

"Potências de Dez – O mundo às várias escalas", Philip Morrison & Phylis Morrison e The Office of Charles and Ray Eames, Porto Editora, 2001.

"Le Relief de l'Invisible", Série realizada por Gabriel Turkieh, Pierre-Oscar Levy e Jean- Michel Sanchez, co-produção Altomedia, cité des Sciences et de l'Industrie, Ex Nihilo, Aune productions, 1998 (vídeo 1) e 2000 (vídeo 2).

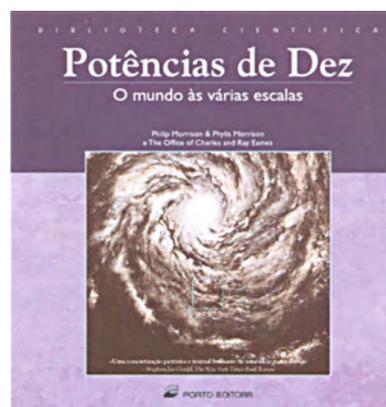
CD-ROM "Powers of Ten Interactive" produzido pelo Eames Office.

<http://www.powersof10.com>.

Agenda dos Correios 2002, Correios de Portugal, 2001.

"Fernando Lanhas", Lugar do Desenho e Museu de Serralves, Edições Asa, 2002.

O LIVRO DAS "POTÊNCIAS DE DEZ"



"Potências de Dez – O mundo às várias escalas", Philip Morrison, Phylis Morrison e The Office of Charles and Ray Eames, Porto Editora, 2002.

Este livro é um clássico da literatura de divulgação científica. A ideia do filme do Eames Office é enriquecida com o texto dos físicos de Harvard Philip Morrison e Phylis Morrison. Como escreveu o biólogo Stephen Jay Gould, na "The New York Times Book Review", trata-se de uma *brilhante incorporação pictórica e textual de uma ideia maravilhosa*. E continua ele: *O efeito é impressionante e ensina-nos mais sobre o tamanho das coisas do que um tratado maçudo conseguiria fazer*. Não vale a pena acrescentar mais nada sobre o conteúdo do livro...

Mas há que louvar a edição portuguesa da Porto Editora. O original estava integrado na prestigiada colecção "Scientific American Library" da editora norte-americana Freeman. A Porto Editora forneceu-nos uma tradução em português, cuja qualidade está assegurada pela revisão científica efectuada por Ana Maria Eiró e Carlos Matos Ferreira, precisamente os comissários da exposição "Potências de Dez – O mundo às várias escalas" na Fundação Calouste Gulbenkian. A Porto Editora está de parabéns pela edição e por ter conseguido fazê-la coincidir com a exposição. Aliás, a "Gazeta de Física" quer agradecer aquela edi-

tora a amável cedência das imagens que acompanham as entradas dos artigos principais deste número especial da Gazeta (vários quadros do mundo a várias escalas). Agradece também a autorização para reproduzir o excerto do livro que é publicado a seguir.

CARLOS FIOLHAIS
tcarlos@teor.fis.uc.pt

POTÊNCIAS DE DEZ

O mundo às várias escalas

A DIVERSIDADE DAS CIÊNCIAS

O mundo à distância de um braço – correspondendo a mais ou menos um metro na escala – é o mundo da maior parte dos artefactos e das formas vivas mais familiares. Não há nenhum edifício que ultrapasse a escala do quilómetro; nenhuma arquitectura maciça, desde a pirâmide ao Pentágono, é tão grande. Um limite semelhante é aplicado às formas vivas. As árvores gigantes raramente atingem uma centena de metros de altura e não existem nem nunca existiram animais tão grandes. Os artefactos individuais mais pequenos que podemos utilizar e apreciar directamente – as letras primorosas de alguns manuscritos admiráveis, ou o fundo polido de uma agulha fina – podem ter talvez alguns décimos de milímetro. São seis as ordens de grandeza que abrangem o domínio da familiaridade. A ciência que se faz a estas escalas é bastante implícita: as disciplinas mais importantes são as que se dedicam às raízes do comportamento humano.

