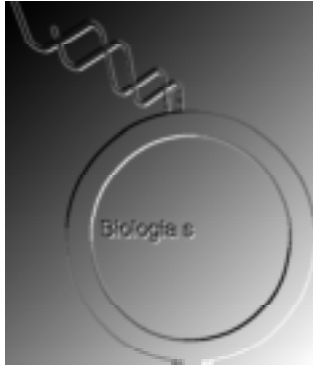


Ciência e Tecnologia I¹:

inter-relações e relações com a sociedade



H. Gil Ferreira

Departamento de Química da
Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade Nova de Lisboa

”Quando uso uma palavra”, disse Humpty Dumpty de maneira desdenhosa, “ela tem o significado que eu lhe atribuo - nem mais nem menos.”

“A questão está em saber”, disse Alice, “se podes fazer com que as palavras tenham tantos significados diferentes.”

“A questão está em saber”, respondeu Humpty Dumpty, “quem manda - nem mais nem menos”

“*Through the Looking Glass*”, Lewis Carrol

“Technology is the activity of *manipulating* nature, science is the activity of *learning* about nature ... Each employs the same method ... but each is different in purpose”.

“*The economic laws of scientific research*”, T. Kealey

Ciência, Panaceia Universal

A ideia mais generalizada de ciência, nem sempre explícita e frequentemente partilhada pelos próprios cientistas, contem elementos das correntes filosóficas francesas do Século das Luzes, conhecido entre nós por *Iluminismo*². O iluminismo foi um movimento intelectual (e um estado de espírito) que surgiu na segunda metade do século XVII e continuava vivo no fim do século XVIII. Teve versões um pouco diferentes em França, onde foi mais fortemente racionalista, e nos países anglo-

¹ Conferência proferida na Universidade Aberta em 6 de Maio de 1997

² Quando traduzida literalmente para inglês (*illuminism* em vez de *enlightment*) ou para francês a palavra iluminismo tem um significado muito diferente do que tem em português. Pode referir-se ao lirismo cromático da pintura de Beccafumi (1486 - 1551) ou ao movimento dos illuminati dos séculos XVI e XVII, (ou dos allumbrados espanhóis) que se consideravam capazes de entrar em comunicação directa com o Espírito Santo.

saxónicos (em particular em Inglaterra), onde o componente pragmático foi mais vincado. Ambas as correntes tinham em comum um grande optimismo relativamente à capacidade de se compreender o universo e de se melhorar a condição humana através da razão, com base no encadeamento lógico de proposições (componente racional) e na observação do mundo exterior (componente pragmático). O desenvolvimento da matemática e em especial a sua aplicação à física (mecânica Newtoniana) eram a prova inquestionável das potencialidades e da validade desta filosofia. No século XIX, os sucessos (pelo menos aparentes) da aplicação do método científico a áreas como a biologia, a medicina, a psicologia e a sociologia, entre outras, reforçaram a convicção de que se tratava de um estratégia intelectual de aplicabilidade geral (que incluía a própria filosofia) e resultados garantidos. Esta convicção foi formalmente incorporada na corrente filosófica originada nos trabalhos do filósofo francês Augusto Comte (1798 - 1857) cujas afirmações fundamentais eram, precisamente, que o conhecimento se baseava nos dados da experiência e na sua análise por via da lógica e da matemática. A ideia de que a ciência era a solução para todos os problemas, independentemente da sua natureza, transvazou para a própria arte dando origem a correntes artísticas vigorosas e inovadoras (o Impressionismo na pintura e o naturalismo ou realismo na literatura, são exemplos) nos fim do século passado. A mais explícita nas suas origens foi o naturalismo literário de Zola (1840 -1902) que construía os seus romances com base em dados sociológicos colhidos *ad hoc* e nas teorias dos textos científicos da época. Em 1880, dez anos depois da derrota da França frente aos alemães, afirmava (Brown, 1996): “O domínio mundial será exercido pela nação com maiores poderes de observação e análise. ... Atenção juventude francesa, o patriotismo reside no prestígio conferido pela ciência. A ciência é a arma com a qual uma próxima geração recapturará a Alsácia e a Lorena” (perdidas para os alemães na guerra de 70).

Será que podemos pensar da mesma maneira um século mais tarde? Os dias de hoje parecem confirmar as previsões de Zola. Os EUA, cuja supremacia na ciência é incontestável, é também a maior potência mundial política e militar. Uma análise mais cuidadosa das relações entre capacidade científica e capacidade económica (deixemos de lado a capacidade militar) produz um quadro menos claro. Os países industriais da orla do pacífico (Japão, Taiwan, Coreia) são potencias industriais de primeira grandeza e potencias científicas modestas. O Japão cuja produção científica tem vindo a aumentar a taxa cada vez maior, fez o seu investimento em ciência *depois* de se desenvolver económica e industrialmente.

