

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 FIOLEAIS
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.

Começamos 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 oceánicas, 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

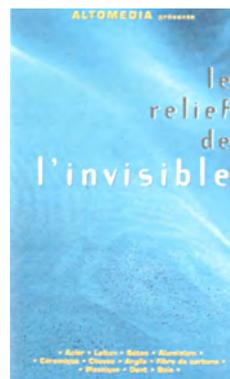
partir do momento que damos início à exploração dos espaços mais recônditos do átomo, entramos num domínio estranho que fica para além de quaisquer imagens directas. Podemos apenas representá-lo da forma como tem sido apreendido com a ajuda das ferramentas e conceitos poderosos da física moderna. O nosso estudo chegou muito longe, a novas leis fundamentais, a princípios 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



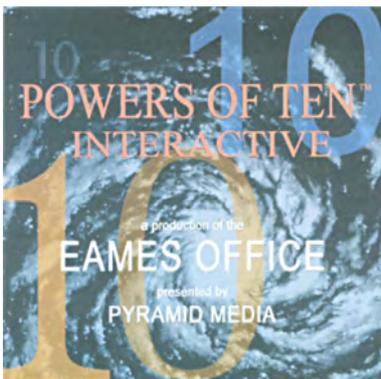
“Le Relief de l'Invisible”,
Série realizada por Gabriel Turkieh,
Pierre-Oscar Levy e Jean- Michel Sanchez,
co-produção ALTOMEDIA, cité des Sciences
et de l'Industrie, Ex Nihilo,
Aune productions, 1998 (vídeo 1)
e 2000 (vídeo 2).

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 "apear-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").