por acção da gravidade. Um outro exemplo: embora seja corrente falar-se em "perda de energia", este termo incorrecto foi já substituído, em muitos livros, por "transformação de energia". Sou de opinião que é necessário, e relevante, que o mesmo suceda com outros termos físicos porque a linguagem comunica não só definições de significados exactos, mas também conotações, que em certas circunstâncias podem ter sentidos diametralmente opostos ao que se pretende transmitir.

Esta parece ser uma das razões pelas quais muitos estudantes são perfeitamente capazes de efectuar cálculos, mas têm ideias e imagens mentais erradas. É indispensável ensinar não só técnicas de cálculo correctas, mas também associações de ideias correctas.

Insisto, por isso, que sejamos mais rigorosos no uso da linguagem da física e acho que os limites dos termos físicos presentes na linguagem corrente necessitam de ser postos à prova. Poder-se-á pedir aos estudantes que recolham exemplos de termos físicos de uso quotidiano e que verifiquem se os mesmos estão a ser utilizados de forma correcta pois aprende-se bastante a explicar por que é que uma palavra não foi bem empregue.

2. Os físicos como personagens literárias: As narrativas e a literatura tornam a física interessante e emocionante. Contribuem, portanto, para motivar e para tornar a disciplina mais atraente. Por que não principiar uma aula com uma história de "O Diabo dos Números", de Hans Magnus Enzensberger, ou com capítulos de "A Montanha Mágica", de Thomas Mann, sobre o espaço, o tempo e os primórdios da mecânica quântica. A ciência não acontece numa torre de marfim, mas sim no seio da sociedade. Numa aula é possível reflectir, através de exemplos tirados da literatura, sobre a visão que a sociedade tem do físico e da investigação e que valor lhes atribui. Esta sensibilização é indispensável ao nosso próprio conhecimento como físicos e ao nosso confronto crítico com a disciplina a que nos dedicamos.

3. Física e sociedade: A responsabilidade do físico não se esgota na averiguação da legitimidade em colaborar ou não com a indústria de armamento. A física pode também contribuir para desenvolver uma ética da verdade e dos valores humanos. Esta dimensão foi reconhecida por Heinrich von Kleist em "Allerneuesten Erziehungsplan", ao atribuir um papel importante à física experimental na educação.

A responsabilidade do físico reflecte-se ainda na sua abertura ao diálogo interdisciplinar para que não seja deixada às ciências humanas a tarefa de compensar a perda de sentido da nossa imagem do mundo.

4. A literatura na mudança da física: Tem-se salientado pouco o significado cultural da física, tanto junto dos estudantes como do público em geral. A física não só é fonte de tecnologia como propõe maneiras de ver o mundo, que, por sua vez, vão influenciar obras literárias. A física é parte integrante da nossa cultura. Por que não usar a história da literatura para explicar a história da física? Penso que, nesta linha, se poderiam desenvolver módulos didácticos muito ricos para as aulas de física.

5. Todas as ciências têm de ser poetizadas: A literatura e a física habitam o mesmo ambiente cultural. Não só a física influencia a literatura como vice-versa. Não no sentido de uma causalidade directa, mas sim no de um quadro interpretativo comum, de uma língua comum, com imagens e metáforas comuns. Porque a física vive de metáforas poderosas. Não seria possível ler o romance "Gut Symmetries", de Jeanette Winterson, no quadro de um projecto transdisciplinar Literatura Inglesa - Física? Ou as "Cosmicómicas", de Italo Calvino? Seria desejável que os físicos adquirissem, a par da sua capacidade de usar correctamente as fórmulas, também competência a manusear as metáforas que lhes permitissem lidar correctamente com a linguagem.

Termino com uma citação de Georg Christoph Lichtenberg, que ao longo de toda a vida foi um praticante exemplar do diálogo entre as duas culturas:

"O mundo não existe para ser por nós conhecido, mas sim para nos instruírmos nele. Esta ideia é kantiana".
(J 898)

NOTAS DOS TRADUTORES

¹ Da balada "Der Zauberlehrling", de Goethe, em que o aprendiz de feiticeiro convoca os fantasmas e depois já não consegue livrar-se deles.

² Prémio para escritores que publicam o seu primeiro livro.

Este texto pretende ilustrar a forma como a física do som condiciona as escalas musicais, que constituem a base do discurso musical. Assim como a anatomia do aparelho fonador condiciona a linguística, impondo características comuns a todas as línguas humanas, também as leis da acústica física estabelecem padrões que de alguma forma determinam a construção das escalas.

A FÍSICA DAS ES

Sendo a música a arte dos sons, é intuitivo associar-lhe a importância dos fenómenos físicos presentes na produção, transmissão e recepção daqueles. Tal é explicitamente reconhecido nos *curricula*, mesmo elementares, de qualquer formação musical básica, onde invariavelmente é incluída a disciplina de Acústica Musical, versando desde a simples mecânica das vibrações e ondas até alguns temas mais avançados de ciência física, como a electrónica ou a ciência dos materiais¹. À investigação científica sobre os fenómenos acústicos continua a ser dada bastante atenção, traduzida numa multiplicidade de aspectos².



Padrões de Chladni numa tampa de violino, ilustrando um modo de vibração

RUI CÉSAR VILÃO
Departamento de Física, Universidade de Coimbra
3004-516 Coimbra

ruivilao@ci.uc.pt

ESCALAS MUSICAIS

Se a presença e a importância dos fenómenos físicos é imediatamente reconhecida no que diz respeito à física do som propriamente dito, já o tema que ocupa este artigo pode ser fonte de perplexidade para muitos. De facto, as escalas musicais constituem a base do discurso musical: são a linguagem que os músicos utilizam para se exprimirem. São pois, como qualquer linguagem, necessariamente um produto cultural. Faz sentido então falar da física das escalas musicais?

O nosso objectivo é tentar mostrar que efectivamente a própria física do som condiciona aspectos essenciais do discurso musical. Tal como a anatomia do aparelho fonador condiciona a linguística, impondo características comuns a todas as línguas humanas (*e.g.*, a qualidade e quantidade de vogais e consoantes que podem ser emitidas), também as leis da acústica física estabelecem padrões que de alguma forma determinam a construção das escalas.

FÍSICA DOS FENÓMENOS ACÚSTICOS E A CONSTRUÇÃO DAS ESCALAS

Refira-se, de modo breve, dois conceitos que se revelam fulcrais para a compreensão da conformação física do discurso musical: os batimentos e a série dos harmónicos.

O fenómeno dos batimentos é bem conhecido da física das ondas. Recordemos que a onda resultante da sobreposição de duas ondas sinusoidais com frequências próximas, f_a e f_b , pode ser basicamente descrita como uma onda com a frequência média $(f_a + f_b)/2$, cuja amplitude varia sinusoidalmente com a frequência $(f_b - f_a)/2$. Este conceito encontra-se ilustrado na Fig. 1. No caso de batimentos de ondas sonoras detectados pelo tímpano, a

variação de amplitude efectivamente percebida apresenta uma frequência $f_b - f_a$. Esta é designada pelos músicos por frequência de batimentos, sendo este fenómeno usado para estabelecer o conceito musical de afinação. Dois sons dizem-se afinados se não produzirem batimentos. A série dos harmónicos resulta também quase imediatamente de uma análise elementar da vibração de uma corda elástica ou do ar no interior de um tubo, podendo realizar-se a extensão a sistemas mais complexos³.

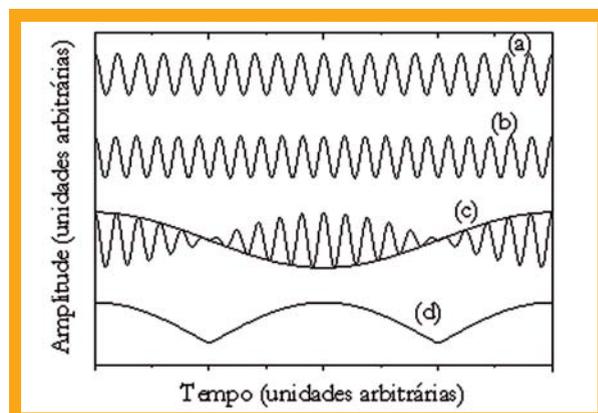


Fig. 1: Representação, num dado ponto do espaço, da vibração associada

- (a) a uma onda sinusoidal de frequência f_a ;
- (b) a uma onda com a mesma amplitude, mas frequência ligeiramente superior f_b ;
- (c) à sobreposição das ondas (a) e (b), com uma frequência média $(f_a + f_b)/2$, e cuja amplitude varia com a frequência $(f_b - f_a)/2$; representa-se também a envolvente associada a esta variação de amplitude;
- (d) à variação de amplitude efectivamente detectada, no caso de batimentos captados pelo tímpano, correspondendo a uma frequência de batimentos $f_b - f_a$.

Tomemos como exemplo a corda vibrante de extremidades fixas (no que seguimos a tradição histórica, quer no campo da acústica, que atribui descobertas significativas a Pitágoras, usando o monocórdio, quer no campo da mecânica aplicada, em que o estudo da corda vibrante por Taylor constituiu o primeiro exemplo de aplicação da mecânica newtoniana a sistemas contínuos). Qualquer solução da equação de onda obedecendo a condições de fronteira particulares pode ser expressa como uma combinação linear dos modos de vibração, esquematizados na Fig. 2 e a que chamaremos modos normais (ou estacionários). O comprimento de onda de cada um destes modos, como se depreende da Fig. 2, é $\lambda_n = 2L/n$, onde L é o comprimento da corda e n o número de ventres (máximos de amplitude de vibração). Atendendo a que a velocidade v de propagação do som numa corda de densidade linear μ , sujeita à tensão T , é $v = \sqrt{T/\mu}$, concluímos que a frequência de vibração de cada um destes modos é

$$f_n = \frac{v}{\lambda_n} = n \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} = n f_1.$$

Os modos normais de vibração têm frequências de vibração que são múltiplos inteiros da frequência do primeiro modo normal, também chamado modo fundamental. O conjunto de frequências dos modos normais de vibração recebe o nome de série dos harmônicos. Por conveniência de notação, o modo fundamental costuma ser designado de primeiro harmônico pelos físicos. Contudo, os músicos numeram os harmônicos de modo diferente: chamam fundamental ao que os físicos chamam primeiro harmônico e chamam primeiro harmônico ao que os físicos chamam segundo harmônico. Esta distinção prende-se com o facto de o som emitido por um instrumento ser um som complexo, isto é, em que diversos modos de vibração (harmônicos) estão presentes, geralmente com diferentes pesos⁴. A percepção auditiva desse som efectua-se basicamente como um som de frequência f_1 , ornado por um timbre caracterizado pelo peso relativo dos harmônicos⁵. Assim, por exemplo, uma nota com certa frequência fundamental, emitida por uma flauta transversal, distingue-se claramente da mesma nota, emitida com a mesma intensidade, por uma flauta de bisel. Isto mesmo se encontra ilustrado na Fig. 3. No que se segue adoptaremos a designação dos físicos para os harmônicos, fazendo corresponder ao n -ésimo harmônico a frequência nf_1 .

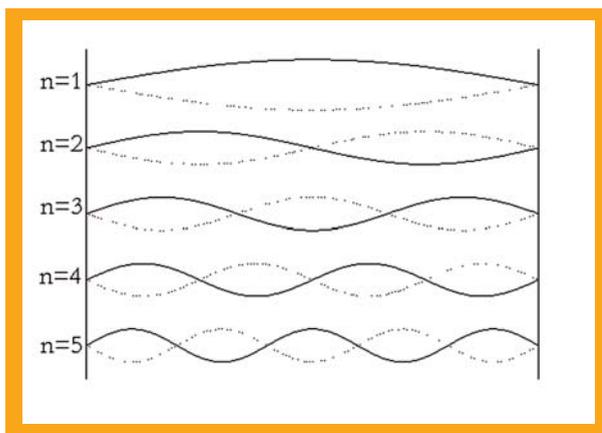


Fig. 2: Representação da configuração dos primeiros cinco harmônicos de uma corda vibrante de extremidades fixas.

A partir do que acabámos de expôr, reconhece-se que se tomarmos dois sons complexos em que a frequência fundamental f de um deles (som mais agudo) seja um múltiplo inteiro da frequência fundamental f' do outro (som mais grave), $f = m f'$, a frequência fundamental do som agudo não só estará afinada com o m -ésimo harmônico do grave, como todos os seus harmônicos também estarão. De facto, os harmônicos do som mais agudo têm frequências dadas por $n f = n (m f') = (nm) f' = m' f'$, constituindo basicamente um subconjunto dos harmônicos do som mais grave. Não ocorrerão pois batimentos de nenhuma ordem. Em termos coloquiais, os harmônicos não desafinam⁶.

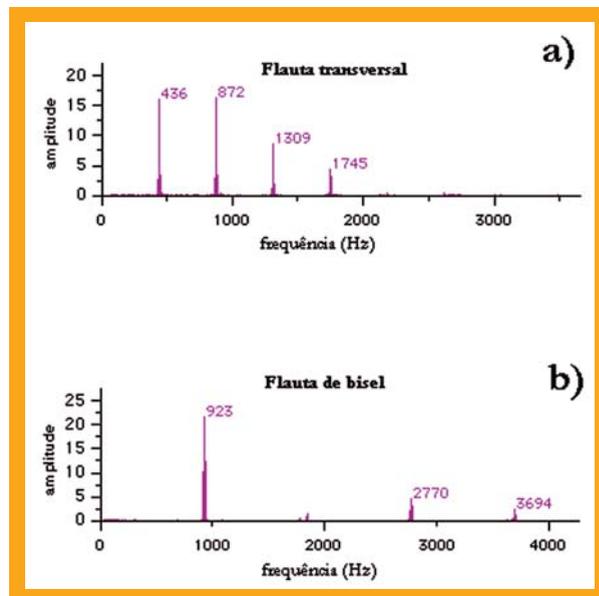


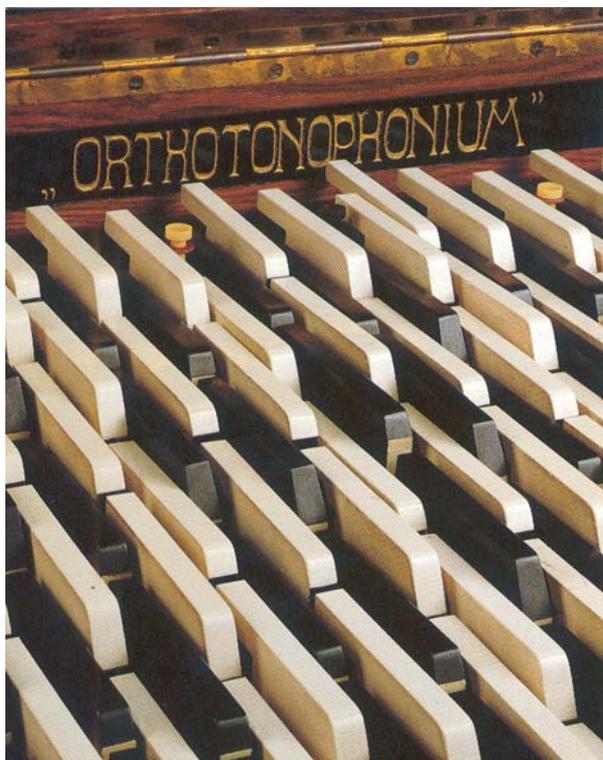
Fig. 3a): Análise espectral do som emitido por uma flauta transversal, com uma frequência fundamental de 436 Hz (um pouco abaixo do Lá a 440 Hz usado modernamente); note-se a presença bem notória do segundo harmônico, com um peso praticamente idêntico ao do primeiro harmônico;

Fig. 3b): Análise espectral do som emitido por uma flauta de bisel, com uma frequência fundamental de 923 Hz (um pouco abaixo do Dó sustenido actual); o segundo harmônico, a 1846 Hz, é praticamente inexistente. (Cf. Glenn Elert, <http://hypertextbook.com/physics/waves/music/>)

ELEMENTOS DA TEORIA DOS INTERVALOS MUSICAIS

A série dos harmônicos permite desenvolver uma teoria dos intervalos musicais. Um intervalo musical é uma dada relação entre frequências fundamentais. Neste ponto, convidamos o leitor a fazer uma pequena experiência: peça a um amigo e a uma amiga, já adultos, para cantarem em conjunto uma mesma melodia que ambos conheçam e ouça-os atentamente. Eles cantam as mesmas notas, mas as fundamentais dos sons que emitem não são as mesmas, sendo as notas cantadas pela sua amiga mais agudas (de frequência fundamental mais elevada) que as cantadas pelo seu amigo. E a relação entre estas fundamentais, isto é, o intervalo musical que executam, não é aleatória. Há dois pontos importantes a este respeito: o primeiro é que, enquanto cantam a mesma melodia, mantém-se constante a razão entre as frequências fundamentais das notas (e não a diferença); o segundo ponto é que esta razão constante de frequências é igual a 2, coincidindo com a razão constante de frequências do primeiro e do segundo harmônico (*à la* físico). Este intervalo musical recebe, na teoria musical ocidental, o nome de oitava perfeita. Dois sons cujas fundamentais definam um intervalo de uma ou várias oitavas perfeitas (isto é, definindo

as respectivas frequências uma razão de 2, ou 4, ou 8, ou 16, etc.) são identificados como sendo a mesma nota musical. Assim, as escalas são definidas dentro do intervalo de oitava perfeita: uma vez estabelecidos os sons da escala dentro deste intervalo, basta ir multiplicando ou dividindo as respectivas frequências por 2 para estender a escala tanto quanto se deseje e seja possível.