O valor (a Importância) da Ciência

A análise do valor da ciência é multifacetada.

Muitos não-cientistas, em particular aqueles que se dedicam à filosofia da ciência, interessam-se sobretudo pela “validade” das proposições científicas, matéria que só é acessível a um minúsculo número de pessoas. É plausível até que não seja acessível a quem não tenha um passado que inclua contribuições relevantes para a ciência. Mas isso não chega. Não me lembro de ter conhecido qualquer cientista capaz de perceber o “Tractatus” do Wittgenstein ou os livros de Russell sobre a natureza do conhecimento. Como profissional da ciência subscrevo a afirmação de Weinberg, segundo qual a filosofia da ciência é tão útil para os cientistas como a ornitologia para os pássaros. Daí o pouco interesse que a maioria esmagadora dos cientistas tem pelo assunto.

Outro aspecto é a contribuição da ciência para a solução dos problemas da humanidade. Não me parece contestável que a ciência *possa* contribuir directamente para o progresso da humanidade, porque permite que se tomem decisões informadas. Na prática isso nem sempre acontece. É evidente que o conhecimento - equacionemos de momento conhecimento com ciência³ - pode ajudar quem toma decisões. A história da humanidade, desde a segunda guerra mundial, veio demonstrar que a posse de uma solução científica (tecnológica) não é garantia da sua aplicabilidade para bem da humanidade. Nós conhecemos hoje as mecanismos e as consequências, a médio e a longo prazo, da poluição e na maioria dos casos sabemos como evitá-la e no entanto continuamos a poluir as águas e a atmosfera. A indústria atrasa frequentemente o lançamento no mercado de avanços tecnológicos que permitem poupar energia ou outros recursos naturais ou diminuir a poluição, para rentabilizar o investimento em técnicas obsoletas já comercializadas. É possível enumerar muitos exemplos de tecnologias que, por razões políticas, foram aplicadas em prejuízo da humanidade: caso das armas nucleares, químicas ou bacteriológicas e dos explosivos⁴. Na prática, a aplicação do conhecimento em benefício da humanidade não é uma questão que tenha a ver com a ciência mas com a política.

³ O Dicionário americano Merriam-Webster define ciência simplesmente como “o estado do conhecimento”.

⁴ Alfred Nobel, engenheiro químico, inventor do dinamite, pacifista, enriqueceu fabricando explosivos e deixou a sua fortuna para financiar prémios que na área das ciências são atribuídos “àqueles que, no ano anterior conferiram maiores benefícios à humanidade”...

Fica-nos uma terceira questão, filosoficamente menos importante: a do valor prático (potencial) da ciência. E aqui há duas grandes áreas: a das previsões e a do desenvolvimento de processos ou utensílios de valor económico.

O que são PREVISÕES ?

A notoriedade pública que a ciência adquiriu a partir do século XVII deve-se em grande parte à sua capacidade de *prever* e não à sua capacidade de *explicar*. Sempre houve explicações (obviamente não científicas) para os processos do universo que nos rodeia⁵. A novidade que o processo científico introduziu foi estabelecer gradualmente métodos de validação (ou de falsificação, para Popper, (1988)) dessas explicações que são exteriores aos encadeamentos lógicos que lhes servem de base. O tipo de verificação mais frequente (mas não único) é a observação independente, ou seja, em condições que podem ser repetidas por qualquer pessoa e não apenas pelo autor da explicação.

Para o público em geral as previsões que interessam são de carácter prático. Será que vai chover amanhã? Esta água é potável ?Tenho cancro? Que tinta devo aplicar na pintura da minha casa?

