Do simples e verosímil em Química.

John Dalton e Karl Popper *

A.M. Amorim da Costa ^a

Toda a ideia importante é simples

Leão Tolstói, Guerra e Paz

1. Introdução

Na sua obra *Introdução à Ciência*, Thomson definiu o intuito do trabalho científico por estas palavras: é objectivo do trabalho científico a descrição coerente e completa, em termos do mais simples possível, dos factos da experiência. E mais adiante acrescentaria ser intento contínuo de todo o labor científico «a redução dos processos naturais aos mais simples termos» (1). Por sua vez, o eminente físico nuclear Edward Teller publicou, em 1980, um livro sobre o desenvolvimento e aplicações da Ciência sob o título *The Pursuit of Simplicity* (Em Busca da Simplicidade) (2). Alertando o leitor para a possível situação paradoxal entre o objectivo que o animava e uma certa visão corrente em que o progresso científico é considerado como factor de crescente complexidade e complicação do mundo em que vivemos, o autor enuncia logo à partida a tese que se propõe mostrar ter sido o élan vital que presidiu a toda a história do desenvolvimento científico, desde a Antiguidade até aos nossos dias: «o objectivo da ciência é encontrar simplicidade e coerência no imenso mar de material acumulado por seus cultores» (ref. 2, pg. 12).

Na prossecução deste objectivo, necessário se torna recorrer à chamada rasoira de Guilherme Occam: «entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem» — não se devem multiplicar os entes para além do necessário — em que se traduz o chamado *axioma da simplicidade*, também conhecido por *princípio da parcimónia* ou a *regra da economia das hipóteses*. Esta determina, pura e simplesmente, que em ciência, quando se tem de escolher entre duas ou mais teorias cujas explicações se revelem igualmente válidas, se deve optar, até prova em contrário, por aquela que envolva o menor número de pressupostos. Por mais difícil que seja a sua aplicação rígida em determinadas situações concretas, a verdade que lhe assiste do ponto de vista epistemológico e pedagógico, é de inegável valor.

A simplicidade é tão essencial para a ciência quanto o é a exactidão e a coerência da descrição em que se exprime e traduz. Para além de todos os arrazoados estéticos e/ou metodológicos, ela tem por base sólida uma razão ontológica, aquela mesma que Newton exprimiu na sua *Primeira Regra de Filosofar*, à cabeça do Livro III dos *Principia Mathematica*:

Regula I — «Causas rerum naturalium non plures admitti debere, quam quae et verae sint et earum phaenomenis explicandis sufficient.

Natura enim simplex est et rerum causis superfluis non luxuriat» (3).

O mesmo dissera Kepler repetidamente: «Natura simplicitatem amat» — a natureza ama a simplicidade; ou «nunquam in ipsa ququam otiosum aut superfluum existit» — nunca nela existe algo de ocioso ou superfluo; ou ainda «natura semper quod potest per faciliora, non agit per ambages difficiles» — a natureza nunca age por processos difíceis sempre que pode fazer algo por processos mais simples (4).

Na mesma linha escrevia Descartes: «conhecer é apreender por intuição infalível as naturezas simples e as relações entre elas que são, por sua vez, também naturezas simples» (5).

O grande objectivo da ciência é tornar diáfano o universo em que vivemos, a Natureza, de que é predicado fundamental a simplicidade e, consequentemente, só na simplicidade ele se mostrará verdadeiramente diáfano e transparente (6).

Nos remotos tempos do século VI antes de Cristo, nas colónias gregas da Ásia Menor e da Magna Grécia (sul da Península Itálica) onde a História conseguiu coligir os primeiros indícios da atitude teórica, no contexto civilizacional em que vivemos, os filósofos gregos que então se votavam à contemplação e interpretação da Natureza, dialecticamente dominados por uma economia mental e partindo do mais simples, óbvio e mais ao seu alcance, postularam que todas as coisas se haviam originado no Uno e que todo o Universo constituía uma unidade harmoniosa (7). Para eles, todas as coisas se haviam formado a partir de um único elemento primordial (Thales, Anaxímenes, Anaximandro, Heráclito); os quatro elementos (Empédocles) e os diversos tipos de átomos (Leucipo, Demócrito e Anaxágoras), constitutivos de todos os corpos e mundos, teriam provindo, por sua vez, duma única substância fundamental, o hyle (Platão e Aristóteles).