Detalhe do teclado do Orthotonophonium, um dos instrumentos propostos para resolver os problemas da afinação natural.

Do mesmo modo, a razão de frequências entre os harmônicos consecutivos de ordem mais reduzida definem intervalos relevantes em teoria musical. Assim, a razão entre a frequência do terceiro e do segundo harmônico, $f_3/f_2 = 3/2$, define um intervalo particularmente importante, que recebe no Ocidente o nome de quinta perfeita (corresponde, na conhecida melodia do “Parabéns a Você”, ao intervalo entre as notas cantadas sobre as sílabas, adiante sublinhadas, do texto *da-ta que-ri-da*); a razão entre o quarto e o terceiro harmônico, $f_4/f_3 = 4/3$, define a 4ª perfeita (*Parabéns a você, idem*); entre o quinto e o quarto harmônico, $f_5/f_4 = 5/4$, ocorre

um intervalo designado de terceiro maior (muitas *fe-li-ci-dades, idem*). Note-se que a afinidade entre as duas notas do intervalo, medida pelo número de harmônicos afins, vai diminuindo; ou seja, a nota mais aguda de um intervalo de quinta partilha metade dos harmônicos com a nota mais grave, reduzindo-se este número para um terço no caso do intervalo de quarta e para um quarto no caso do intervalo de terceira.

Os três intervalos que acabámos de referir desempenham um papel particularmente importante na polifonia, ou seja, na música em que intervém mais do que uma melodia simultaneamente. Entre os exemplos mais primitivos de polifonia, para além do já referido canto à oitava praticado espontaneamente por homens e mulheres, conta-se o canto da mesma melodia a intervalos de quinta (*organum* de quintas), de quarta (*organum* de quartas), ou a intervalos de terceira (o *gymel*, este ainda hoje praticado entre nós, por exemplo no canto alentejano)⁷.

UM EXEMPLO SIGNIFICATIVO: A ESCALA DIATÓNICA MAIOR NATURAL

Estamos agora em condições de apresentar a construção, baseada nos princípios que acabámos de expor, da escala diatónica maior. Esta escala (o bem conhecido Dó-Ré-Mi-Fá-Sol-Lá-Si-Dó) é apenas uma de muitas possibilidades de organizar o material sonoro; trata-se, não obstante, de uma possibilidade que teve particular sucesso no Ocidente, resultado ela própria de uma evolução histórica longa e fascinante, que não é possível desenvolver no âmbito deste trabalho. Assim, os intervalos escolhidos para a escala, sendo um resultado cultural, não deixam de traduzir, conforme reclamámos no início, a orientação conferida pela física subjacente à série dos harmônicos.

Nota	Construção	Intervalo com a nota base	Intervalo com a nota anterior	Frequência/Hz
Dó	Nota base f	(unísono)	-	264
Ré	5ª de Sol, descida de uma oitava $3/2 \times 3/2 \times f \times 1/2$	9/8 (tom natural ou 2ª Maior natural)	9/8	297
Mi	3ª de Dó $5/4 \times f$	5/4 (3ª Maior natural)	10/9	330
Fá	4ª de Dó $4/3 \times f$	4/3 (4ª perfeita)	16/15	352
Sol	5ª de Dó $3/2 \times f$	3/2 (5ª perfeita)	9/8	396
Lá	3ª de Fá $5/4 \times 4/3 \times f$	5/3 (6ª Maior natural)	10/9	440
Si	3ª de Sol $5/4 \times 3/2 \times f$	15/8 (7ª Maior natural)	9/8	495
Dó	8ª de Dó $2 \times f$	2 (8ª perfeita)	16/15	528

Tabela 1: A escala diatónica maior natural.

Daí designar-se a afinação da escala assim construída por afinação natural. A escala encontra-se esquematizada na Tabela 1, tendo nós adoptado para frequência base aquela que modernamente se usa para o chamado Dó central (264 Hz). Um resultado interessante da construção apresentada na Tabela 1 é a existência de três intervalos distintos entre notas consecutivas: um tom maior (intervalo de 9/8), um tom menor (intervalo de 10/9) e um meio-tom (intervalo de 16/15).

PROBLEMAS, PROBLEMAS, PROBLEMAS: DA ESCALA NATURAL AO TEMPERAMENTO IGUAL

A afinação natural representa uma solução extremamente satisfatória, dada a pureza dos intervalos musicais assim conseguidos. No entanto, o desenvolvimento da música acabou por levantar problemas de resolução difícil, particularmente no que diz respeito a instrumentos de afinação fixa, como é o caso dos instrumentos de tecla. Uma das questões levantadas prende-se com a modulação. Esta técnica consiste em alterar o centro tonal no decurso do discurso musical e implica que se possa construir a escala começando em qualquer uma das notas existentes. Apenas como exemplo dos problemas associados à afinação natural, consideremos os intervalos entre as notas Mi e Si, por um lado, e Ré e Lá, por outro. Se o primeiro destes intervalos corresponde a uma quinta perfeita ($15/8 : 5/4 = 3/2$), já o segundo apresenta uma relação ligeiramente inferior ($5/3 : 9/8 = 40/27 \approx 1,48$), ocorrendo um batimento de 5,5 Hz entre o Lá e o segundo harmónico de Ré.

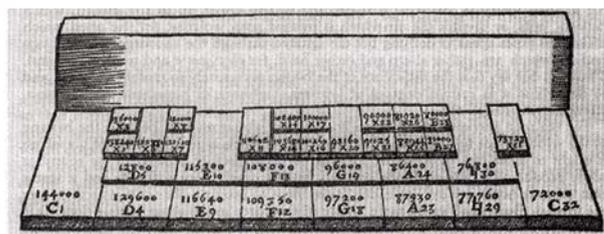


Fig. 4: Proposta de teclado com 27 teclas por oitava, apresentada por Mersenne no seu tratado *Harmonie Universelle* (apud S. Isakoff, op. cit.).

Ao longo dos séculos, persistiu a procura de um sistema de afinação que permitisse a coexistência de modulação com os intervalos naturais. Aos poucos, os músicos foram experimentando soluções de compromisso, alterando deliberadamente a afinação natural de alguns intervalos, num procedimento designado por temperamento da escala. Na procura do temperamento ideal envolveram-se, entre outros, e começando na veneranda figura de Pitágoras, eminentes cientistas e filósofos como Boécio, Newton, Descartes, Huyghens, Mersenne, Galileu, d'Alembert e Kepler. Uma das soluções mais antigas, remontando à escola pitagórica, consiste na observação de que doze quintas correspondem aproximadamente, por excesso, a

sete oitavas [$(3/2)^{12} = 129,7 \approx 2^7 = 128$]. Um temperamento possível consiste pois em afinar 11 dessas quintas como quintas perfeitas, sendo a 12ª quinta encurtada de forma a manter a 8ª perfeita. Esta última quinta resulta de tal forma desafinada que lembrava a quem a ouvia os uivos dos lobos - daí a designação *quinta do lobo*. Este temperamento, dito pitagórico, legou-nos a nossa actual configuração de 12 notas por oitava, que podemos ver em qualquer teclado moderno. Muitos outros temperamentos viriam a ser propostos ao longo dos séculos, à medida que o debate ia evoluindo⁸. Muitas propostas passavam pelo abandono do modelo de 12 teclas por oitava, conforme se ilustra nas figuras 4 e 5. A solução que viria finalmente a ser adoptada foi a do temperamento igual⁹, dividindo a oitava em 12 meios-tons iguais, correspondendo assim cada meio-tom ao intervalo $\sqrt[12]{2} \approx 1,059$ (recorde-se que o meio-tom natural corresponde à razão $16/15 \approx 1,067$). Neste sistema, nenhum intervalo, à excepção da oitava, corresponde à afinação natural, mas todos os intervalos resultam suficientemente afinados para poderem ser tolerados pelo ouvido.¹⁰

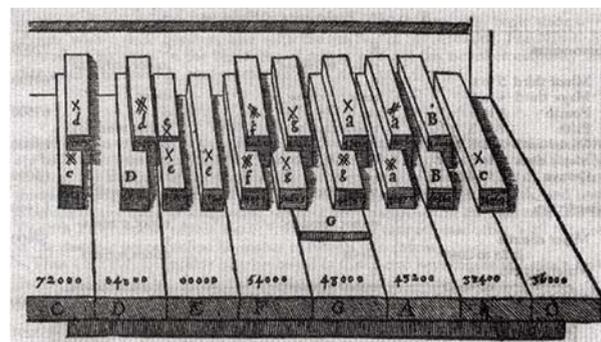


Fig. 5: Proposta de teclado com 32 teclas por oitava, apresentada por Mersenne no seu tratado *Harmonie Universelle* (apud S. Isakoff, op. cit.).

OBSERVAÇÕES FINAIS

As questões relacionadas com os fundamentos físicos das escalas e da afinação musical permitem-nos entender alguns aspectos da própria fruição estética do discurso musical. Tal conhecimento contribui não só para uma melhor apreciação das obras musicais, do ponto de vista do ouvinte, e para um melhor entendimento destas, por parte do intérprete e criador musical. Assim, o tema que brevemente tratámos permite compreender, por exemplo, factos como: a existência de enarmonia, isto é, de notas diferentes que correspondem, no temperamento igual (e apenas neste) ao mesmo som, e.g. Fá sustenido e Sol bemol; o relativo insucesso associado à interpretação em instrumentos com temperamento igual de obras concebidas para outros temperamentos, levando os intérpretes de música antiga a procurar afinações históricas; as queixas constantes de violinistas e cantores, bem como de outros músicos ligados a instrumentos de afinação não fixa, relativamente à afinação do piano.

No início do Ano Internacional da Física, celebrando o centenário do *annus mirabilis* da produção científica de Einstein (ele próprio, como é sabido, um violinista amador), esperamos que estas páginas possam de alguma forma contribuir para mostrar a proximidade entre a física e a música, não apenas através da acústica, mas também através de uma atitude comum em que o rigor dos modelos é devidamente temperado pela experiência.



Frontispício do *Traité de l'Harmonie*, de Jean-Phillippe Rameau

NOTAS

¹ A este respeito, veja-se, por exemplo, a excelente monografia *Acústica Musical*, de Luís Henrique, publicada em 2002 pela Gulbenkian e que foi já objecto de recensão em *Gazeta de Física* 26 (4), 2003.

² Refira-se, por exemplo, que o índice PACS (*Physics and Astronomy Catalogation Scheme*), utilizado para a catalogação de artigos de especialidade nas diversas áreas da Física e Astronomia, e que por isso reflecte os rumos contemporâneos da investigação física, contém tópicos que vão desde a acústica estrutural à acústica quântica, passando pela modelação da produção e percepção da fala. O tópico 43.75.+a deste catálogo é especificamente dedicado à música e aos instrumentos musicais. Cf. também Neville H. Fletcher e Thomas D. Rossing, *The Physics of Musical Instruments*, 2nd edition, Springer, New York (2000) e a abundante citação de artigos especializados aí contida.

³ Um tratamento bastante completo é oferecido por Neville H. Fletcher e Thomas D. Rossing, *op. cit.*

⁴ A definição de som complexo faz-se por oposição a som puro; nos sons puros apenas está presente um modo de vibração, regra geral o modo de vibração fundamental.

⁵ O reconhecimento da altura de um som pelo ouvido humano é um fenómeno bastante complexo e que excede a simples identificação da fundamental. Há até ocasiões em que pode ser reconhecida uma frequência fundamental que não está presente. Também a percepção do timbre é assunto de vivo debate e investigação actualmente. Para mais desenvolvimentos, cf. Luís Henrique, *op. cit.*, p. 862.

⁶ Este facto é particularmente evidente na construção dos órgãos de tubos, onde é possível reforçar o registo principal com um ou vários dos respectivos harmónicos, emitidos por tubos independentes de comprimento adequado. Para mencionar apenas um exemplo, refira-se que o órgão da Capela de S. Miguel da Universidade de Coimbra, verdadeiro tesouro da organaria portuguesa, dispõe de registos como Oitava Real (reforça o 2º harmónico), 8ª e 12ª (reforça o 2º e o 3º harmónicos), 12ª e 15ª (reforça o 3º e 4º harmónicos).

⁷ Cf. Donald J. Grout e Claude V. Palisca, *História da Música Ocidental*, Gradiva, 1994.

⁸ Cf. Stuart Isacoff, Alfred A. Knopf, *Temperament: the idea that solved music's greatest riddle*, New York, 2001.

⁹ Costuma tomar-se como referência a publicação em 1722 de duas obras fundamentais para o estabelecimento do temperamento igual: o *Traité de l'Harmonie*, de Jean-Phillippe Rameau, e o primeiro caderno de *Das wohltemperierte Klavier (O teclado bem temperado)*, de Johann Sebastian Bach. Este último, verdadeiro monumento da música ocidental, é um conjunto pedagógico de peças para teclado em todas as 24 tonalidades (12 maiores e 12 menores), demonstrando a sua exequibilidade num teclado devidamente temperado.

¹⁰ Consulte-se, a este respeito, a monografia *Musical Temperaments*, de Erich Neuwirth, Springer, Wien (1997), onde se comparam as afinações natural, pitagórica, mesotónica (esta particularmente importante nos inícios do século XVIII) e de temperamento igual; a comparação é estabelecida também do ponto de vista sonoro, no CD que integra a obra.

Dando como exemplo Leonardo da Vinci, a autora recorda aqui a importância da imaginação na relação entre ciência e literatura. Da Vinci teve a virtude de compreender que existe uma influência recíproca entre o mundo das ciências e o das artes e que a interdisciplinaridade é muitas vezes essencial para formular juízos mais acertados sobre a realidade. Era o pensamento humanista, na sua forma mais pura".

CIENTISTAS E ES - A IMPORTÂNCIA IMAGINAÇÃO

A imaginação é mais importante do que o saber
Albert Einstein

Na sala comum da minha casa, numa parede junto à zona de estar, em frente às estantes onde conservo alguns dos livros da minha vida, tenho um auto-retrato de Leonardo da Vinci. Trata-se de uma reprodução, ampliada alguns centímetros em relação ao original da Biblioteca Reale de Turim, e que comprei, há alguns anos, em Milão, na loja do Refeitório de Santa Maria delle Grazie, quando fui ver "A Última Ceia", ou o que resta dela.

Desde que me lembro que experimento uma irresistível atracção por Leonardo da Vinci. Primeiro, por causa da Mona Lisa, a estranha mulher que sorria de forma enigmática na parede por cima da televisão, em casa de uns tios onde costumava passar umas temporadas no Verão, e cujo olhar insistente me perturbava, subtraindo-me com frequência ao encanto dos desenhos animados.

Intimidava-me de alguma forma. E isso levou-me, alguns anos mais tarde, a querer saber quem tinha sido aquele Leonardo, que se tinha dado ao trabalho de pintar um quadro tão academicamente perfeito, mas ao mesmo tempo tão desconcertante.