Comecemos por ordenar o conteúdo do nosso mundo de acordo com a sua dimensão física. Nas escalas maiores, só ocasionalmente é visível o trabalho da nossa activa espécie: uma ponte, um muro, uma barragem ou uma estrada. Normalmente, estes não são completamente tridimensionais. Quando captados por vista aérea, fazem lembrar fitas compridas. Só quando considerados no seu con-

junto conseguimos ver artefactos humanos que ocupam grandes áreas (embora não tridimensionais) oscilando entre os dez e os cem quilómetros, por vezes até mais. Trata-se das planícies e socacos cultivados, dos terrenos irrigados, das clareiras da antiga floresta, das grandes cidades e seus arredores. A sua história tem mais a ver com crescimento do que com planeamento. Também em relação aos restantes elementos da vida, encontramos uma disposição semelhante. As folhas de erva são pequenas mas as terras de pasto e as áreas de savana, tal como as florestas densas a norte e a sul, estendem-se ao longo de regiões inteiras, chegando a cobrir mil quilómetros. São estas regiões que constituem a paisagem visível em grande escala. Neste caso, as ciências cognitivas são as que têm como objectivo a natureza e a utilização das terras. Talvez ainda mais pertinentes sejam as descrições feitas pelos antigos historiadores e geógrafos e as apresentadas por defensores de elaboradas tecnologias aplicadas, desde a agricultura à florestação e engenharia, tanto antigas como modernas.

Uma vez ultrapassada a escala dos mil quilómetros, perdemos de vista a nossa espécie. À escala global e regional, até dez mil quilómetros, as ciências mais "frias" entram em força. As rápidas deslocções de ar, as suas nuvens e ventos incessantes, o curso mais lento dos rios, as correntes oceânicas, os gelos glaciares e a deslocação majestosamente lenta dos próprios continentes sólidos estão para além da simples observação. Estas fazem parte das ciências dinâmicas como a meteorologia, a oceanografia, a hidrologia e a geologia. Na actual geração, a geologia alargou muito o seu alcance; até há bem pouco tempo, o globo, considerado no seu conjunto, dificilmente era matéria da geologia. As regiões eram bem conhecidas, mas não havia nenhum processo conhecido que ligasse as margens distantes dos vastos oceanos ou o globo terrestre como um todo. Tudo isso mudou: hoje em dia, um geólogo pode considerar a Terra como sua província.

Para além do limite dos dez mil quilómetros podemos deixar a Terra, sem

que isso signifique abandonar ainda o domínio da humanidade. Enviámos à Lua corajosos exploradores, enquanto que a órbita geossíncrona da Terra, um anel que se estende no espaço com cinco vezes o raio da Terra, constitui actualmente um recurso natural bem explorado. Os satélites que percorrem a sua órbita dentro daquela faixa gravitacional não nascem nem se põem, quando observados da Terra em rotação, mas permanecem sempre no campo de alcance das parabólicas fixas cuidadosamente direccionadas; eles retransmitem palavras e imagens através de ligações de rádio para e de quase todos os países.

É necessária uma escala de mais seis potências de dez para alcançar os limites do nosso sistema solar, lá longe entre os cometas ocultos. As ciências do sistema solar – os estudos das superfícies e do interior dos planetas, grandes e pequenos, dos respectivos satélites, dos meteoritos, dos cometas, das poeiras dispersas – representam actualmente mais do que simples astronomia. Deixámos de observar apenas de longe; agora, com as nossas sondas automáticas tocamos e testamos, ainda que indirectamente. Hoje em dia a astronomia propriamente dita começa com as estrelas; uma delas, o Sol, é a nossa vivificante fonte de calor, a única estrela suficientemente próxima para permitir o seu estudo em pormenor. Entre a região que habitamos perto do Sol e a segunda estrela mais próxima encontra-se um grande abismo; têm que se atravessar quatro ou cinco potências de dez até entrarmos no reino das estrelas. É uma história notável contada pela primeira vez no nosso século: o nascimento, o desenvolvimento e a história da vida das estrelas, diferentes esferas de gás a que a maior parte da massa visível de todo o universo se encontra ligada. Este é o tipo de astronomia que se baseia nas raízes da própria palavra: o estudo das estrelas. É um tema hoje amadurecido, embora certamente inacabado.