Nesta concepção filosófica começa a história do *axioma da simplicidade*, constantemente afirmado, em processo de contínua recorrência. A ela voltam, com efeito, século após século, na busca de um princípio unificador das generalizações factuais, os mais proeminentes fautores do pensamento científico. A história do desenvolvimento da Química é disso prova insofismável.

Logo depois da Teoria do Flogisto, primeiro princípio unificador no domínio da ciência Química, o *princípio da simplicidade* aparece-nos inerente à teoria das combinações atómicas de Dalton e a ele mantêm total fide-

* Comunicação apresentada no 9.º Encontro da Sociedade Portuguesa de Química (Bloco Educacional).

^a Departamento de Química, Universidade de Coimbra 3000 Coimbra.

lidade os seus mais próximos sequazes. Nos nossos dias, no quadro da controvérsia *indução versus dedução*, a ele voltou religiosamente a epistemologia de Popper, já não apenas como mero princípio unificador de generalizações, mas como princípio-base duma selecção natural, em parâmetros de verosimilhança, conducente à sobrevivência das teorias, no constante processo de tentativa e erro em que se tece o desenvolvimento científico.

2. A Regra de simplicidade de Dalton

Falar de John DALTON (1766-1844) é falar da sua teoria atômica da qual haveria de dizer Lothar Meyer: «é tão simples que à primeira vista não é atraente» (8). De Leucipo, Demócrito e Lucrécio, na Antiguidade, a Boyle, Descartes, Gassendi e Newton, no dealbar da ciência moderna, muitos filósofos e cientistas postularam, antes de Dalton, a existência de átomos. Depois dele, muitos outros de Mendeleev a Thomson, Rutherford, Bohr, De Broglie, Schrödinger, Heisenberg e Dirac, o fariam igualmente (9).

Postular a existência de átomos é uma teoria que em si mesma não é nem mais válida, nem mais verdadeira que qualquer teoria não-atômica da matéria que revista idêntico grau de generalização. Facto é, porém, que a emergência do conceito de átomo e seu desenvolvimento pormenorizado se traduziu, particularmente nos séculos XIX e XX, em elevado grau de unificação no domínio das ciências na Natureza.

É em Outubro de 1803, numa Comunicação científica sobre a solubilidade de gases em água, apresentada na Sociedade Literária e Filosófica de Manchester, que Dalton se refere pela primeira vez, em público, à sua teoria atômica (10). Na pegada de Newton, afirma ele que toda a matéria se compõe de átomos indivisíveis que mantêm a sua individualidade durante todas as transformações químicas e que diferem de elemento para elemento por seu tamanho e peso. Todos os átomos de um mesmo elemento são idênticos entre si, particularmente no peso. As partículas dos compostos são constituídas por um número relativamente pequeno de combinações de tais átomos.

No caso de qualquer fluido elástico, os átomos constitutivos repelem-se mutuamente com uma força que aumenta à medida que diminui a distância entre eles, no caso de se tratar de átomos de um mesmo fluido, sendo absolutamente inelásticos relativamente às partículas de qualquer outro gás, isto é, não exercendo sobre elas quaisquer forças atractivas ou repulsivas. Quer dizer, qualquer gás seria, essencialmente, um vácuo relativamente a qualquer outro gás.

A formação de misturas homogêneas por diferentes espécies de átomos, levou Dalton a admitir que os vários átomos possuíam um atmosfera de calor que seria a razão por que átomos da mesma natureza se repeliriam mutuamente, enquanto átomos de natureza diferente o não fariam. Átomos da mesma natureza teriam atmosferas de calor iguais; átomos diferentes corresponderiam atmosferas de calor de tamanho diferente da dos átomos de outras substâncias.

É a partir desta concepção básica sobre a constituição da matéria que Dalton desenvolve toda a sua teoria atômica que o levaria à sua célebre lei, a lei de Dalton, conhecida por *regra da simplicidade* ou das proporções múltiplas:

«Quando dois corpos se combinam em proporções diversas para formar vários compostos diferentes, existe uma relação simples entre os vários pesos de um deles que se combinam com um mesmo peso do outro».

Esta regra conduz às seguintes proposições:

Se dois corpos A e B se podem combinar entre si, a sua combinação ocorrerá de acordo com a seguinte ordem:

a) *Combinação binária* — um átomo de A + um átomo de B = um átomo (uma molécula) de C; b) *Combinação ternária* — um átomo de A + dois átomos de B = um átomo de D ou dois átomos de A + um átomo de B = um átomo de E; c) *Combinações quaternárias* — um átomo de A + três átomos de B = um átomo de F ou três átomos de A + um átomo de B = um átomo de G; d) *Combinações quintuplas e de ordem superior* — ... (mesmo esquema).