Descobri um homem singular. Que tinha o hábito de pôr de lado um trabalho ou uma pesquisa de cada vez que descobria algo mais interessante para experimentar ou investigar; que pintava um quadro ou moldava uma escultura com o mesmo prazer com que estudava ciência ou inventava artefactos e maquinaria; que observava a

TERESA DIREITINHO

Rua Garcia de Resende, 31, 3º D
2755-048 Alcabideche

teresa@teresadireitinho.com

<http://www.teresadireitinho.com>

CRITORES

A DA

natureza e a reproduzia de acordo com as regras da perspectiva e as técnicas do claro-escuro e do *sfumato*, de uma forma sublimada, como em "A Virgem dos Rochedos", ou realista e brutal, como nas gravuras dos cadáveres por ele dissecados; que concebeu engenhos bélicos, mas chamou à guerra "loucura animalesca"... Um homem talvez controverso, mas, como quase todas as personagens controversas, fascinante. É verdade que Leonardo nunca publicou as suas ideias e que escreveu os seus apontamentos utilizando caligrafia invertida. Mas talvez o tenha feito menos por egoísmo e mais porque alguns dos seus projectos e estudos contradiziam muitos dos ensinamentos da época, principalmente aqueles que traziam a chancela da Santa Igreja. Seja como for, Leonardo teve, acima de tudo, a virtude de compreender que existe uma influência recíproca entre o mundo das ciências e o das artes e que a interdisciplinaridade é muitas vezes essencial para formular juízos mais acertados sobre a realidade. Era o pensamento humanista, na sua forma mais pura.

ESTE LEGADO, COM MAIS DE CINCO SÉCULOS, ESTARÁ DESACTUALIZADO?

É evidente que deixou de ser possível existir alguém entendido em todas as áreas do saber. Desde a época de da Vinci até aos nossos dias as coisas complicaram-se. O conhecimento científico cresceu imenso, as formas de arte diversificaram-se, os horizontes humanos dilataram-se quase tanto quanto as dimensões do Universo desde as descobertas de Edwin Hubble. Esta situação acarretou a necessidade de uma organização dos conhecimentos em disciplinas cada vez mais específicas, capazes de permitir a cada um o domínio sobre o seu campo de experiência,

a sua área de raciocínio, o fluir do seu talento criativo. Necessariamente desenvolveram-se linguagens próprias para caracterizar as novas descobertas e os novos sucessos. Mas depressa essas linguagens se tornaram demasiado restritas, dificilmente compreensíveis para o comum dos mortais e, até mesmo, para se entenderem "entre si". Esta dificuldade tornou-se mais marcante entre humanidades e ciências, de tal forma que, em meados do século XX, C. P. Snow, cientista e novelista britânico, chegou a falar de "duas culturas", uma espécie de cisão cultural que situava os literatos num pólo e os cientistas noutra. Não me parece que a situação seja assim tão radical, mas noto que ainda nos deparamos, por vezes, com um certo elitismo intelectual que cria barreiras sem razão de ser... Separar de raiz duas formas de cultura é algo que pode perturbar seriamente o nosso crescimento como seres humanos. Acabará por distorcer a mensagem mais clara de da Vinci...



Leonardo da Vinci.

Costumo encarar os enigmas de da Vinci como a prova de que ele nos quis chamar a atenção para as coisas e não esconder-nos o que quer que fosse. Os seus manuscritos às avessas estimulam a nossa imaginação e ainda bem... Até Einstein falou na "beleza do misterioso", e acrescentou que era essa "a fonte de toda a verdadeira arte e de

toda a ciência". A ciência tem vindo a ser construída através de verdades provisórias, às quais muitas vezes se chega a partir da redução do absurdo. A criatividade e a imaginação tiveram um papel muito importante no historial dos avanços científicos.

UMA QUESTÃO DE ATITUDE

Os grandes pensadores dos últimos séculos perceberam que a verdade deve ser acessível a todos e, para isso, as formas de comunicação têm de ser coerentes, simples e imaginativas. E muitos desses pensadores foram homens de ciência. Porém, é provável que tenham lido Shakespeare e achado que "*existem mais coisas no céu e na Terra*", não se devendo negligenciar quaisquer contributos para as compreender e divulgar, venham eles de onde vierem.

É tudo uma questão de atitude e cada um de nós pode fazer a diferença.

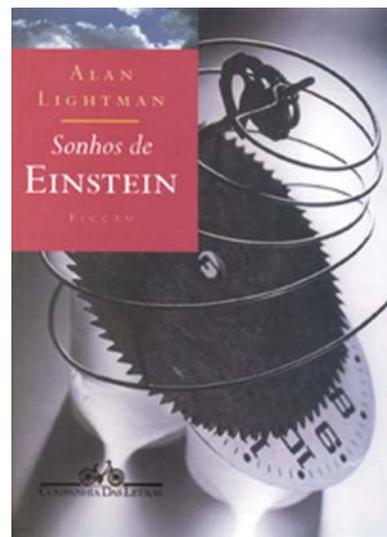
Estarei a anos-luz dos grandes pensadores, mas estudei alguma ciência e ultimamente atrevi-me a avançar pelo mundo da escrita. Comecei com um livro ("O Princípio da Atracção", Oficina do Livro, 2003) que tem alguma coisa a ver com a física e a astronomia pois, em termos muito gerais, traça o percurso de uma rapariga que se apaixona pelas estrelas, nos sentidos lato e estrito.



Carl Sagan

No meu modesto entender, creio que pode existir uma relação muito próxima entre ciência e literatura. Os livros ensinam-nos, mas também nos transportam para o mundo da imaginação. O seu lado lúdico pode ser muito útil, em particular no que diz respeito ao despertar da

curiosidade. Se não tivesse lido os livros de Carl Sagan talvez não tivesse percebido tão cedo que a beleza do céu nocturno se pode estender para além do maravilhoso pontilhado visível a olho nu. Eu via Vega, em Lira, como um pequeno ponto azul, mas Sagan levou-me até lá e, a partir desse dia, sonhei com wormholes e quis saber o que eram. Hoje dispomos de grandes telescópios e podemos deslumbrar-nos com imagens de lugares bem mais distantes, como as do campo profundo do Hubble, mas, mesmo assim, há qualquer coisa de especial nas palavras, precisamente porque as palavras são menos óbvias do que as imagens, deixando mais espaço à imaginação.



Tinha eu uns 16 anos, e estava a estudar para um teste de Geografia, quando um amigo de família apareceu lá em casa. Deu comigo debruçada sobre o manual do Dragomir Knapic, a olhar para as isóbaras num mapa de superfície terrestre. Perguntou-me se gostava daquelas matérias e eu disse-lhe que sim. Ficou então de me emprestar um livro sobre o assunto. Pensei tratar-se de algum compêndio de meteorologia, cheio de cálculos, que eu, certamente, não seria capaz de compreender. Não fiquei muito entusiasmada até me chegar às mãos um livro já velho, em formato de bolso, que tinha na capa a gravura de uma paisagem rural assolada pelo vento. O título era *A Tempestade*. Foi devido a esse romance, escrito por George Stewart durante a Segunda Guerra Mundial - que descrevia uma tempestade como uma entidade viva, à qual nem faltava o nome, Maria - que eu resolvi que iria estudar meteorologia. Bem... admito que *As Quatro Estações* de Vivaldi também tivessem contribuído... Mais tarde, vim a descobrir que Stewart tinha sido professor de Inglês na Universidade da Califórnia, em Berkeley, que fora um apaixonado por viagens e que fizera da multidisciplinaridade o seu paradigma de vida.

Mais recentemente, um amigo meu, físico, apreciador de Johann Sebastian Bach e de Thomas Mann, ofereceu-me um livro de Alan Lightman. Físico, mas também ensaísta,

novelista e professor de Escrita Criativa no MIT, Lightman tem conciliado de uma forma exemplar ciência e literatura, como provam os seus ensaios “Pas de Deux”, “Smile”, “Time Travel” and “Papa Joe's Pipe”, entre muitos outros. Disse algures que apreciava “os escritores que distorcem a realidade de forma a conseguirem vê-la mais claramente”, como Jorge Luís Borges ou Italo Calvino. O livro que o meu amigo me ofereceu é o romance “Os Sonhos de Einstein”, onde Lightman “sonha” que Einstein sonha a natureza do tempo, enquanto elabora a teoria da relatividade restrita. O tempo pode ser um curso de água, pode permanecer imóvel, pode ser uma qualidade, pode até ser um rouxinol... E a verdade é que, embora os modelos matemáticos descrevam o tempo como uma dimensão, nenhuma outra natureza do tempo é impossível, se conseguirmos descrevê-la... ou apenas se sonharmos com ela.

REFERÊNCIAS

- Lightman, Alan, *Dance for Two - Selected Essays*, Bloomsbury, 1996.
- Lightman, Alan, *Os Sonhos de Einstein*, Edições ASA, 1997.
- Sagan, Carl, *Cosmos*, Gradiva, 1984.
- Sagan, Carl, *Contacto*, Gradiva, 1985.
- Snow, C. P., *The Two Cultures*, Cambridge University Press, 1993.
- Stewart, George, *A Tempestade*, Livros do Brasil, 1957.
- The Project Gutenberg Ebook, *The Notebooks of Leonardo da Vinci*, 2004, www.gutenberg.net, Einstein Archives Online www.alberteinstein.info, Citador www.citador.pt.

Visite o nosso “site”

<http://spf.pt>

e faça-se sócio da Sociedade Portuguesa de Física

“O que seria do cinema sem a literatura, e o que seria da ciência sem a poética mágica das palavras, das formas e fórmulas, que a tornam – de algum modo, a par da música e da dança – numa das linguagens de comunicação mais genuinamente universais?”

JORGE CASIMIRO
Avenida Carolina Michaelis, 33, 5º D
2795-053 Linda-a-Velha

jc@educom.pt

CIÊNCIAS, ARTE ANDAMENTOS

“As artes, as ciências, as próprias letras, são unidas por laços invisíveis que não se podem romper impunemente”.

Lavoisier

Se certas artes, como a fotografia e o cinema, devem claramente a sua existência e desenvolvimento à ciência e aos progressos tecnológicos, no caso da poesia, e da literatura em geral, essa ligação já não será porventura tão evidente. E, no entanto, o que seria do cinema sem a literatura, e o que seria da ciência sem a poética mágica das palavras, das formas e fórmulas, que a tornam - de algum modo, a par da música e da dança - numa das linguagens de comunicação mais genuinamente universais?

O binómio de Newton, as leis físicas que descrevem o movimento de queda dos graves são os mesmos aqui e na China. E, no entanto, "*O binómio de Newton é tão belo como a Vénus de Milo...*" - declarava o poeta deslumbrado, mas consciente de que nem todos tinham essa capacidade de percepção, essa limpeza de olhar que só a alguns permite valorar relações a outros invisíveis. As sensibilidades do cientista e do poeta por vezes aproximam-se tanto que nem eles próprios se dão conta dessa comunhão - calhando até a negam ou menosprezam.

Arte e ciência emanam de um impulso criativo comum. Quando muito, e com algumas reticências, poderemos talvez dizer que a primeira é apadrinhada pela inspiração; enquanto a segunda deverá mais à intuição – ambas não dispensando generosas doses de acaso e de paixão.

S E LETRAS: E INFRACÇÕES

RITMOS E HARMONIAS

Galileu Galilei ensinou-nos a arte de folhear o “Grande Livro da Natureza”, esse *best-seller* inesgotável que todos recebemos como herança, mais ou menos merecida, mais ou menos estimada. Esta assimilação simbólica da Natureza a um grande livro que se pode ler e interpretar é particularmente interessante e inspirada. Inspiradora, além do mais.



Galileu Galilei

Se de um romance sobrasse apenas um trecho de um capítulo, uma página, uma linha, uma frase, difícil ou impossível seria compreender-lhe a trama, o enredo; avaliar-lhe a riqueza das personagens. Se de um poema restassem apenas fragmentos desordenados de versos avulsos, como desfrutar-lhe o sabor do ritmo das palavras, fruir-lhe o malabarismo das inflexões fonéticas? Um verso solto, isolado, desinserido de qualquer estrofe conhecida, dificilmente será reconhecido como parte integrante de um poema; como parte integrante de uma harmonia mais alargada. Dificilmente será reconhecido como peça indispensável ao funcionamento/entendimento harmónico de um todo estético e emocional.

Do mesmo modo, se a Natureza se expressasse por fenómenos isolados e não repetidos, desinseridos de um contexto reconhecível; se um fenómeno se manifestasse uma vez única dentro do período de tempo que as memórias e registos são capazes de abarcar, esse acontecimento dificilmente seria "lido" ou identificado como "natural", resvalando rápida e perigosamente para as esferas do sobrenatural e/ou do miraculoso.

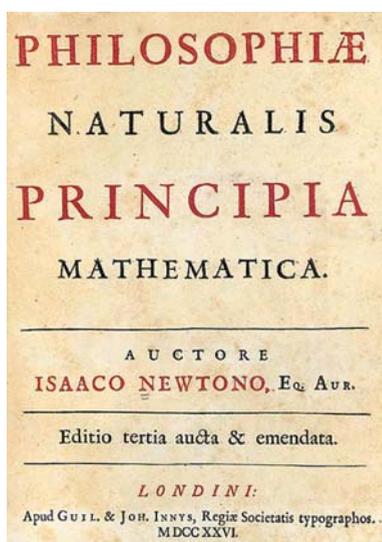
Mesmo o acaso tem a sua estrutura, a sua caprichosa obediência estatística. A sua própria sintaxe. A sua própria estética. A sua própria linguagem. A sua própria poética. Também a ciência tem a sua própria sintaxe, a sua própria linguagem processual e metodológica, os seus próprios objectivos. A ciência não é (nem pode pretender ser) uma descrição objectiva do mundo, mas tão-só uma tentativa de satisfazer as nossas necessidades de compreensão do mesmo. Como num imenso teatro de sombras, limitamo-nos a observar e (eventualmente) a medir impressões, rastros e sombras de seja lá o que for a "realidade", ou o fantasma residual da realidade. Os modelos físico-químicos não passam de aproximações melhores ou piores da "realidade" que pretendem descrever/interpretar.

O cientista é um caçador-recolector, mais ou menos bem sucedido, de repetições e padrões de regularidade. Só reconhecidos e identificados os ciclos e os ritmos do objecto de estudo, a sua ciência ganha forma, adquire consistência, cada vez mais enredada em leis capazes de "regulamentar", de reger, a cadência dessas pulsações da Natureza – mesmo que continue desconhecida a razão de ser dessa cadência, desse comportamento cíclico e previsível, ou as alternativas possíveis a essa "forma de estar". Em última análise, a ciência não explica. Dá-se frequentemente por satisfeita quando descreve e prevê. A mais não é obrigada. A mais, de facto, muitas vezes não consegue chegar. "*Os astros não se explicam / Arrefecem*" (António Gedeão). E normalmente não se atreve a propor vias alternativas, a conceber cenários ou realidades diversas – nem como mero exercício – porque isso a retiraria dos trilhos do mundo conhecido ("real"?), atirando-a para os duvidosos caminhos da ficção e da especulação filosófica. Aí, a arte é bem mais livre de ensaiar voos mais

soltos e descomprometidos. Ou quase... "Um pouco mais de fogo - e fora brasa, / Um pouco mais de azul - e fora além. / Para atingir, faltou-me o golpe de asa... / Se ao menos eu permanecesse alguém..." (Mário de Sá-Carneiro)

Se a ciência busca a compreensão do ainda não-compreendido, a poesia está frequentemente um passo além do racionalmente compreensível.

DA EXPLICAÇÃO DAS COISAS



Quando a física conclui que a força de atracção gravítica varia inversamente com o quadrado da distância entre os corpos, não nos explica por que razão varia com o inverso do quadrado da distância, e não com o inverso do cubo, ou de qualquer outra potência, de valor inteiro ou fraccionário. Tão-pouco responde à legítima curiosidade: "E terá sido sempre assim?" Dá-se por satisfeita a ciência porque a relação identificada lhe permite dar boa conta das interacções gravíticas entre corpos, longínquos ou próximos de nós, e lhe permite fazer boas previsões nesse domínio. E, quando se verifica que essa mesma relação se cumpre em campos de forças de natureza distinta da gravítica, o que se descobre são harmonias nos "caprichos" da Natureza. Natureza que está em irrequieto movimento pelo que o "Livro da Natureza" tem de estar em permanente revisão e actualização. Para lê-lo de uma forma mais nítida, mais susceptível de ser observada, descrita e interpretada, pode ser preciso "congelá-lo" em condições mais favoráveis à observação pretendida. "Congelar", ainda que momentaneamente, o objecto de análise pode ser, pois, uma necessidade estratégica. Depois, é ir metodicamente alternando descongelamentos com novos congelamentos, e ir verificando se as novas observações ainda corroboram, ou não, as conclusões anteriores.