Para nenhuma destas perguntas há respostas calculáveis a partir de fórmulas, por uma via semelhante à que permitiu a Newton calcular a órbita da lua. Vejamos o que dizem a este respeito dois cientistas de credenciais inquestionáveis. Na sua exposição ao Congresso Americano, a propósito do super - acelerador de partículas que iria custar 1000 milhões de contos, Weinberg (1987) que estava preocupado com as expectativas que pudessem criar-se como consequência dos progressos científicos esperados da sua construção, afirmou: “Resolvendo a equação de Schrödinger, nós podemos explicar a maneira como dois átomos de hidrogénio interagem para formarem uma molécula de hidrogénio, e estes métodos podem aplicar-se a moléculas relativamente grandes, mas não podemos deduzir rigorosamente (*work out*) o comportamento químico do ADN resolvendo a equação de Schrödinger ... Ninguém sabe como calcular o espectro do núcleo do ferro. ... Não dispomos sequer de um algoritmo. Dizemos que a cromodinâmica quântica explica ‘em princípio’ o comportamento dos núcleos.” Por outras palavras, as explicações, mesmo na área mais avançada da ciência, a física, apenas são explicações genéricas que podem não ter grande valor prático. Se para fins práticos quisermos conhecer

⁵ Na época de Newton explicavam-se as reacções exotérmicas como resultando de violentas antipatias entre os reagentes (Westfall, 1993).

as propriedades químicas de uma molécula complicada ou vamos às tabelas ou estudamo-la especificamente.

A situação na biologia, e conseqüentemente na medicina, não é muito diferente. Diz Richard Lewontin da Universidade de Harvard (New York Review of Books, 9/1/97) a propósito do cancro: “É quase certo que os cancros aparecem porque os genes responsáveis pela regulação da divisão celular estão alterados, em parte como consequência de agressões ambientais, em parte como consequência da inevitável instabilidade molecular e por vezes até como consequência de ataques ao genoma por vírus. No entanto a descoberta do papel do ADN não teve quaisquer consequências na terapêutica ou prevenção, a despeito das conferências de imprensa optimistas e do enorme orçamento do Instituto Nacional do Cancro. O tratamento do cancro continua a ser o que era antes da biologia molecular: cortar, queimar ou envenenar”. Esta opinião é corroborada por um artigo recente de revisão (Bailar III e Gornik, 1997). Podemos tirar duas conclusões destas afirmações: as explicações científicas têm características específicas: podem tornar inteligíveis certos processos, mas só “em princípio” - e frequentemente (quase sempre?) não permitem previsões práticas, específicas; em geral a sua verificação só pode fazer-se em condições completamente artificiais - por exemplo, usando aceleradores que custam mil milhões de contos!

Será necessário concluir que no fim do século XX nós continuamos a ser incapazes de fazer previsões com interesse prático? Obviamente que não.

O que é Ciência?

É chegada a altura de apresentar uma definição prática de ciência:” Estudo sistemático da natureza e comportamento do universo⁶ que nos rodeia, baseado na observação, experimentação e mensuração e na formulação de leis que descrevem esses factos em termos gerais”. É necessário acrescentar que as afirmações da ciência (conceitos, leis, etc.) só são estritamente válidas para as situações em que foram testadas e que, em geral, fazer investigação científica consiste em verificar afirmações para situações em que não foram testadas. A mecânica newtoniana foi concebida para descrever o comportamento de corpos que se deslocam a velocidades muito pequenas quando comparadas com a da luz. Para velocidades próximas da da luz será necessário introduzir correcções

relativísticas. Em biologia, muitos conceitos surgiram de observações feitas em condições não fisiológicas: preparações *in vitro*, fracções celulares, etc. Estas características do processo científico só emergiram claramente ao longo deste século. Tem vindo a ficar claro que é preciso distinguir *previsões científicas*, que consiste em extrapolações que se traduzem na formulação de perguntas a que é possível responder (positiva ou negativamente) - o processo da falsificação de Popper (1986), de *previsões práticas* (ocorrência de algo no futuro, comportamento mecânico, eléctrico, térmico de um material, reactividade de um composto, efeito de uma droga) a partir das quais podemos tomar decisões de carácter técnico ou profissional. Quando um cientista faz uma afirmação baseia-a em observações colhidas em condições rigorosamente conhecidas e portanto frequentemente artificiais. Quando faz uma pergunta isso deve conduzir à maneira prática de obter uma resposta, novamente em condições completamente definidas. Se uma afirmação científica não conduzir a perguntas que a ponham em teste é, quando muito, um programa de investigação.

A inacessibilidade da Ciência

No entanto, a sequência *previsão - verificação* (científicas), apenas é inteligível para um número minúsculo de pessoas. Bernard Shaw, muito caracteristicamente afirmava que para o público em geral os milagres do Novo Testamento, não são qualitativamente muito diferentes dos números que os astrónomos produzem para as distâncias entre os planetas. O seu valor apenas depende da escolha da fonte de informação em que se acredita⁷.