Olhemos agora no sentido inverso, para dentro, partindo do mundo submilimétrico do olhar atento mas não auxiliado até ao microcosmo. Por ordem de in-

teresse, temos em primeiro lugar a maquinaria intrincada dos nossos próprios corpos e dos seus equivalentes em todas as maiores formas de vida. Nesta área entram a anatomia, a fisiologia, a histologia, a citologia – um conjunto de especialidades que acaba no estudo da própria célula, a unidade ubíqua das formas vivas. Mais três ou quatro potências de dez atravessam todo aquele mundo de vida microscópica – a microbiologia – até às células mais pequenas das mais antigas formas de vida, até que se revelam esses parasitas não inteiramente vivos, os vírus. Mas a esse nível, à escala de mais ou menos mil angstroms, encontramos os mecanismos da biologia molecular (e da sua mais recente emulação nos artefactos texturados da microelectrónica). Estes cenários relacionam a forma com a função: a forma é molecular; as funções fazem parte das propriedades mais profundas de vida, partilhadas por toda a teia de vida durante todo o período da evolução da Terra que hoje conhecemos. Estamos aqui a falar de genética e da bioquímica de grandes moléculas e dos seus ciclos de interacção. Logo em seguida atravessamos a ténue fronteira que separa a própria vida (o processo químico mais subtil) do mundo dos químicos dos movimentos aleatórios e das ligações atómicas.

Observemos de novo a escala celeste. Também aí atravessamos uma fronteira real da natureza logo que deixamos o espaço próximo da Via Láctea para vermos galáxias, grupos de estrelas que rodam em conjunto, ligadas entre si, ao longo do tempo. A astronomia das estrelas estendeu-se inicialmente ao diluído meio interestelar, a matéria de que nascem as novas estrelas, prosseguindo depois até à astronomia galáctica e extragaláctica. Fascinantes formas e variedades de grupos de estrelas juncam todo o espaço que a vista pode alcançar nesse mundo distante.

Viajando de novo pelo mundo interior das grandes moléculas, alcançamos finalmente o átomo individual, a uma escala de cerca de um angstrom. Abaixo dessa escala, toda a ciência é física e química; a

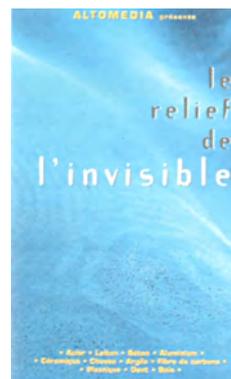
partir do momento que damos início à exploração dos espaços mais recônditos do átomo, entramos num domínio estranho que fica para além de quaisquer imagens directas. Podemos apenas representá-lo da forma como tem sido apreendido com a ajuda das ferramentas e conceitos poderosos da física moderna. O nosso estudo chegou muito longe, a novas leis fundamentais, a princípio paradoxais mas, neste momento, pródigas na exploração do mundo padronizado e estável que conhecemos no interior da matéria. O mundo modular da centena de elementos químicos e da sua cada vez maior, mas ainda limitada, variedade de espécies nucleares é um mundo regido por uma interligação subtil entre ordem e acaso.

Os dois extremos da nossa sequência de imagens, as escalas terminais de grande e de pequena dimensão, marcam apenas os limites do conhecimento contemporâneo. Num dos extremos, lá longe onde as galáxias surgem como uma espuma brilhante na escuridão, todas as nossas ciências se tornam numa única: a cosmologia. Não sabemos se há algo de novo no espaço para além dos mil milhões de anos-luz. Todas as estruturas distintas que conhecemos são seguramente mais pequenas que isso. Existem de facto novidades maravilhosas, que não se exprimem no espaço mas sim no tempo. O Universo encheu-se de todo um conjunto de galáxias formadas a partir do que, outrora, foi uma massa suave e uniforme. No outro extremo, para as dimensões muito pequenas, voltamos a ter uma única ciência: a física das partículas elementares. Há mesmo indicações de que os dois extremos se informam um ao outro: o Universo extremamente quente pode ter tido, antigamente, apenas o tipo de matéria que hoje vemos transitoriamente nos laboratórios de partículas. O nosso mundo é um mundo modular, construído a partir de uma miríade de réplicas das estruturas mais simples, estruturas que só agora começamos a compreender. Dentro do núcleo encontra-se o protão; dentro do protão os quarks em interacção. E dentro dos quarks? Os anéis e tubos magnetizados que constituem os nossos grandes aceleradores, as

sondas ultramicroscópicas do nosso tempo, não deram a resposta final.

Quarenta e duas potências de dez abarcam o nosso firme conhecimento; para além disto, apenas há lugar a impressões e conjecturas ousadas. Ainda não sabemos, embora possamos discutir sobre isso, se o infinito existe no mundo real da mesma forma que existe no alcance da mente. Até onde podemos prosseguir a digressão em ambos os sentidos, para o exterior até ao macrocosmos, ou para o interior até ao microcosmos? Esperamos sabê-lo um dia.