PERTURBANTES PERTURBAÇÕES

É sabido que a observação científica de um fenómeno pode introduzir uma perturbação objectiva no sistema observado – e essa é uma verdade particularmente desconcertante no domínio do mundo quântico. Entretanto, num plano e contexto completamente distintos, não será menos verdade dizer-se que a leitura de um bom poema pode perturbar consideravelmente o leitor. Enfim, cada um perturba-se com o que pode...

Admirar uma obra de arte, ler um poema, podem ser experiências fortemente perturbadoras para o observador, para o leitor. Neste caso, o efeito da impressão produzida não é quantificável. É subjectivo; contudo apreciável – dependendo da qualidade intrínseca da obra, e do conhecimento, da cultura artística/literária, do espírito crítico, da sensibilidade, da emotividade, da capacidade de maravilhar-se do admirador/leitor em presença; a experiência do maravilhoso está íntima e indissociavelmente ligada ao misterioso, ao transcendente, ao que está para além do directa e estritamente perceptível: "...a mais bela experiência que podemos ter é a do misterioso. É esta a emoção fundamental que está na origem da verdadeira arte e da verdadeira ciência" (Albert Einstein).

MUDAR DE CORPO

Uma lei física pode ser expressa numa notação diferente, sem que isso altere a sua validade ou domínio de aplicação.

Por seu turno, a musicalidade das palavras muda quando estas mudam de idioma. Deste aspecto decorre a particular dificuldade de traduzir poesia. É algo comparável à tentativa de reproduzir um quadro recorrendo a uma paleta de cores e tonalidades diferentes das usadas no original. Ainda que o tema central permaneça reconhecível, o resultado – podendo ser melhor ou pior – será necessariamente diferente e afastou-se do sopro inspirador do momento da criação.

A transposição de um poema para outra língua aproxima-se de um processo reprodutivo/evolutivo. Se entregarmos um mesmo poema a vários tradutores, que o traduzam para o mesmo idioma, obteremos outros tantos poemas, subtilmente diferentes. Como as mutações de um organismo vivo. Se, entretanto, alguma dessas versões for de novo retrovertida para a língua original, por um tradutor que desconheça a matriz de partida, é pouco provável que a ela regresse integralmente, evidenciando já um certo grau de autonomização. Autonomização que não poderá, contudo, enjeitar fortes traços "genéticos" de aproximação ao seu "progenitor" - estilísticos, formais, rítmicos, de musicalidade, flexibilidade fonética, funcionamento linguístico, de significação e simbolismo.

BOAS VIBRAÇÕES

Fenómenos periódicos, como o movimento pendular ou a vibração de uma corda sob tensão, podem ser descritos por funções que apresentam uma simetria particular. Mas é sabido que a simetria não se revela só nos territórios clássicos da Física. A noção de simetria é transversal a todos os domínios da ciência, a todos os níveis da Natureza, manifestando-se desde as partículas elementares ao Universo no seu todo.



Quadro de Escher

O conceito de simetria (e assimetria) foi frequente ponto de partida e inspiração igualmente fecundo tanto para a ciência como para a arte. E, no entanto, paradoxalmente, é à custa de quebras de regularidade e de simetria, e de momentos de ruptura da "ordem" vigente, que se processam a criação e a evolução do Universo, da vida, da arte. Os grandes saltos da arte, da ciência, da escrita, do pensamento humano, têm subjacentes elementos de perturbação e crise. Ocorrem geralmente em momentos de ruptura, de quebra de estabilidade e simetria.

O Universo e a vida, tal como os conhecemos, são produto de sucessivas quebras de simetria, são resultado de sucessivas mudanças de rumo e de curso.

É à custa e ao ritmo de inesperados erros genéticos que se produzem mutações que levam espécies a desaguiarem noutras espécies. E, sem as subtis anomalias geradoras da diferenciação biológica, qualquer espécie viva convergirá para a sua inevitável extinção, vítima da falta de diversidade genética. A própria morte natural é, também ela, um processo de ruptura indispensável à renovação da vida.

Os modelos físico-químicos não passam de aproximações melhores ou piores da "realidade" que pretendem descre-

ver/interpretar. E as próprias equações que os configuram contêm em si as margens de erro necessárias às inevitáveis exceções que, ao fim e ao cabo, as confirmam e lhes permitem evoluir para formas mais abrangentes.

A poesia é a música mais sensível das palavras. Daí, estas duas artes andarem frequentemente de mãos dadas, num enamoramento inevitável e irreprímível.

A poesia, como a música, é a expressão sublime de um tempo desenhado a sons, silêncios, emoções e sensibilidades, numa convivência de ritmos, cadências, regularidades, mas também de quebras de ritmo, de cadência, de regularidade, em suma, de infracções. Quebras fundamentais de uma monotonia que as condenaria à inevitável esterilidade. Simetria e assimetria, ruptura e renovação, quebra e recomposição, identidade e complementaridade: conceitos que se confundem e diferenciam, aproximam e excluem mutuamente, numa estranha e emaranhada dinâmica comum à Natureza e à criação humana. Os progressos científicos influem, por vezes dramaticamente, nas temáticas da arte e, naturalmente, da filosofia, pelas "novidades" que trazem a palco.

Exemplo versátil é o do atomismo em afirmação no século XIX, que extravasa mais ou menos inconscientemente para a arte, assumindo aí variadas metamorfoses: é o pontilhismo na pintura, em que, por influência da teoria das cores complementares de Chevreul, a tinta passa a ser aplicada numa justaposição, mais ou menos densa, de pinceladas individualizadas de cores puras, passando do clássico contínuo plástico a uma distribuição discreta e estatística. São os experimentalismos cromáticos nas novas propostas musicais de Wagner. São os *flashes* de luz que, atravessando uma sucessão de fotogramas individuais, nos transmitem a impressão de movimento e continuidade.

Com o despontar do século XX, é a vez de a mecânica quântica vir acrescentar inesperadas formas de descontinuidade, indeterminação e acaso às entrelinhas do "Grande Livro da Natureza". Empréstimo um *quantum* de liberdade à grande engrenagem do mundo. Um *quantum* de liberdade a aproximar ainda mais a ciência da arte, da poesia; pelo que a arte e a poesia têm de inesperado, de surpreendente. De libertário.

Adília Lopes licenciou-se em Literatura e Linguística Portuguesa e Francesa, depois de ter feito estudos de Física. Especializou-se em Linguística, como bolsista do Instituto Nacional de Investigação Científica, e em Ciências Documentais. É autora de vários livros de poesia, alguns já traduzidos em castelhano, italiano, francês, inglês, servo-croata, alemão e holandês.

POEMAS INÉDITOS

Se Newton andasse
a andar de carro
pelo pomar
em vez de andar
a andar a pé
não tinha dado
pela queda da maçã

Se Rousseau andasse
a andar de carro
em vez de andar
a passear a pé
não tinha escrito
aquele livro
tão bonito

Detesto carros
são uma porcaria

Mas lembro-me
do Luís taxista
que guiava tão bem
e que me disse
"dê um abraço meu
à sua mãe"

ADÍLIA LOPES

Rua José Estevão, 16, 1º

1150-202 Lisboa

PARA A FIAMA

A hera
 escreve
 sobre a era
 os nomes
 e os números
 vegetais

A escrita
 de Deus
 de súbito
 matéria

A pedra
 transcendente
 a lagartixa
 anjo

O opaco
 transparente
 como água
 boa para beber

A escrita
 de Deus
 não pode
 ser descrita

A CORTINA DE FERRO

Estive deitada

A Lua
 varia
 com o Sol
 na razão inversa
 do quadrado
 da distância
 e na razão directa
 do cubo
 do quadrado
 do quarto
 do quartzo
 A fórmula
 é engolida
 de um trago
 para o segredo
 ser secreto

E eu vou
 num voo
 ter contigo
 meu amor
 longínquo
 longitudes
 e latitudes
 estimadas

Marianna Alcoforado
 sente-se 007
 mas senta-se



Quadro de Escher

A peça "Concurso de Demiurgos", escrita por Ana Carla Campos e Ana Cristina Oliveira e representada por membros do Clube de Astronomia da Escola Secundária José Régio, de Vila do Conde, ganhou a competição portuguesa e ficou em segundo lugar na competição europeia do concurso "Life in the Universe", promovido pela ESA (Agência Espacial Europeia) e pelo CERN (Laboratório Europeu da Física das Partículas), em 2001. Nela se põem em destaque as principais condições que tiveram de ocorrer para que fosse possível surgir a vida na Terra.

ANA CARLA CAMPOS¹ e ANA CRISTINA OLIVEIRA²

¹ Centro de Ciência Viva de Vila do Conde
anacarla@viladoconde.cienciaviva.pt

² Escola Secundária Pinheiro e Rosa, Faro
ana_n_oliveira@netcabo.pt

CONCURSO DE DEMIURGOS

CENA I

(Lê-se projectado num ecrã o seguinte: "Está aberto o concurso para o Demiurgo do Ano. O Demiurgo que conseguir criar vida inteligente no Universo terá como prémio ser venerado por todos os seres inteligentes que criou enquanto essa vida durar.")

Duis - Então Dias, já conseguiste alguma coisa?

Dias - Que te interessa! Consegui pôr um planeta a girar à volta de uma estrela, na galáxia de Andrómeda, já que queres saber. Mas vou usar uma estrela amarela... As vermelhas não servem. São pouco energéticas e não duram tempo suficiente. E tu Daes o que é que já fizeste?

Daes - Tenho tentado criar vida dispensando a energia de uma estrela. Mas acho que é verdadeiramente impossível. É uma utopia.

Deus - Já viram o que era termos uns milhares de criaturas inteligentes a tratarem-nos como um ser superior? Como é que seria?

Duis - Vai ser magnífico!

Daes - Ou catastrófico!

Dias - Como catastrófico? Nada nos poderá atingir.

Deus - Podem simplesmente esquecer-se da nossa existência.

Daes - Ou lutarem entre eles competindo a ver quem faz os melhores cânticos...

Duis - ... os melhores louvores...

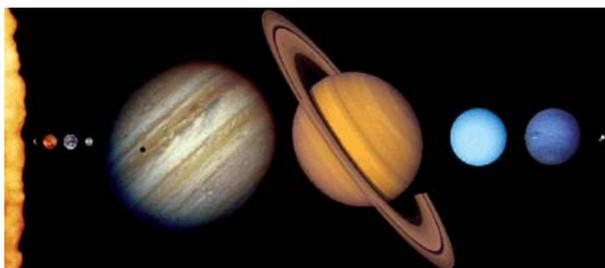
Dias - E isso seria mau? Isto é apenas um jogo! Tu não vais deixar de existir pelo facto de uns seres que criaste deixarem de pensar em ti.

Deus - Também é verdade, apesar de mostrarem alguma ingratidão. Depois de todo este esforço...

Dias - Esforço?! E em que se tem esforçado o menino graxista que faz sempre os trabalhos de casa?

Deus - *(Olha com ar de desdém e depois responde:)* Tenho um sistema estelar em formação na Via Láctea. Neste momento a nuvem de matéria já se encontra em contracção e parece-me que estão a surgir muitos planetas. Não sei é o que fazer com as sobras.

Duis - Sobras? Que sobras?



Deus - É. Andam por lá uns pedaços a chocar com os planetas. Pode ser um problema... *(Mostra-se preocupado)*

Dias - Nem sabes quanto!... *(Com ar de descoberta, virado para o lado)*
(Disfarçando) Ho! Planetas, planetas... Só isso, Deus? Pensava-te capaz de melhor! O menino marrão preferido de todos os professores! *(Com ar de desprezo)*

Deus - Ai sim e porquê? Aposto que não fizeste melhor!

Dias - Melhor? Muito melhor! Já passei a fase dos planetinhas, em que te encontras, e já estou a fazer experiências usando silício. Modéstia à parte, parece-me promissor. *(Com um ar muito pouco modesto)*

Duis - Ai, silício não, isso é demasiado pesado.

Dias - Então diga lá, suprema inteligência, com o que é que está a pensar fazer vida?

Duis - Elementos simples, leves... de preferência no estado gasoso.

Deus - No estado gasoso?

Daes - Não me parece possível!

Duis - O meu projecto tem a ver com a libertação total da consciência. Pretendo afastá-la o mais possível do fardo pesado da matéria.

Dias - Tens a mania que és esperta! É sempre preciso uma base física para suportar a consciência.

Duis - Claro! Mas eu pretendo que a minha seja a mais leve possível.

Deus - Não concordo. O correcto será criar vida de forma equilibrada.

Daes - Mas de qualquer modo acho que o silício, apesar de abundante, não será a melhor solução: forma ligações muito fortes tornando difícil o fabrico de um ser capaz de evoluir naturalmente. Eu estava mais a pensar no carbono...

Dias - Carbono?

Daes - Sim. Liga-se por covalência com inúmeros elementos.

Dias - Também o silício, ora!

Daes - Sim, mas no caso do carbono essas ligações são suficientemente fortes para conduzirem a edifícios químicos estáveis...

Dias - Tal como com o silício...

Daes - ...mas simultaneamente também suficientemente frágeis para poderem ser dissociadas e permitir a evolução dessas estruturas. Acho, sem dúvida, que o carbono é o melhor elemento de todos.

Deus - Concordo. *(Tira notas)*

Duis - Bom, tenho de ir trabalhar. *(Inscribe-se e sai)*

Dias - Realmente tenho estado aqui a perder o meu tempo. *(Inscribe-se e sai)*

Deus - Vou para o meu gabinete. *(Inscribe-se e sai)*

Daes - Eu vou contigo! *(Inscribe-se e sai atrás de Deus)*

CENA II



(No gabinete de Deus)

(Estão ambos atrás da bancada a fazer experiências)

Daes - Não, já te disse que com hélio não se consegue nada! É um gás inerte e não se liga com ninguém. Temos de tentar com hidrogénio!

Deus - Sim, tens razão. Então experimenta lá tu! *(Sai da bancada e senta-se no sofá e põe a televisão a funcionar)*

Daes - *(Manuseia o equipamento)*

Deus - *(Mostra imagens do sistema solar)* Olha os nossos meninos... não me canso de olhar para eles. Não sei qual deles será o melhor para criar vida. Que sugeres?

Daes - *(Sempre a manusear o equipamento)* O primeiro está muito próximo do Sol, e além disso é demasiado pequeno.

Deus - Concordo. Nem consegue reter uma atmosfera, por muito rarefeita que seja. *(Pausa)*

Daes - Já o segundo... é uma hipótese! Mas não me

parece a melhor. Aquela atmosfera não é recomendável a ninguém: tanto ácido faz mal à saúde.

Deus - Já para não falar do calor que aquele efeito de estufa provoca. *(Neste momento passa uma imagem de Júpiter, logo seguido de Saturno)* O melhor é mesmo este, o grande, o maior de todos!

Daes - *(Ri-se. Pára um pouco de trabalhar)* Que horror! Não vês que aquilo é só gases? Pareces a Duis com a mania das levezas. *(Imita-a)* Já reparaste que nem come nem nada? Deve ser anoréctica! *(Riem-se)*

Deus - Pronto, pronto. E aquele dos anéis? É tão bonito... Faz-me lembrar aquele anel que te ofereci...

Daes - Pois é, é lindo... *(Olha para o dedo)* mas neste caso... Não me parece... *(Volta para a bancada)*

Deus - É... E os que estão depois desse já são todos muito frios. *(Pausa)* Estava-me a esquecer do vermelhinho. É nesse que eu vou tentar. Tem atmosfera e tudo!