É frequente ler-se que Newton se tornou famoso a partir da publicação dos *Principia* em que eram apresentados os fundamentos rigorosos dos cálculos que permitiam *prever* as órbitas de planetas observáveis na altura (a lua, por exemplo). Isso é verdade se pensarmos apenas no diminuto mundo académico de então, em que o livro fechou algumas das controvérsias em curso sobre as teorias do autor. Na realidade, o número de pessoas capazes de ler e compreender a obra era minúsculo. O filósofo Locke, cujos conhecimentos para a época e capacidades intelectuais não podem ser postos em dúvida, não conseguiu fazê-lo. A celebridade de Newton, que realmente nasceu pouco depois da publicação dos *Principia* (Westfall, 1993), deveu-se ao papel que acidentalmente veio a desempenhar

⁶ Tal como acontece em geral com as definições esta põe problemas. Será que incluímos no conceito de universo os fenómenos da mente só acessíveis ao próprio?

⁷ Esta afirmação nunca foi tão verdadeira como nos nossos dias. Inquéritos feitos à população em muitos países (recentemente houve um entre nós) revelaram analfabetismo científico generalizado mesmo em países avançados.

no conflito político entre protestantes e católicos e que culminou com a queda de Jaime II (apoiantes dos católicos) em confronto, na altura, com a Universidade de Cambridge, protestante, representada por Newton e a subida ao poder de Guilherme e Maria, protestantes. Foi na sequência destes acontecimentos que se deu a vertiginosa ascensão pública do físico que sendo membro da Royal Society há anos, tivera, até aí, voluntariamente, uma vida científica e social de recluso. Foi então que se mudou para Londres passando a ter assento no parlamento. Seguiram-se a direcção da Casa da Moeda (*Mint*), a subida a Par do Reino e a presidência da Royal Society. A partir da sua mudança para Londres abandonou o isolamento em que vivera em Cambridge e passou a mover-se nos círculos importantes. Esta história exemplifica duas facetas das relações entre cientistas (e ciência) e sociedade: as descobertas da ciência são acessíveis a muito poucas pessoas, especialmente na altura em que aparecem; a notoriedade dos cientistas, mesmo quando merecida, resulta de mecanismos em que dominam factores sociais (não científicos). Nas suas memórias Francis Crick (1990) afirma que não basta descobrir. É preciso promover as descobertas. Um exemplo de cientista genial na ciência que produzia e na publicidade que atraía para si próprio foi Pasteur (Debré, 1994). Ao longo de quase toda a sua vida conseguiu estar envolvido em polémicas científicas de que saía, *publicamente*, vencedor.

No mundo da ciência existe o mesmo snobismo que no mundo das artes. Há uma linguagem muitas vezes fechada, uma postura intelectual altaneira e para qualquer cientista há “boa” e “má” ciência, não no sentido de ser bem ou mal feita, mas de ser *importante ou não*.

A impenetrabilidade (para os leigos) da ciência e das suas previsões é compreensível e agravou-se extraordinariamente no decorrer deste século porque os cientistas têm vindo a estender cada vez mais a sua capacidade de observar e a adoptar nomenclaturas e linguagens simbólicas cada vez mais herméticas. A natureza dos fenómenos sobre os quais a ciência faz afirmações é frequentemente inacessível aos não iniciados mesmo quando são cientistas. Há um campo da física que trata da origem do universo em que se fazem afirmações - teorias - sobre a maneira como tudo começou. São uma mistura de física e de matemática. Ora acontece que os fenómenos descritos não são em si observáveis.. No outro extremo da escala estão as afirmações sobre a constituição elementar da matéria em que se fala da existência de partículas tão fugazes que, mais uma vez, são inacessíveis à observação directa e menos ainda à intuição dos não iniciados. Em ambos os casos aquilo que os especialistas na área chamam teoria ou explicação é uma teia, seguramente coerente, de conceitos e relações que pouco ou

nada têm a ver com a experiência do comum dos mortais. A dificuldade na sua compreensão é real, uma vez que os próprios físicos se queixam disso..

Esta situação é particularmente aguda nos momentos em que se fazem descobertas revolucionárias e em que portanto não houve tempo para estabelecer pontes com a ciência convencional, nem para conceber ou realizar experiências que ponham à prova essas descobertas. É nessa altura que os preconceitos dos cientistas, a que Thomas Kuhn chamou paradigmas (1962), actuam com toda a força.

L. Wolpert (1993) chamou a atenção para a natureza, contrária à intuição, de muitas explicações científicas. Para o observador inculto é o Sol que anda à volta da terra e não o contrário...

(Continua no próximo número; a bibliografia será apresentada no último artigo).