VER O INVISÍVEL



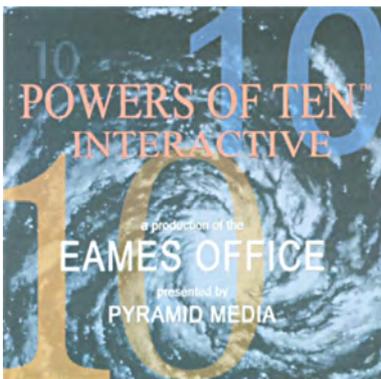
"Le Relief de l'Invisible",
Série realizada por Gabriel Turkieh,
Pierre-Oscar Levy e Jean-Michel Sanchez,
co-produção ALTOMEDIA, cité des Sciences
et de l'Industrie, Ex Nihilo,
Aune productions, 1998 (vídeo 1)
e 2000 (vídeo 2).

Esta série de 22 pequenos filmes científicos, reunidos em dois vídeos, leva-nos

num mergulho vertiginoso ao coração da matéria, até aos segredos microscópicos do mundo vivo, animal, vegetal ou humano, e dos materiais que nos são familiares. Num movimento contínuo, este périplo científico do mundo interior mais secreto faz-nos sobrevoar espaços maravilhosos que nos transportam até à estrutura atómica da matéria. Entre compreensão e fascínio, descobrimos um mundo tão próximo e ao mesmo tempo tão distante da nossa experiência. São imagens com um imenso poder hipnótico.

Alguns destes filmes são exibidos na exposição "Potências de Dez – O mundo às várias escalas".

CD-ROM DAS POTÊNCIAS DE DEZ



O CD-ROM "Powers of Ten Interactive" produzido pelo Eames Office (<http://www.eamesoffice.com>) permite uma verdadeira viagem, ao "gosto do fre-guês", pelas potências de dez. Trata-se de uma expansão dos filmes clássicos de Charles e Ray Eames, sobre viagens ao longo das escalas do espaço e viagens ao longo das escalas do tempo, que permite ao utente "apar-se em qualquer estação" e conhecer mais sobre ela e as suas vizinhanças (os dois filmes estão, de resto, contidos, no CD-ROM). O Eames Office tem à venda, além do CD-ROM, outros materiais sobre as "Potências de Dez": desde logo o vídeo, que é um recurso pedagógico de primeiro plano para usar nas aulas de Física, mas também um "flip-book", que permite quase ver o filme esfolheando rapidamente o livrinho.

O CD-ROM, em língua inglesa, possui seis zonas principais: Espaço, Tempo, Ferramentas, Pessoas, os Eames e Padrões. Havendo 44 potências, fica um total de 264 possibilidades para serem exploradas. A extraordinária riqueza do ponto de vista tanto de texto como de imagens (em especial, estas últimas) transforma este disco numa verdadeira enciclopédia sobre o nosso universo. Mas é também um documento sobre a aventura humana para conhecer melhor o mundo e a maneira como a visão do mundo penetra na cultura humana, ou melhor, nas várias culturas humanas.

Muito interessante!

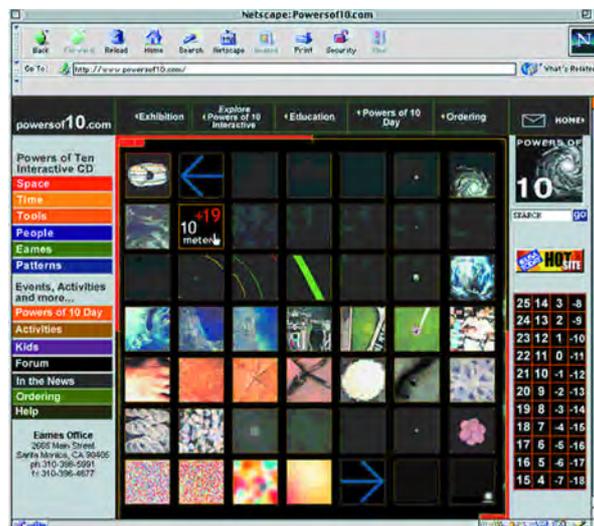
C.F.

O "SITE" DAS POTÊNCIAS DE DEZ

<http://www.powersof10.com>

Este "site" oficial das "Potências de Dez" fornece uma versão "em escala reduzida" do CD-ROM anterior. A interactividade está bem conseguida embora não haja a mesma riqueza de imagens. Em relação ao CD-ROM tem a grande vantagem de estar permanentemente disponível a título gratuito na Internet.

O leitor faça o favor de clicar...