Daes - Olha o que eu consegui aqui! *(Sai da bancada mostrando triunfante um tubo de ensaio com água)*

Deus - *(Levanta-se do sofá)* O que é isto? *(Aproxima-se)* Não tem cor... *(Cheira)* Não cheira a nada...

Daes - Mas tem propriedades muito interessantes! Podíamos experimentar utilizar este líquido como solvente e meio privilegiado onde pudessem ocorrer as reacções químicas.

Deus - E como queres fazer isso?

Daes - Podíamos cobrir um planeta com ele...

Deus - ...Nem penses! Usa lá isso no teu planeta que eu não quero encharcar o meu vermelhinho com esse líquido sensorão.

Daes - O meu planeta? Pensava que íamos trabalhar em conjunto...

Deus - Não! Agora estou-me a dar muito bem com este. *(Imagem de Marte e Terra)* Fica tu com esse aí, com o terceiro, faz o que quiseres. Até é simpático.

Daes - Seja! Para mim sempre foi o melhor. Tenho é de resolver alguns problemas. Mas acho que tem muitas possibilidades.

CENA III

(Black-out. O cenário transforma-se dando a ideia de que passou algum tempo e intenso trabalho.)

Deus - *(Desesperado, apreensivo)* Mas o que é que falta? Só consigo microorganismos que estão longe de serem inteligentes!

Dias - *(Aparece pé ante pé e começa a lançar meteoros para o sistema solar)*

Deus - *(Põe-se outra vez a ver o sistema solar. De repente grita:)* Daes! Anda cá!

Daes - *(Entra com um caldeirão)* Ai, que queres? Estou numa fase fundamental!

Deus - Que trazes aí? Enlouqueceste?

Daes - Isto é o caldo primordial! Hum... Delicioso! Queres provar um bocadinho? Pode ser que te ajude... *(Dá uma risadinha)*

Deus - Iark! Nem pensar! *(Olha lá para dentro)* E está cheio de coisas lá dentro...

Daes - A ideia do carbono resultou em cheio. Com base neste elemento surgiram proteínas e ácidos nucleicos, que são moléculas gigantes com propriedades muito interessantes.

Deus - Muito interessantes, muito interessantes... Cá para mim tu é que te estás fazer de interessante...

Daes - Olha, com os ácidos nucleicos é possível construir sistemas autoreplicativos, o que nos pode dar a chave para a reprodução. Além disso, estes compostos, para além da água, são essenciais na construção das células, estas estruturas que aqui vês.

Deus - Ora células! *(Tipo: ora bolas)*

Daes - Para mim são o começo da vida. São estruturas que possuem as características funcionais básicas que eu estava à procura: metabolismo, reprodução, selecção e evolução. Se conseguir que as células se diferenciem em funções distintas e se agreguem, posso obter seres muito interessantes.

Deus - Sim, sim, mas não desconverses. Chamei-te por outra coisa: o que é aquilo?!

Daes - Aquilo é uma lua!

Deus - Já não lhe bastava as células também resolveu inventar uma lua! Se me tivesses dito que querias uma lua, eu tinha-te arranjado uma. Sabes que por ti eu faço

tudo... E diz-me cá, Daesinha, para que precisas tu de uma lua?

Daes - Olha, não queres trabalhar em separado? Então descobre!

Deus - *(Amua)*

Daes - *(Olha para ele de soslaio e reconsidera)* Vários meteoritos têm colidido com a Terra...

Deus - ...Terra?

Daes - Sim, chamo-lhe assim porque este planeta está cheio de terra, olha, de silício. O Dias é que iria gostar...

Dias - Oh, não, escolhi o planeta errado...

Daes - Ao princípio estava sempre com medo de que os meteoritos viessem estragar tudo...

Dias - E com razão! *(Para o público)*

Daes - Mas, surpreendentemente, acabaram por me ajudar.

Dias - Ajudar?

Daes - Por sorte, um meteorito chocou com a Terra na direcção certa e arrancou-lhe um pedaço: foi assim que apareceu a Lua. Mas não foi o único que me ajudou: houve outro que chocou e inclinou o eixo à Terra. Resultado: a Lua ajuda a estabilizar o eixo de rotação do planeta que agora, que ele está inclinado e criou as estações, convém não ser instável. *(Pausa)* É fantástico como um processo que parecia ser só destrutivo acabou por me dar uma grande ajuda...

Dias - *(Sai do palco frustrado)*

Daes - Mas não penses que a minha Lua é a única: apareceram muitas mais no sistema solar que, aliás, estou a usar para fazer experiências. Ali, em Titã, estou a ver como se portam o metano e o etano como solventes, e penso também tentar em outro lado com amoníaco. Mas duvido que encontre melhor solvente que a água!

Deus - Ai é? Bestial. Então vou pôr duas luas no meu planeta!

CENA IV

(Black-Out. Mais uma passagem do tempo)

Daes - *(Aparece com uma rã)* Olha, olha o que tenho aqui!

Deus - *(Assusta-se)* O que é isso?

Daes - Consegui! É um anfíbio!

Deus - (*Desanimado*) Estupendo!... Como é que conseguiste que evoluíssem tanto? Os meus não só não avançam como estão a morrer...

Daes - Então as tuas luas não te ajudaram? E logo duas!

Deus - Oh...(*Pausa*)

Daes - (*Consola-o*) Pronto, não fiques assim. Repara no bicho. Já consegui que saíssem da água.

Deus - Água? De que é que estás a falar?

Daes - Sim, lembras-te? Aquele líquido incolor, que não cheirava a nada... Sabes, o meu planeta está coberto de água e de vida. Nem imaginas do que este líquido é capaz. Não queres experimentar no teu?

Deus - Sim, vou tentar... Mas diz-me lá, essa criatura que surgiu da água, é inteligente?

Daes - Não, ainda não é inteligente. Mas para além deste ser há muitos mais, com uma grande diversidade na morfologia e na estrutura, e adaptados a condições ambientais muito diversas. E tenho esperança que ainda evoluam mais. Como já evoluíram até aqui, adaptando-se ao novo meio hostil da terra e do ar. E foi graças à lua! Além de tudo o mais, ela criou as marés!

Deus - A sério? E eu com duas não consegui nada. Já vi que estás no bom caminho. (*Pausa*) Não queres que eu te ajude?

Daes - (*Após uma breve hesitação*) Está bem! Vamos tentar que eles fiquem inteligentes... Como tu!... Portanto, senta-te aí e observa. Calado, não mexas em nada!

CENA V

(*Black-Out. Sala do júri. Ainda nos bastidores os quatro muito nervosos*)

Dias - Então, conseguiram alguma coisa?

Duis - Claro que sim. E tu?

Dias - Acertei em cheio. Com o silício construí seres inteligentes. Ao princípio eram muito limitados. Tinha de lhes dar todas as instruções. Mas agora já pensam por si e são auto-suficientes. Já sabem onde ir buscar energia para subsistirem. Duvido que alguém tenha feito melhor...

Duis - Não sei... Tal como projectei, consegui criar vida numa simples massa de matéria interestelar na Pequena Nuvem de Magalhães. Aposto que o júri vai gostar muito do meu trabalho. E tu Daes?

Daes - Nós trabalhamos em conjunto. Eu e o Deus criámos vida num planeta azul da Via Láctea.

Deus - Surgiram inúmeros seres, cada um mais estranho que o outro. E sobrevivem em condições tão diversas... É um espanto a capacidade de adaptação desses seres construídos à base de carbono.

Dias - Sim? E é exactamente onde?

Daes - Estou desconfiada que tu sabes muito bem onde é! Mas não faz mal: acabaste por ajudar mais do que querias, não é verdade?

Duis - E são inteligentes, as vossas criaturas?

Deus - Bem, há uma espécie que parece que sim. Pelo menos conquistaram uma linguagem articulada e desenvolveram uma tecnologia avançada. Mas, por outro lado, imagina que acreditam piamente que a posição dos outros planetas influencia a sua vida!

Os outros - (*Riem-se todos*)

Dias - E reproduzem-se?

Deus - Isso é o que eles fazem de melhor! Nunca vi nada assim.

Duis - Ai os meus não! Eu crio-os e eles permanecem.

Daes - Quem sabe se um dia todos estes nossos mundos se vêm a encontrar.

Dias - Será difícil. As distâncias são enormes para eles...

Daes - Mas podem arranjar um meio de comunicarem entre si, pelo menos.

Duis - Para quê? Seguramente os meus seres, obviamente superiores, nada terão a tratar com os vossos...

(*São chamados para o concurso*)- Atenção, chamam-se ao palco os concorrentes a Demiurgo do Ano.

Daes - Será que vamos conseguir?

Deus - Não te preocupes, eu falo com eles.

Apresentadora - Olá, muito boa noite a todos os nossos espectadores aqui em estúdio e aos nossos telespectadores. O meu nome é Estrela Cadente e estou convosco para vos anunciar os vencedores do concurso de Demiurgo do Ano. (*Muda de câmara*) Como sabem, o prestigioso título de Demiurgo do Ano, atribuído pela Academia Intergaláctica das Ciências, com o patrocínio da Agência de Viagens Vai-Vem, concede ao vencedor uma avultada quantia em dinheiro bem como a adoração por parte das criaturas que criou. E agora, após um breve intervalo

para compromissos publicitários, voltaremos para vos revelar quem foi o vencedor. Eu volto já, não saia do seu lugar.

ANÚNCIO

Dó M Sol M
Se estás triste, chateado
 Fá M Dó M
E não tens nada para fazer.

Dó M Sol M
Se sonhas com outros mundos
 Fá M Sol M
Conhecê-los vem

Lá m Ré M
Vem comigo, p' rás estrelas
 Lá m Ré m
Vem comigo vem

REFRÃO:

Dó M Sol M
Viagens Vai-Vem
 Dó M Sol M
Viagens Vai-Vem
 Fá M Sol M Fá M Sol M Dó M
Onde você sai sozinho e volta com alguém. (bis)

Apresentadora - Ora cá estamos, obrigada por ter ficado connosco. (*Muda de câmara*) E chegou agora o momento de revelar os resultados do concurso de Demiurgo do Ano! (*Acena com os envelopes*) (*Abre um envelope à medida que diz*) Em terceiro lugar ficou... (*Lendo*) ...a ilustre cientista Duis que conseguiu o feito inédito de criar vida inteligente numa nuvem de matéria. No entanto esta forma de vida revelou-se demasiado subtil, desprendida e egoísta. Apenas se preocupam consigo próprios. Não conseguem viver em comunidade e não se reproduzem. Palmas para a demiurga Duis... (*Entrega uma estatueta*) Duis? Onde está a concorrente?

Daes - Desapareceu!

Deus - Ela estava mesmo aqui...

Dias - Deve ter voado lá para a nuvenzinha dela...

Apresentadora - Bom, adiante ... E agora vamos saber quem ficou no segundo lugar... (*Abre o envelope*)

E o segundo lugar foi atribuído ao investigador... (*Deus e Dias entreolham-se*) Dias, brilhante na evolução do seu conceito de semicondutor. No entanto esses seres reve-

laram-se pouco surpreendentes e demasiado lógicos e também não se reproduzem. Palmas para o demiurgo Dias... (*Entrega uma estatueta*) Obrigada pela sua participação. Pergunto-lhe também a si, que planos tem para o futuro?

Dias - Não tenho comentários a fazer, obviamente que a decisão da Academia foi imparcial, ganham sempre os mesmos nestas coisas, os protegidos, os que estão com o sistema. E pode ficar com essa estatueta, entregue-a ao júri que eu não a quero para nada, vendidos, ladrões, fique com a bodega da estatueta e diga-lhes que a me... (*É retirado à força*)

Apresentadora - Obrigada, obrigada. Bom e vamos então apresentar o vencedor do concurso... Nervosos? ... E o grande vencedor é... a equipa constituída pelo casal de cientistas Daes e Deus que conceberam uma forma de vida inteligente absolutamente notável, para além de inúmeros espécimes de que eles se podem alimentar. Esta espécie é auto-suficiente e reproduz-se. Prevê-se que possa evoluir sem mais intervenção directa dos seus criadores. (*Aplausos*) Contentes?

Deus e Daes - Sim, muito.

Apresentadora - No entanto, o título de Demiurgo do Ano e a consequente veneração por parte das criaturas inteligentes só poderá ser atribuído a um membro da equipa. Cabe aos dois decidir a qual será.

Daes - Fica Deus. As vidas que criei são o meu prémio.

Deus - Tens a certeza?

Daes - Absoluta. Tu criaste os planetas e eu a vida que neles existe. Mas agora esses seres precisam de ajuda, de orientação. Sabes bem como são instáveis e belicosos. Nem pensam em tudo o que teve de acontecer para que pudessem existir e parecem estar sempre à beira da autodestruição. Eu criei a vida. Tu agora terás de a manter.

Apresentadora - Então a vida existirá enquanto Deus quiser. Aplausos para ambos!



Paulo Ivo Teixeira ganha Prémio de Tradução

Arte Molecular em Belém

História Breve da Lua n'A Barraca

Encontro Ibérico de Física Atómica e Molecular
2005

FÍSICA EM PORTUGAL

PAULO IVO TEIXEIRA GANHA PRÉMIO DE TRADUÇÃO



Paulo Ivo Teixeira foi distinguido com o Prémio de Tradução Científica e Técnica em Língua Portuguesa, da Fundação para a Ciência e Tecnologia / União Latina, de 2004, pela tradução da obra "Mais Rápido que a Luz", de João Magueijo, publicada pela Gradiva. O prémio visa promover a língua portuguesa como língua de comunicação científica e técnica, recompensando traduções de qualidade que tenham contribuído para o enriquecimento e rigor da terminologia científica e técnica em língua portuguesa. A entrega do prémio realizou-se no dia 15 de Novembro, no Instituto Franco-Português, em Lisboa.

A "Gazeta" agradece o envio de notícias para esta secção
gazeta@teor.fis.uc.pt

O livro divide-se em duas partes: a primeira é a exposição do conhecimento "seguro" – as teorias de Einstein e o chamado modelo-padrão da origem do universo no *Big Bang*, bem como a enunciação de alguns problemas que este modelo não consegue resolver. A segunda parte é uma narrativa muito pessoal da tentativa do João de propor um modo alternativo de olhar para alguns desses problemas. Se esse modo alternativo é válido ou não, tanto quanto sei, está ainda em aberto. Mas penso que é sobretudo o drama humano, relatado com grande vivacidade, que prende o leitor não-especialista. A prosa científica moderna tende a ser impessoal e isenta de emoção – o que neste livro certamente não acontece. Espero que isso contribua para a sua maior difusão, uma vez que há quem pense que uma certa alienação do público face à ciência e à tecnologia se deva, pelo menos em parte, ao estilo algo "artificial" de que os cientistas se servem para comunicar.

A "Gazeta" conversou com o premiado:

Gazeta de Física: O que o motivou a traduzir a obra de João Magueijo?

Paulo Ivo Teixeira: A Gradiva pediu-mo e eu aceitei. Tinha traduzido para eles "O Universo numa Casca de Noz", de Stephen Hawking (o qual, talvez valha a pena referir, foi distinguido com uma menção honrosa do mesmo prémio em 2003) e falaram-me na possibilidade de traduzir um livro do João Magueijo do qual eu então ainda nada sabia. Mostraram-me o livro, que me pareceu interessante, além de ser da autoria de um ex-colega (ambos nos licenciámos em Física na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, penso que com dois anos de intervalo, pelo que nos conhecíamos um pouco). Tive a felicidade de o autor poder rever a tradução, o que normalmente não acontece.

GF: Ficou satisfeito com o prémio? Encara-o como uma motivação?

PIT: Fiquei evidentemente satisfeito por ter recebido o prémio e ver o meu trabalho reconhecido dessa forma. Penso que os prémios são sempre importantes para motivar as pessoas em qualquer ramo de actividade.

GF: Fale-nos um pouco da obra e da sua importância.

PIT: É-me difícil responder a esta pergunta, uma vez que não sou especialista na área de que o livro trata. Limitar-me-ei, portanto, a dizer algumas palavras acerca do seu significado como "fenómeno" de divulgação.

GF: Tem alguma outra tradução em mãos?

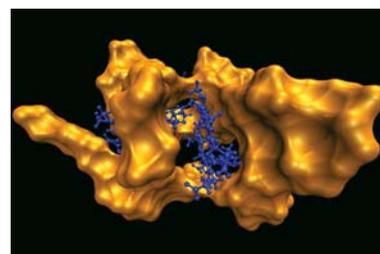
PIT: Terminei há pouco a tradução de "Flutterland", de Ian Stewart, também para a Gradiva. Trata-se da continuação do famoso "Flatland" de Edwin Abbott – a história de um quadrado à descoberta do mundo tridimensional, que tem deliciado gerações de leitores. "Flutterland" é como que uma actualização – leva o leitor a viajar por diferentes espaços, iniciando-o assim, de forma sempre bem-humorada, em conceitos avançados da matemática e da física modernas.

Além disso, encontro-me presentemente a traduzir o livro "Fluids with attitude: the story of liquid crystals, from oddity to technology", que ainda não tem título em português, para a IST Press. Trata-se da história da descoberta dos cristais líquidos – os materiais de que são feitos os ecrãs dos telemóveis, relógios digitais, computadores portáteis, etc., baseado na lição inaugural proferida pelo meu orientador de doutoramento, Prof. Tim Sluckin, ao assumir a cátedra que ocupa na Universidade de Southampton. Parece-me um livro muito interessante por várias razões. Primeiro, do ponto de vista científico, uma vez que há relativamente poucas obras de divulgação na área da matéria condensada. Segundo, pelos muitos apertes de carácter humano

envolvendo os protagonistas da história. Finalmente, pelos comentários que o autor tece acerca da política de investigação científica e tecnológica em vários países e diferentes meios.

Paula Almeida
paula-almeida@netcabo.pt

ARTE MOLECULAR EM BELÉM



O investigador Nuno Micaêlo, estudante de doutoramento no Instituto de Tecnologia Química e Biológica de Oeiras, expôs o seu trabalho científico/artístico, constituído por vídeos e imagens de moléculas biológicas, de 5 a 28 de Novembro no Centro Cultural de Belém.

A exposição, intitulada "Arte Molecular - Formas não convencionais de representação molecular", pretendeu levar ao grande público uma perspectiva microscópica da vida. Sendo a primeira do género a ser apresentada em Portugal, esta exposição consiste em representações fotográficas de grande escala criadas digitalmente. Usando as estruturas das proteínas e do DNA como objecto de estudo, o autor explora formas e volumes codificados pela própria molécula, conduzindo o visitante a uma reflexão sobre a biologia molecular.

Licenciado em Biologia pela Universidade de Aveiro, Nuno Micaêlo concluiu a sua licenciatura como estudante Erasmus no Laboratório de Expressão Génica da Universidade de Aarhus, Dinamarca, em 2002. Nesse mesmo ano iniciou a sua carreira de investigação como bolseiro no grupo de Modelação de Proteínas do Instituto de Tecnologia Química e Biológica (ITQB), tendo em 2003 iniciado a sua tese de doutoramento sobre o estudo teórico e computacional das propriedades catalíticas das enzimas em meios não aquosos.

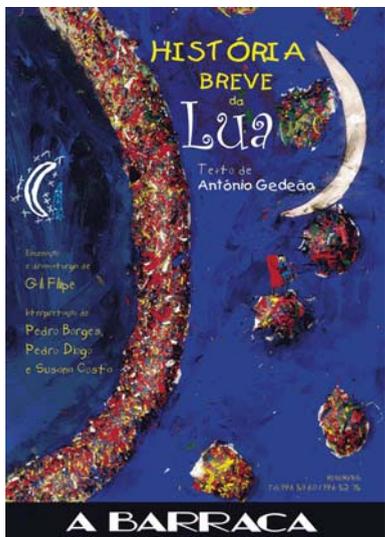
Na área do ensino, colabora anualmente no programa de doutoramento do ITQB, no módulo "Representação de Moléculas Biológicas".

Para além da publicação em revistas com "peer-review", Nuno Micaêlo tem participado em acções de divulgação de ciência para o público em geral e desenvolvendo ilustrações artísticas para revistas científicas, publicações e eventos.

Em 2003 iniciou um projecto individual sobre o estudo e a exploração dos métodos de representação molecular, desenvolvendo novas técnicas e abordagens de interpretação das estruturas moleculares das proteínas e do DNA. Possui uma exposição residente no ITQB.

Recentemente iniciou um projecto de colaboração com outros artistas no domínio de interface entre ciência e arte.

HISTÓRIA BREVE DA LUA N'A BARRACA



A companhia de teatro A Barraca tem em cena a peça "História Breve da Lua", de António Gedeão (pseudónimo do professor de Ciências Físico-Químicas Rómulo de Carvalho).

"Tudo começa com a lenda, que antigamente se contava, de que as manchas que a lua tem são um homem que lá está, de castigo, por ter trabalhado num Domingo. Mas nós sabemos que isso não é bem assim. Para contar a verdade toda

sobre as manchas da lua, de como ela cresce, se enche, mingua e desaparece, temos dois amigos: o Jerónimo e o Agapito. Um acha que é mesmo o Homem da Lua que lá está, e o outro sabe que não, que isso do Homem da Lua é tudo um grande disparate. Encontram o 'Astrónimo' – como lhe chama o Jerónimo – que, com a ajuda de um telescópio e do vestido de uma linda menina que por ali anda a passear, lhes tira todas as dúvidas sobre a lua e os nomes que ela tem e o que é que acontece quando ela se mostra cheia, branca e linda e aos poucos desaparece".

É um espectáculo encenado por Gil Filipe, com cenários e adereços de Delphim Miranda, em que os actores Susana Costa, Pedro Borges e Gil Filipe contam toda a verdade sobre a lua com a ajuda de bonecos, projecções de imagens, música, luz negra, muita festa e alegria... Afirmou Gil Filipe: "Queremos, sobretudo, mostrar que ensinar é uma festa e aprender é divertido, vale a pena e dá prazer".

ENCONTRO IBÉRICO DE FÍSICA ATÓMICA E MOLECULAR 2005

A Divisão de Física Atómica e Molecular da Sociedade Portuguesa de Física está a organizar para os dias 21 a 23 de Março de 2005, o Encontro Ibérico de Física

Atómica e Molecular 2005 (IBER 2005). Este encontro, decorrerá na Fundação Calouste Gulbenkian, em Lisboa, e é o sétimo de uma série iniciada também em Lisboa em 1994 e que se realiza de dois em dois anos, organizado alternadamente pela Sociedade Portuguesa de Física e pela sua congénere espanhola, a Real Sociedad Española.

As áreas científicas previstas para o encontro de 2005 são: Estrutura Atómica e Molecular, Análise Espectroscópica, Teoria dos Funcionais de Densidade, Dinâmica Molecular, Dinâmica dos Processos Elementares, Catálise Assistida por Laser e Espectrometria de Massa.

O programa do IBER 2005 inclui nove sessões com convidados, dez sessões orais e uma sessão de apresentação de trabalhos no formato de poster. Encontram-se já confirmadas as presenças de José Brito (Portugal), Samuel Eden (França), Yong-Ki Kim (Estados Unidos da América), N. Mason (Reino Unido), Manuela Merchán (Espanha), Marcelo P. de Miranda (Reino Unido), Salvador Montero (Espanha), Fernando Parente (Portugal) e Aurelio Rodriguez (Espanha).

Mais informações podem ser encontradas em <http://iber2005.cii.fc.ul.pt>.

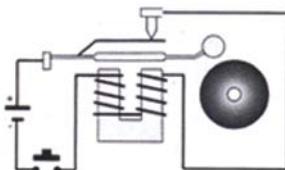




VIDROS E EQUIPAMENTOS, LDA.

Telefs.: 21 9588450/1/2/3/4 Telefax 351 21 9588455
 Rua Soeiro Pereira Gomes; 13 - R/C | <http://www.videeq.pt>
 BOM SUCESSO - 2615 ALVERCA
 PORTUGAL

MATERIAL DIDÁCTICO



FÍSICA

IBER 2005

7th Iberian Joint Meeting on Atomic and Molecular Physics

21-23 March 2005
Fundação Calouste Gulbenkian
Lisbon - Portugal

Local Organizing Committee

Chair

J. P. Santos (U. Nova Lisboa)

A. M. Costa (U. Lisboa)
P. Limão-Vieira (U. Nova Lisboa)
C. Madruga (U. Madeira)
J. Marques (U. Lisboa)
A. Paiva (U. Nova Lisboa)
F. Parente (U. Lisboa)
O. Teodoro (U. Nova Lisboa)

Scientific Committee

A. Aguilar (U. Barcelona)
J. M. Alvariño (U. Salamanca)
L. Bañares (U. Complutense Madrid)
M. L. Carvalho (U. Lisboa)
M. L. Costa (U. Nova Lisboa)
G. García (CSIC, Madrid)
A. Moutinho (U. Nova Lisboa)
F. Parente (U. Lisboa)
J. P. Santos (U. Nova Lisboa)
M. Yañez (U. Autonoma Madrid)



FCT

Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO

IBER 2005

Sociedade Portuguesa de Física
Av. da República,
37, 4º, P-1050-187 Lisboa
Portugal

iber2005@cii.fc.ul.pt
<http://iber2005.cii.fc.ul.pt>
Tel: +351 21 7993665
Fax: +351 21 7952349

Educação em Ciências, Cultura e Cidadania: A poesia na sala de aula

Mostra-se como motivar os alunos para as ciências físico-químicas usando textos poéticos. Através de meia dúzia de poemas, apresentam-se sugestões didácticas que podem ser usadas em aulas para despertar, de um modo original, o interesse pela ciência.

Interdisciplinaridade e Computação no Ensino Secundário

Durante o mês de Setembro vários professores do ensino básico e secundário tiveram oportunidade de participar em duas acções de formação que decorreram no Centro de Física Teórica e Computacional da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e que visaram estimular a utilização de meios computacionais no ensino.

A Gazeta agradece o envio de contribuições para esta secção

gazeta@teor.fis.uc.pt

ENSINO DA FÍSICA

EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, CULTURA E CIDADANIA: A POESIA NA SALA DE AULA

É por certo consensual a importância da educação na cultura, na construção dos conhecimentos e no modo como se deve exercer a cidadania. Já não será tão consensual a necessidade de uma literacia científica no desenvolvimento dessa cidadania. Ainda persiste por vezes a ideia de que só uma cultura artístico-literária (dita humanista) é capaz de transmitir um sistema de valores democráticos. Vejamos o que dizem a este respeito Veríssimo e Ribeiro (Veríssimo e Ribeiro, 2001):

"Ora, o simples contacto com conceitos oriundos das ciências habilita o cidadão a participar melhor (mais livre e consciente) e mais activamente no próprio processo de desenvolvimento social de que faz parte. Mas, se isso não bastasse, o contacto com a forma como a ciência é e foi construída é, porventura, a forma mais fácil de transmitir valores como a importância e o respeito pela diversidade, que são, por si só, o próprio fundamento da Democracia(...)

Por outro lado, o conhecimento científico por parte dos cidadãos permite a resistência a movimentos de tendência totalitária, que por vezes se instalam na sociedade através de visões distorcidas da realidade(...)

O ensin/aprendizagem da ciência baseado em paradigmas modernos, capazes de valorizar a contextualização no desenvolvimento dos conceitos e que se aproxima metodologicamente dos paradigmas em que assenta a construção das próprias ciências, são um meio de excepção para desenvolver as capacidades fundamentais citadas como primordiais na sociedade do futuro".

Um dos aspectos que emerge dos excertos anteriores é a importância da exploração da história e da filosofia das ciências. A Association for Science Education (ASE) considera que

propósito da poesia científica de Vitorino Nemésio e dessa ligação poesia/ ciência, entre outros, o físico Niels Bohr e o poeta Robert Frost. Em Portugal há vários exemplos desta simbiose. Para além de Nemésio, merecem referência os médicos Miguel Torga e Fernando Namora, bem como José Régio e Fernando Pessoa que, na sua poesia, recorrem por vezes a conceitos científicos. Também Camões, nos "Lusíadas", alude várias vezes a fenómenos físico-químicos mostrando ter conhecimentos seguros sobre as ciências náutica e astronómica da sua época (Ferreira, 2003). Mas não se pode falar da ligação ciência-poesia sem referir o professor de Física e pedagogo Rómulo de Carvalho, de pseudónimo António Gedeão.

"a falta de oportunidade para explorar a história e a filosofia da ciência e para estudar a ciência nos seus contextos sócio-económico e político é talvez o factor que mais contribui para a imagem da ciência construída pelos jovens. Eles estudam o assunto isolado da sua história e contexto. A maior parte dos jovens não vêem a ciência como ela é - uma das mais importantes actividades culturais realizadas pelo homem" (ASE, 179, p. 24, citada por Sequeira e Leite, 1988, p. 31).

Conciliando este ponto de vista com o outro, antes referido, de que ainda persiste a ideia de que só uma cultura artístico literária é capaz de transportar e transmitir um sistema de valores democráticos, impõe-se um conceito de cultura que abranja as visões artístico-literária e científica, estabelecendo pontes entre elas. E essa visão transdisciplinar tem que começar a aparecer nas salas de aula. C. Ribeiro (Ribeiro,1993) afirma que:

"Qualquer processo educativo deve conduzir ao crescimento harmonioso da sensibilidade, da moralidade e da inteligência e não só ao desenvolvimento preponderante desta; a educação pela arte produz o apuramento da sensibilidade".

É óbvio que uma dimensão cultural tal como a que acaba de ser defendida implica uma reflexão sobre a formação de professores. A este propósito Mellado (Mellado, 2000), refere que *"os professores não têm tido oportunidade de reflectir sobre aspectos-chave como a natureza e a construção social das teorias científicas, as relações entre a observação e a teoria ou a natureza do progresso científico"*.

Neste artigo vou apresentar uma estratégia pedagógica onde alguns conceitos físico-químicos são explorados a partir da sua imagem poética e integrados numa visão histórica do seu desenvolvimento. É do conhecimento geral a existência de "conexões" entre a ciência e a poesia. O neurocirurgião João Lobo Antunes refere, no seu livro "Memória de Nova Iorque e Outros Ensaios", a



Rómulo de Carvalho, 1952

Watts (2001) considera a poesia como um recurso tanto formal como lúdico através do qual se pode explorar a linguagem da ciência. Acontece que, infelizmente, a ligação ciência-poesia é muito pouco explorada nas salas de aula (digo infelizmente porque a formação dos jovens só poderia sair enriquecida de tal simbiose).

A estratégia que aqui se apresenta foi elaborada para o anterior programa de 11º ano na disciplina de Físico-Química mas é facilmente adaptável ao novo programa de 10º ano na medida em que permite a exploração de conceitos relativos a "Absorção e emissão de energia pelos átomos" (espectro electromagnético, cor, efeito fotoeléctrico, tabela periódica dos elementos).

Por que não abordar estes assuntos com o poema "Física" de José Saramago, prémio Nobel da Literatura, relativamente pouco conhecido como poeta (Saramago, 1999)?

Cor

A cor, o que é afinal? Energia, no essencial.
 É emissão de fótons, é um salto de electrões,
 absorções, emissões, ou também interacções
 entre a luz e a matéria. Pode ser sublime, etérea.
 Ela é interferência é período, é frequência
 ela é excitação, e logo desexcitação,
 ela é inspiração na paleta do pintor.
 Afinal o que é a cor?
 É o vermelho de Almada? É o azul de Chagall?
 Seja ela tudo ou nada, a cor é fundamental.
 Seja no azul do mar, que às vezes é cor de breu,
 seja no azul do céu ou no verde de um olhar,
 seja no roxo dos montes, seja no cinza das fontes,
 nas searas amarelas, perturbantes de tão belas,
 seja no verde das plantas, no colorido das mantas,
 seja em janelas, portadas, seja em telhados, fachadas,
 em azulejos, vitrais ou em tantas coisas mais,
 a cor é fundamental.
 O que é a cor afinal? Energia, no essencial.



Quadro de Rothko

Este é apenas um exemplo de uma estratégia possível em que a poesia serve de veículo para construir conhecimento conceptual, atitudinal, processual e metodológico. Mas poderiam ser apresentados muitos outros. A utilização do belíssimo *Poema para Galileu* de António Gedeão (Gedeão, 1968) permite, para além da exploração de inúmeros conceitos de mecânica, uma reflexão sobre valores como a tolerância, contrapondo-a aos fundamentalismos, que hoje, tal como no tempo de Galileu, ainda se tentam impor.