HISTÓRIA DO SISTEMA MÉTRICO EM PORTUGAL



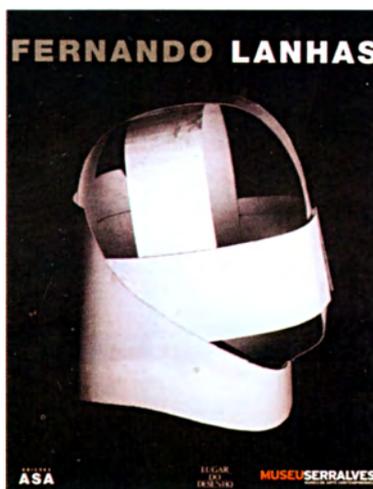
Agenda dos Correios 2002, Correios de Portugal, 2001.

O Comandante Estácio dos Reis, um dos nossos mais notáveis historiadores de ciência, propôs aos Correios de Portugal um livro que comemorasse os 150 anos da introdução em Portugal do sistema métrico decimal, o sistema que nos permite falar de potências de dez para o espaço. A ideia era excelente, pois a data merecia ser assinalada e os Correios têm publicado alguns excelentes livros ligados à história da ciência e da técnica (um deles do próprio Estácio dos Reis: "Medir as Estrelas").

No entanto, o plano das edições dos Correios já estava preenchido para 2002 (não sabemos se Pedro Nunes e Garcia da Orta, que comemoram em 2002 os 500 anos do nascimento, terão sido lembrados). Assim, só restou a possibilidade de fazer uma agenda, que contém tanto um texto sobre a história do sistema métrico em Portugal como um rico conjunto de ilustrações de antigas medidas portuguesas. O resultado é magnífico do ponto de vista gráfico. Uma agenda é um volume pessoal e efêmero, mas tenho a certeza que esta agenda vai ser preciosamente guardada por todos aqueles que a possuírem...

C. F.

LANHAS, UM ARTISTA FASCINADO PELA CIÊNCIA



"Fernando Lanhas",
Lugar do Desenho e Museu de Serralves,
Edições Asa, 2001

Fernando Lanhas é decerto um dos artistas portugueses mais originais do século XX. Foi ele talvez quem introduziu a arte

abstracta em Portugal. Foi ele talvez quem mais suportes artísticos usou, desde a arquitectura de uma casa aos seixos de uma praia. E foi ele decerto quem conseguiu, em muitas peças, sínteses excepcionais entre arte e ciência.

A exposição retrospectiva que teve lugar de Abril a Junho de 2001 no Museu de Serralves, no Porto, permitiu divulgar melhor a obra do artista (a obra em epígrafe é o catálogo dessa exposição). Um dos objectivos centrais dessa exposição foi precisamente o "Quadro das grandezas físicas" (realizado de 1971 a 1986) que se baseia na ideia das potências de dez. Não é por isso de admirar que a exposição "Potências de Dez" na Gulbenkian tenha procurado incluir esse "Quadro", o que foi possível com a amável colaboração do artista e do Museu de Serralves.

Que essa peça sirva para que os visitantes se interessem pela obra singular de Fernando Lanhas, em particular pela união fecunda que tem procurado entre ciência e arte.

C.F.

Prefixos SI

Os nomes e os símbolos dos múltiplos e submúltiplos decimais das unidades SI obtêm-se por meio dos prefixos seguintes:

MÚLTIPLOS		
nome do prefixo	símbolo do prefixo	factor multiplicador
yotta	Y	$10^{24} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
zetta	Z	$10^{21} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
exa	E	$10^{18} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
peta	P	$10^{15} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000$
tera	T	$10^{12} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000$
giga	G	$10^9 = 1\ 000\ 000\ 000$
mega	M	$10^6 = 1\ 000\ 000$
quilo	k	$10^3 = 1000$
hecto	h	$10^2 = 100$
deca	da	$10^1 = 10$

SUBMÚLTIPLOS		
nome do prefixo	símbolo do prefixo	factor multiplicador
deci	d	$10^{-1} = 0,1$
centi	c	$10^{-2} = 0,01$
mili	m	$10^{-3} = 0,001$
micro	μ	$10^{-6} = 0,000\ 0001$
nano	n	$10^{-9} = 0,000\ 000\ 001$
pico	p	$10^{-12} = 0,000\ 000\ 000\ 001$
fento	f	$10^{-15} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 001$
ato	a	$10^{-18} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$
zepto	z	$10^{-21} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$
yocto	y	$10^{-24} = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001$

"Sistema internacional de unidades (SI)", Guilherme de Almeida, 2ª edição, Plátano, 1997