REGINA SOUSA GOUVEIA

Escola Secundária Carolina Michaelis, Porto

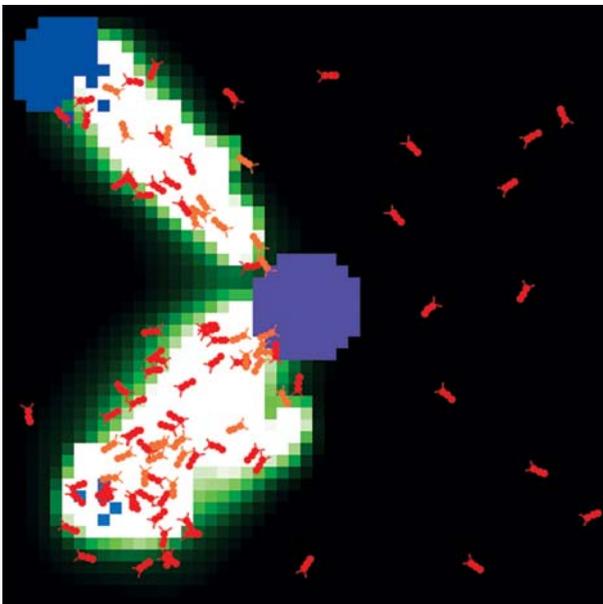
gouveias@tvitel.pt

REFERÊNCIAS

- Antunes, J. L., *Memória de Nova Iorque e Outros Ensaios*, Gradiva, Lisboa, 2002.
- Caeiro, A., "O Guardador de Rebanhos", em *Poemas*, Ática, Lisboa, 1945.
- Ferreira, M., "Poesia e Ciência", *Super Interessante*, 63, 2003, p. 30.
- Fiolhais, C., "Física e Poesia", *Gazeta de Física*, 26, fasc. 1, 2003, p. 44-45.
- Fiolhais, C., "Física e Poesia têm pontos de contacto", *Gazeta de Física*, 26, fasc. 1, 2003, p. 46.
- Gedeão, A., *Poesias Completas*, Portugalíia, Lisboa, 1968.
- Gedeão, A., *Novos Poemas Póstumos*, Edições João Sá da Costa, Lisboa, 1990.
- Gouveia, R., *Reflexões e Interferências*, Editora Palavra em Mutação, Porto, 2001.
- Lisboa, E., *O Ilimitável Oceano*, Edições Quasi, Vila Nova de Famalicão, 2001.
- Mellado, V., "Es adecuada la formación científica del profesorado de ciencias de secundaria para sus necesidades profesionales?", *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 24, 2000, p. 57-65.
- Ribeiro, C., "Educação e arte", *Revista Portuguesa de Educação*, 6, nº 1, Universidade do Minho, 1993, p. 103-108.
- Saramago, J., *Os Poemas Possíveis*, 5ª edição, Caminho, Lisboa, 1999.
- Sequeira, M, Leite, L., "A história da ciência no ensino-aprendizagem das ciências", *Revista Portuguesa de Educação*, 1, nº 2, Universidade do Minho, 1998, p. 29-40.
- Veríssimo, A., Ribeiro, R., "Educação em Ciências e Cidadania? Porquê? Onde e Como?" em *(Re)pensar o Ensino das Ciências*, EEC, Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário, 2001, p. 155-163.
- Watts, M., "Science and poetry: passion v. prescription in school science?", *International Journal of Science Education*, 23, nº 2, 2001, p. 197-208.

INTERDISCIPLINARIDADE E COMPUTAÇÃO NO ENSINO SECUNDÁRIO

Decorreram no mês de Setembro no Centro de Física Teórica e Computacional (CFTC) da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL) duas acções de formação dirigidas aos professores de várias áreas científicas dos ensinos básico e secundário. Em Novembro teve lugar uma nova acção de formação.



O objectivo dessas acções foi estimular a utilização autónoma de recursos computacionais, em particular os que estão disponíveis através de software do domínio público, a fim de levar a modelação computacional à sala de aula, integrada nas actividades curriculares em várias áreas das ciências sociais e da natureza. Participaram nesta edição-piloto professores de Matemática, Física, Química, Biologia, Informática, Geologia e Geografia, que prepararam módulos de simulação de diferentes sistemas passíveis de ser integrados nas aulas que leccionam.

Esta iniciativa inspirou-se num projecto de formação de professores, resultante da colaboração do Santa Fe Institute com o Massachusetts Institute of Technology (MIT), nos Estados Unidos, que incluiu o desenvolvimento de um pacote de software distribuído livremente, o *StarLogo*, cuja utilização dispensa formação específica.

O CFTC recebeu o apoio da Fundação Calouste Gulbenkian para desenvolver competências básicas na utilização de meios informáticos e na sua aplicação em simulações adaptados a vários níveis de ensino e a várias disciplinas.

O projecto levado a cabo pelo CFTC assenta na utilização do *NetLogo*, uma evolução do *StarLogo* escrita em Java que permite desenvolver modelos sem limitações ou especificidades relacionadas com os diferentes sistemas operativos. Do ponto de vista de conteúdos, o projecto é marcadamente multidisciplinar,

proporcionando uma plataforma comum para estudar sistemas que vão da actividade viral ao escoamento de tráfego, e agregação a ecossistemas.

Contactada pela "Gazeta", Margarida Telo da Gama, coordenadora científica do CFTC e responsável pelo projecto, mostrou-se muito satisfeita com os resultados desta acção: "É necessário aumentar o peso deste tipo de formação, em que os estudantes são tradicionalmente deficitários, para conseguir melhorar o perfil dos nossos recursos humanos. Por outro lado, a modelação computacional de sistemas complexos está associada a uma intensa actividade científica de carácter interdisciplinar, que há que fazer chegar à escola, modificando a formação do secundário para a tornar menos compartimentada e mais fluente na utilização de meios informáticos". Referiu igualmente que espera que o Ministério da Educação e a Sociedade Portuguesa de Física se interessem por esta iniciativa, de modo a dar ao projecto a continuidade e a dimensão necessárias para que possa produzir efeitos.

O projecto contempla também a formação de formadores que, com o apoio das entidades competentes, permitirá multiplicar o impacto deste programa. Para Margarida Telo da Gama, esta é mais uma maneira de a FCUL intervir na formação de professores: "As Faculdades de Ciências perderam o papel central que já tiveram na formação de professores, perda essa à qual não será alheia a reconhecida degradação da qualidade do ensino das ciências em Portugal. Alterar todo o enquadramento legal e político que se desenvolveu ao longo das últimas décadas e ao qual se deve o triste estado em que o país se encontra neste sector está muito para além da nossa capacidade de intervenção. O que podemos é aproveitar os mecanismos de progressão na carreira previstos na lei para chegar aos professores que já exercem a profissão e dar-lhes apoio". A coordenadora do



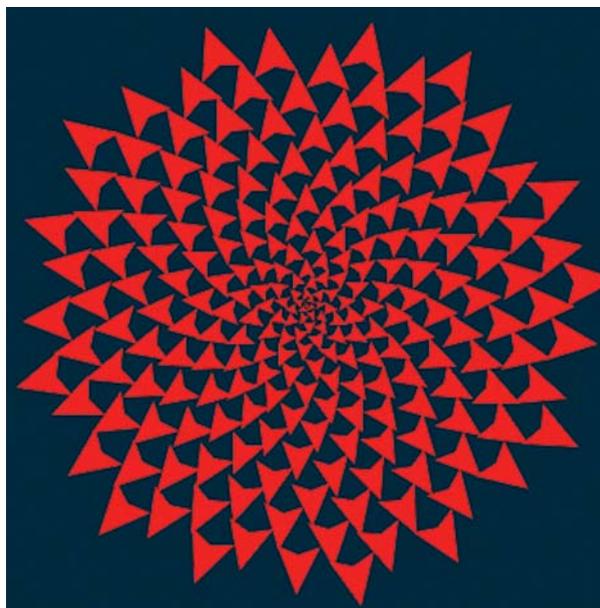
CFTC é também responsável por outra acção de formação da FCUL, o ciclo de palestras "De Kepler aos fractais", no qual

vários tópicos actuais de física assim como assuntos interdisciplinares em que a física intervém são apresentados numa linguagem acessível.

As acções de formação de Setembro e Novembro, que correspondeu a dois créditos atribuídos pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua, através do Centro de Formação "Formar para Educar", constaram de um curso de uma semana (25 horas presenciais) que incluiu uma introdução à fenomenologia dos sistemas complexos (5 horas teóricas), a exploração dos modelos propostos (10 horas teórico-práticas) e o treino de programação (10 horas práticas). Complementou este curso um projecto (25 horas não presenciais), em que cada um dos formandos desenvolveu um modelo computacional integrável na matéria que lecciona.

Cada dia do curso foi dedicado a um tema. A equipa do CFCTC desenvolveu cinco módulos temáticos: percolação, fractais, ecologia, transições de fase e sistemas adaptáveis.

Informação adicional sobre este projecto pode ser encontrada em <http://cftc.cii.fc.ul.pt/ICES> <http://cftc.cii.fc.ul.pt/ICES>. O manual desenvolvido para este projecto está disponível *on-line*, funcionando não só como texto de apoio para os cinco módulos mas também como um curso rápido da linguagem *NetLogo*. O download do *NetLogo*, incluindo a sua biblioteca de mode-



los, pode ser efectuado a partir de <http://ccl.northwestern.edu/netlogo>, onde também se pode aceder a grupos de discussão sobre a linguagem, a novos modelos e a ideias para a sua utilização na sala de aula.

PAULA ALMEIDA
paula-almeida@netcabo.pt

Texas Instruments

CALCULADORAS GRÁFICAS | TI-84 Plus | TI-84 Plus Silver Edition

A tecnologia gráfica portátil Texas Instruments é conhecida pela sua resistência, durabilidade, economia e por se adequar às necessidades de professores e estudantes. Isto pode ser demonstrado pelo crescente número de estudantes que desejam possuir a calculadora gráfica, para a poderem usar em qualquer momento e local.

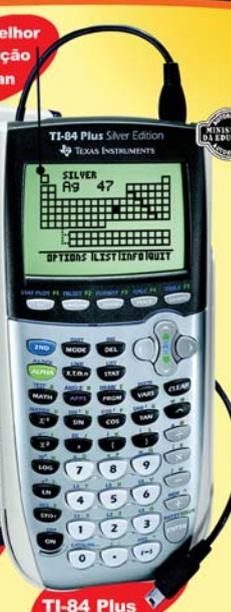
A última geração em tecnologia que opera como a TI-83 Plus, mas com MAIOR CAPACIDADE

- Mais MEMÓRIA - mais espaço para armazenamento de Aplicações (APPS).
- Mais RÁPIDA - na execução de cálculos, gráficos e download de Aplicações (APPS).
- PORTA USB - mais velocidade e maior estabilidade nas comunicações.



TI-84 Plus

- 32 Kb RAM
- 480 Kb ROM Flash
- 11 Aplicações (APPS) incluídas



TI-84 Plus Silver Edition

- 32 Kb RAM
- 1,54 Mb ROM Flash
- 28 Aplicações (APPS) incluídas

FLASH Agora todos os Produtos Educacionais têm **3** Anos de Garantia

Distribuidores:



DISMEL
Distribuidor de Material Electrónico, Lda.
Rua Coronel Ferreira do Amaral, 9 - C
1900-165 LISBOA
Tel.: 218 160 320 Fax: 218 160 329
E-mail: info@dismel.pt www.dismel.pt



TETRI
EQUIPAMENTOS ELECTRÓNICOS, LDA.
Estrada Exterior da Circunvalação, 798 - Apartado 48 - 4439-909 RIO TINTO
Tel.: 224 899 532 Fax: 224 800 527 E-mail: tetri@tetri.pt www.tetri.pt

Por iniciativa de alguns países, entre os quais Portugal, 2005 foi proclamado pela Organização das Nações Unidas (ONU) Ano Internacional da Física. A Sociedade Portuguesa de Física (SPF) desempenha um papel fulcral nas várias iniciativas a desenvolver.



ONU Ano Internacional da Física

A "Gazeta" agradece o envio de informação sobre acções no âmbito do Ano Internacional da Física para Sandra Costa

scosta@teor.fis.uc.pt

ANO INTERNACIONAL DA FÍSICA 2005

JOSÉ DIAS URBANO COMISSÁRIO NACIONAL PARA O ANO INTERNACIONAL DA FÍSICA



José Dias Urbano, Professor Catedrático da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra e Presidente da Sociedade Portuguesa de Física, foi nomeado Comissário Nacional para o Ano Internacional da Física - 2005.

Doutor em Ciências Físicas pela Universidade de Oxford e em Física pela Universidade de Coimbra, foi bolseiro da Comissão de Estudos de Energia Atómica, da

Fundação Calouste Gulbenkian, do Instituto de Alta Cultura, do INIC (Lisboa) e do DAAD (Bona). Foi investigador do Battelle Memorial Institute, Seattle-EUA, do Kernforschungsanlage, Alemanha, e dos Chalk River National Laboratories, Canadá.

É autor ou co-autor de trabalhos de investigação científica nas áreas de Física Nuclear, Teoria Quântica de Sistemas de Muitos Corpos e Física dos Hadrões, publicados em revistas internacionais da especialidade.

Foi Vice-Presidente do Instituto de Coimbra, Presidente do Conselho Directivo da FCTUC e promotor da construção dos edifícios para os Departamentos de Engenharia no Pólo II da Universidade de Coimbra, co-proponente e primeiro Presidente do Instituto Pedro Nunes e co-proponente e primeiro Director do Centro de Física Computacional da Universidade de Coimbra.

José Dias Urbano é Presidente das Comissões Científica e Executiva do Departamento de Física e membro do Centro de Física Computacional da Universidade de Coimbra. É membro da Sociedade Europeia de Física e "Fellow" do Instituto de Física de Londres.

ANÚNCIO PÚBLICO DO PROGRAMA PARA AS COMEMORAÇÕES NACIONAIS

Decorreu no dia 16 de Novembro, no Palácio das Laranjeiras, a cerimónia de anúncio público do programa das comemorações do Ano Internacional da Física 2005. Estiveram presentes várias personalidades de diversos sectores, com responsabilidades em áreas como a política, a educação, a investigação científica e a comunicação social, das quais se destacam os Secretários de Estado da Ciência e Inovação, da Educação e dos Negócios Estrangeiros e Cooperação.

O Comissário Nacional para as comemorações do Ano Internacional da Física 2005, Prof. Doutor Dias Urbano, anunciou o programa de acções a realizar no próximo ano e com o qual pretende cumprir os seguintes objectivos:

- Aumentar o apreço público pela Física.
- Melhorar o ensino da Física nas escolas.
- Reforçar o papel da Física no Ensino Superior.
- Reforçar a aliança da Física com outros ramos do saber.
- Cativar os jovens para o estudo da Física.
- Reforçar o papel dos físicos na sociedade.
- Aumentar a cooperação internacional, em particular com os países de língua oficial portuguesa.

Nesta cerimónia foi também anunciado pelo Secretário de Estado da Educação a assinatura de um protocolo com a Sociedade Portuguesa de Física com vista à realização do 1.º Encontro de Professores sobre o Ensino da Física - Situação e Perspectivas, e de um estudo sobre o ensino experimental da física.

ASSINATURA DE CONTRATO DE PARTICIPAÇÃO FINANCEIRA

O Eng.º Francisco Sousa Soares, gestor do Programa Operacional Ciência, Tecnologia e Inovação (POCTI), e o Professor Doutor José Dias Urbano, Presidente da SPF, assinaram, no dia 24 de Novembro, um Contrato de Participação Financeira para as comemorações do Ano Internacional da Física. Foi concedida à Sociedade Portuguesa de Física a verba de 634 mil euros ao abrigo da Medida 3.1 "Promover a Cultura Científica e Tecnológica".

VOTO DE CONGRATULAÇÃO DA ASSEMBLEIA DA REPÚBLICA

A 9 de Dezembro de 2004, durante a última sessão plenária da 16ª Legislatura, a Assembleia da República aprovou por unanimidade um Voto de Congratulação, proposto por todos os grupos parlamentares, pela institucionalização do ano de 2005 como Ano Internacional da Física.

No seu Voto de Congratulação, a Assembleia da República:

- Reconhece que a Física, além de fornecer a base indispensável para a compreensão da natureza, constitui a mais poderosa mola do desenvolvimento científico, tecnológico e económico.

- Congratula-se com o papel relevante desempenhado pelo nosso país nos processos que conduziram às deliberações da UNESCO e da ONU referentes ao Ano Internacional da Física.

- Apoia os objectivos e os ideais da Ano Internacional da Física.

- Incentiva os físicos e os profissionais das áreas com elas relacionadas a promover o apreço público pela Física e a qualidade do seu ensino nas escolas.

- Convida todas as agências, instituições e organizações públicas e privadas e os meios de comunicação a celebrar o Ano Internacional da Física 2005 como uma ocasião especial para enriquecer a cultura dos portugueses, partilhando com outros povos a dimensão universal da ciência.

FÍSICA SEM FRONTEIRAS

No âmbito do Ano Internacional da Física, a Delegação Norte da SPF, em colaboração com o Departamento de Física da Faculdade de Ciências do Porto, dinamizará o ciclo de palestras "Física sem Fronteiras". Pretende-se, com esta iniciativa, dar visibilidade à física, divulgar a interdisciplinaridade e contribuir para o aumento do apreço público por esta ciência.

Do programa constam:

- 22 de Janeiro, "Física - uma Ciência sem fronteiras", José Ferreira da Silva.
- 5 de Fevereiro, "As interfaces entre a Física e a Biologia", Alexandre Quintanilha.

- 9 de Abril, "A Física e as alterações globais", Filipe Duarte Santos.
- 7 de Maio, "Filosofia, Física e Unidade da Ciência", Olga Pombo.
- 25 de Junho, "O Futuro da Física Biomédica", Manuel Paiva.

Todas as palestras terão lugar no Auditório da Reitoria da Universidade do Porto, pelas 15 horas.

FÍSICA ÀS QUARTAS

No âmbito das comemorações do Ano Internacional da Física e com o apoio da Plátano Editora, o Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP) dinamizará, em parceria com a Delegação Norte da SPE, o evento "Física às Quartas". Na programação deste evento decorrerão algumas palestras, e também a exibição do filme "Einstein e o *annus mirabilis*", com um debate sobre o mesmo. Este evento destina-se a professores de Física e Química e estudantes do ensino secundário e ensino superior. "Física às Quartas" decorrerá de Janeiro a Junho, pelas 15 horas no Anfiteatro 120 do Departamento de Física da FCUP, com o seguinte programa:

- 12 de Janeiro, "Revolucionário aos 26", Eduardo Seabra Lage.
- 26 de Janeiro, "Que faz o Einstein na minha sala de estar?", João Lopes dos Santos.
- 16 de Fevereiro, "Viagens com o GPS", Manuel Joaquim Marques.
- 2 de Março, "Ideias frequentes (mas erradas!) em Astronomia", Adriano Sampaio e Sousa e Paulo Simeão Carvalho.
- 16 de Março, "Das estrelas ao átomo", Domingos Barbosa.
- 13 de Abril, "Materiais *por medida*", João Pedro Araújo.
- 27 de Abril, "Forças de atrito: uma caixa de surpresas", Paulo Simeão Carvalho.
- 11 de Maio, "Do laser de rubi ao laser branco", Hélder Crespo.
- 25 de Maio, "Einstein e o *annus mirabilis*", filme seguido de debate, moderado por Pedro Pina Avelino.
- 8 de Junho, "A Unificação da Física", Carlos Herdeiro.

O ENSINO DA FÍSICA NAS ESCOLAS

A Sociedade Portuguesa de Física promoverá, a 21 de Janeiro de 2005, na Universidade do Minho e com o patrocínio do Ministério da Educação, o 1º Encontro de Professores de Física e Química, no âmbito das comemorações do Ano Internacional da Física. Este encontro versará o tema "O ensino da Física nas escolas – situação e perspectivas" e terá como grandes objectivos promover a reflexão sobre o ensino da Física nas escolas portuguesas, identificar os "agentes" que dificultam esse ensino, debater a inclusão ou exclusão de alguns tópicos nos currículos

e contribuir para a formação científica dos professores em temas dos actuais programas de Física dos ensinos básico e secundário.

Após a sessão de abertura, será dinamizada uma mesa redonda com o tema "O Ensino da Física nas Escolas", contando com a presença de Cacilda Moura, Domingos Araújo, João Lopes dos Santos, Lago Cruz e Laurinda Leite. Durante a tarde, os participantes poderão assistir às seguintes palestras, sobre assuntos directamente relacionados com os currículos do ensino básico secundário:

- "A física da atmosfera", Filipe Duarte Santos.
- "A electrónica no 3º Ciclo", Fátima Cerqueira e Luís Cunha.
- "A física nas telecomunicações", Joaquim Marques.
- "Da célula fotovoltaica à electricidade", Isabel Ferreira.

Neste encontro será, ainda, dinamizada por Constança Providência uma oficina pedagógica para professores do 1.º Ciclo do Ensino Básico, dedicada ao ensino experimental da Física a este nível.

O encontro decorrerá no Auditório A1 do Complexo Pedagógico da Universidade do Minho, com os apoios da Direcção Regional da Educação do Norte e do Departamento de Física da Universidade do Minho. As inscrições decorrerão até ao dia 12 de Janeiro. Para mais informações consultar <http://www.spf.pt> ou contactar Filomema Dara através do e-mail mfdara@fc.up.pt. No dia 25 de Fevereiro realizar-se-á, no Instituto Superior Técnico de Gestão de Leiria, um segundo encontro dedicado ao mesmo tema e com a mesma estrutura programática.

O Ensino da Física nas Escolas

Situação e Perspectivas

1.º Encontro / 2005

UNIVERSIDADE DO MINHO
Braga | 21 de Janeiro de 2005



CONTA, PESO E MEDIDA

A Biblioteca Nacional associou-se às comemorações do Ano Internacional da Física promovendo a exposição "Conta, Peso e Medida: a ordem matemática e a descrição física do mundo". Nesta exposição, a Biblioteca Nacional apresenta 140 livros científicos sobre temas de ciências físico-matemáticas e disciplinas afins, alguns dos quais são das mais importantes e famosas obras de ciência do século XV e XVI. Esta selecção de livros faz parte do catálogo "O Livro Científico dos séculos XV e XVI. Ciências Físico-Matemáticas na Biblioteca Nacional", constituído por cerca de mil obras, que representa o culminar de um trabalho de dois anos e meio de investigação dos fundos científicos desta instituição. O projecto comum, exposição e catálogo, foi coordenado por Henrique Leitão, do Centro de História das Ciências da Universidade de Lisboa e desenvolvido pela Divisão de Reservados da Biblioteca Nacional, chefiada por Lígia Azevedo Martins. A exposição estará patente ao público até 28 de Fevereiro.

Para mais informações ver:

<http://www.bn.pt/agenda/evento-licientifico.html>

CIÊNCIAS EM DIA 2005

A agenda "Ciências em Dia 2005" (Edição Sete Pés, Projectos Artístico-Culturais Lda.) procura trazer a ciência para a cultura diária dos cidadãos. É um objecto que acompanha o seu utilizador todos os dias ao longo do ano.

Não pretende ser um veículo privilegiado de conhecimentos de carácter científico, mas apenas fazer com que as estruturas da ciência não sejam vistas como algo distante do cidadão comum. A agenda "Ciências em Dia 2005" compreende um directório de ciência com informações nacionais e internacionais, uma evocação dos cem anos do *annus mirabilis* – 2005 Ano Internacional da Física – e livros recomendados por cientistas. E porque todos os dias são bons para encontrar a ciência, o passar das páginas da agenda decorre ao ritmo do "tempo" (temática central da agenda). São apresentados pequenos textos sobre o tempo, das primeiras medições até à relatividade e às viagens no tempo, salpicados por estrofes d' "Os Lusíadas", de Luís de Camões.

EMISSÃO DE SELO

No início de 2005 será emitido pelos Correios portugueses (CTT) um selo alusivo às comemorações do *annus mirabilis* da produção científica de Einstein. Este selo tem por base uma imagem de Einstein a andar de bicicleta. No canto superior esquerdo surge o logotipo do Ano Internacional da Física.

EINSTEIN, CONSTRUTOR DE UNIVERSOS



Integrado nas comemorações do Ano Internacional da Física, o Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL) oferece o curso "História das Ciências - Einstein, construtor de universos" a alunos das licenciaturas da FCUL, no âmbito das disciplinas de formação cultural, social e ética, e ao público em geral. Este curso, que funcionará no segundo semestre de 2004/2005 e no primeiro semestre de 2005/2006, será dedicado à vida e obra de Einstein no contexto da ciência e da sociedade da sua época. Estará a cargo dos Professores Ana Simões e Paulo Crawford.

Para mais informações ver: <http://fisica.fc.ul.pt/index.php>

COLÓQUIOS DE FÍSICA

O Departamento e o Centro de Física da Universidade do Minho tem vindo a dinamizar, desde o dia 29 de Setembro, e no âmbito das comemorações do ano milagroso da produção científica de Einstein, os "Colóquios de Física". Os temas das palestras que serão apresentadas a partir de Janeiro são:

- 12 de Janeiro, "Neurobiologia do sistema visual", Miguel Castelo-Branco (Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra).
- 9 de Março, "Pentaquark: a excitação volta à física dos quarks", Pedro Bicudo (Instituto Superior Técnico).
- 13 de Abril, "Transição líquido-gás em matéria nuclear", Constança Providência (Departamento de Física da Universidade de Coimbra)
- 18 de Maio, "História e epistemologia da ciência: vantagens da sua implementação curricular", José Ferreira da Silva (Faculdade de Ciências da Universidade do Porto).
- 15 de Junho, "A Física e os limites da visão humana", Sérgio Nascimento (Escola de Ciências da Universidade do Minho).

Todas estas palestras decorrerão no Auditório da Escola de Ciências da Universidade do Minho pelas 16 horas.

CENTRO CIÊNCIA VIVA DE VILA DO CONDE

O Centro Ciência Viva de Vila do Conde associa-se às comemorações do Ano Internacional da Física, promovendo várias actividades, das quais se destacam:

O concurso "A Física: da teoria à prática": Dirigido a alunos do 3.º ciclo do ensino básico, este concurso pretende sensibilizar a comunidade escolar para o aumento da componente experimental do ensino da Física e das ciências de um modo geral, contribuir para melhorar e/ou aumentar o conhecimento da física como ciência propulsora do desenvolvimento científico e tecnológico, reforçar o papel da física e das ciências físicas na constituição de grupos multidisciplinares de investigação, promover novas expectativas nos jovens face à escola e ao mundo, reforçando e fomentando a comunicação científica, mostrar as potencialidades das artes plásticas na representação do mundo, desenvolver a curiosidade, a expressão, a criatividade e o espírito crítico, e estimular o gosto pelo trabalho em grupo.

Os trabalhos a apresentar pelas equipas deverão ser artefactos, como por exemplo, um brinquedo, uma máquina ou um instrumento musical, em que se apliquem conceitos físicos. Os trabalhos a concurso integrarão uma exposição temporária que decorrerá no Centro Ciência Viva de Vila do Conde, durante a Semana da Ciência e Tecnologia de 2005. A entrega dos prémios deverá decorrer durante o mês de Maio.

Visitas de Estudo: O Centro Ciência Viva de Vila do Conde vai, também, organizar visitas gratuitas à Sala Eureka do Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Estas visitas destinam-se a alunos do 10.º ano de escolaridade do concelho de Vila do Conde. Será proposta aos visitantes a realização de um trabalho escrito ("Explica a um amigo") onde deverão explicar, numa linguagem simples mas rigorosa, o funcionamento de um dos módulos visitados, recorrendo a fotografias, esquemas ou analogias adequadas.

Para mais informações ver: <http://viladoconde.cienciaviva.pt>

DIA ABERTO NO DEPARTAMENTO DE FÍSICA DE COIMBRA

No dia 28 de Fevereiro realizar-se-á o Dia Aberto do Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, especialmente destinado aos alunos do 11.º ano que frequentem a disciplina de Ciências Físico-Químicas, mas igualmente aberto a alunos do 12.º ano. O tema geral será "Física e Medicina", estando previstas as seguintes actividades:

- Demonstrações experimentais.
- Visitas aos laboratórios didácticos.
- Visitas aos centros de investigação e seus laboratórios.

- Visita ao Museu de Física.
- Palestras de divulgação científica.
- Apresentação das Licenciaturas em Física, Engenharia Física e Engenharia Biomédica.

Com esta iniciativa pretende-se contribuir para divulgar a Física, estimulando os jovens a dedicarem-se ao estudo das ciências da natureza e das engenharias.

Para mais informações contactar pelo telefone 239 410610, fax 239 829158, ou *e-mail* scosta@teor.fis.uc.pt ou anabelaof@teor.fis.uc.pt.

GRADIVA ASSOCIA-SE AO ANO INTERNACIONAL DA FÍSICA

A editora Gradiva prepara para 2005 uma série de edições comemorando o Ano Internacional da Física.

Entre os títulos a publicar, destacam-se "Einstein's Clocks, Poincaré's Maps", de Peter Galison, "Einstein's Cosmos", de Michio Kaku, e "Einstein's Miraculous Year", de John Stachel.

ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDANTES DE FÍSICA



O Encontro Nacional de Estudantes de Física realiza-se na cidade de Coimbra de 18 a 21 de Março. A organização está a cargo do núcleo de estudantes do Departamento de Física/Associação Académica da Universidade de Coimbra. O programa é constituído por palestras, apresentação de projectos realizados nas diferentes áreas da Física quer por estudantes quer por personalidades convidadas e visitas a museus e centros de investigação. No encontro serão ainda seleccionados os dois estudantes com os melhores trabalhos para representar Portugal na Internacional Conference for Physics Students (ICPS). Para mais informações ver: <http://octopus.fis.uc.pt/~enef2005>.

PARTICIPA NAS OLIMPIÁDAS DE FÍSICA 2005



Escalão A: alunos do 9º ano
Escalão B: alunos do 11º ano

PROVAS

Regionais: 14/5/2005

Nacionais: 24-25/6/2005, Lisboa

Internacionais: 7/2006, Singapura

Iberoamericanas: 9/2006, Portugal

SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

Apoios: Ministério da Educação

Ministério da Ciência, Inovação e Ensino Superior

POCTI

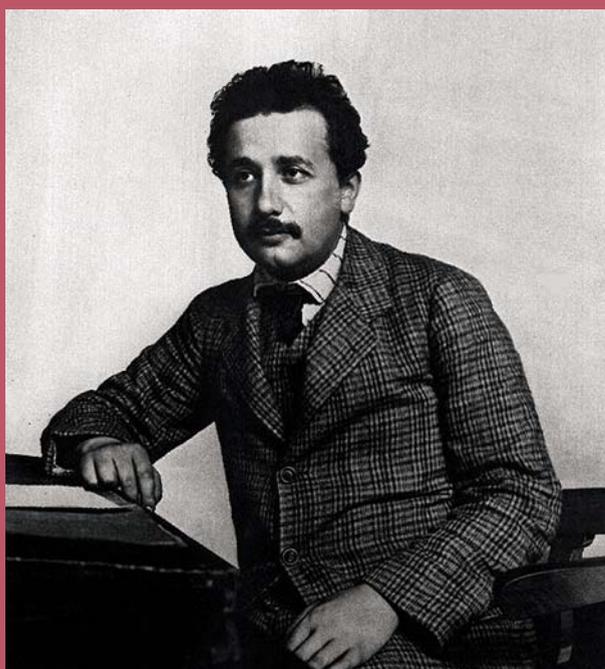
Programa Operacional
Ciência Tecnologia Inovação
INICIATIVA DE COMUNITARIEDADE



AGÊNCIA NACIONAL
PARA A CULTURA
CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA



NOS PRÓXIMOS NÚMEROS



O CENTENÁRIO DO QUANTUM DE LUZ

Eduardo Lage

ANOMALIAS DA ÁGUA A BAIXA TEMPERATURA

José Teixeira

MECÂNICA QUÂNTICA NO SECUNDÁRIO

Teresa Lobato, Helena Caldeira e Ileana Maria Greca