Porque mais simples, a combinação binária é mais natural e provável que as combinações ternárias ou quaisquer outras de ordem superior; e, pela mesma razão, as combinações ternárias são mais prováveis e naturais que as quaternárias ou quaisquer outras de ordem superior.

No caso de sínteses químicas, sejam sínteses de dois átomos ou sínteses de dois corpos já compostos de átomos, observar-se-á:

i) — quando só é possível obter uma combinação de dois corpos, deve presumir-se, até prova em contrário, que se trata de uma combinação binária;

ii) — no caso de serem possíveis duas combinações, deve presumir-se, também até prova em contrário, que uma delas é uma combinação binária e a outra uma combinação ternária;

iii) — no caso de três combinações possíveis, uma delas deve ser binária, e as outras duas, ternárias.

E assim sucessivamente...

iv) — Um composto binário deverá ser sempre especificamente mais pesado que a mera mistura dos seus dois ingredientes, como um composto ternário deverá ser sempre especificamente mais pesado que a mistura duma combinação binária com o corpo simples de que resulta a combinação ternária que o constitui (11).

Fazendo-se eco da já citada *Primeira Regra de Filosofar* de Newton, Dalton crê também que «a regularidade e a simplicidade são atributos gerais das leis da natureza», e declara expressamente ser facto observado que «a lei da síntese química é uma lei simples» (12). Foi com base nesta regra de simplicidade, por combinação dos respectivos átomos componentes segundo proporções numericamente simples, e no pressuposto decorrente do estado de conhecimento da altura que tinha a água como sendo a única combinação possível para a síntese do oxigénio com o hidrogénio, que Dalton atribui a este composto a fórmula OH (○◎, se gundo a simbologia que usava). E pela mesma razão, atribuiu à amónia a fórmula de NH (de acordo com a sua representação ①◎). E daqui partiu para a primeira Tabela de pesos atômicos.

Convicto de que a água era constituída por um número incalculável de átomos duplos em que o hidrogénio se combinava com o oxigénio átomo a átomo, e sabedor de que a constituição era sempre na proporção de 8 kg de oxigénio para 1 kg de hidrogénio, Dalton concluiu que cada átomo de oxigénio era oito vezes mais pesado que cada átomo de hidrogénio. «Era uma ideia simples e maravilhosa», como lhe chamou J. Korn (13).

Da simplicidade e maravilha desta ideia se fez a primeira «Tábua de Pesos Relativos das Partículas últi-

mas de Corpos gasosos e Outros», como ele próprio lhe chamou, reconhecendo tratar-se de assunto inteiramente novo, tanto quanto lhe era dado saber. Esta Tabela apresentou-a Dalton numa Memória lida na Sociedade Literária e Filosófica de Manchester, em 1805. Dela constavam, ao todo, vinte e um átomos, simples, uns; compostos, outros.

Três anos mais tarde, Dalton publicaria uma outra Tabela de pesos atômicos formada de vinte átomos simples e dezassete átomos compostos. Com ela, publicava também os princípios que o haviam guiado na determinação do número de átomos presentes em qualquer átomo composto, base imprescindível do cálculo dos pesos relativos dos átomos componentes, deduzidos de dados de análise gravimétrica de que dispunha. Esses princípios outros não são que os emergentes da sua regra de simplicidade (11).

3. Simplicidade e verosimilhança em Karl Popper

No quadro específico da Ciência Moderna, que em Francisco BACON (1561-1626), Barão de Verulam, reverencia «o maior, mais universal e mais eloquente dos filósofos» (14) pela consagração que fez do empirismo racional, o caminho de que dispõem as ciências da Natureza para descobrir a verdade e a experimentação seguida da indução. No seu domínio, o cientista vive do recurso à observação cuidadosa e à experimentação para se certificar dos factos e para os ordenar o mais perfeitamente possível. Desse recurso nascem as hipóteses que visam explicar os factos observados e sua interconexão; e nele elas se testam, no desejo de se arvorarem em leis com carácter universal.

Como ciência experimental que é, este é o método fundamental em que se tem firmado e desenvolvido o labor científico da química, de Lavoisier a nossos dias. As leis e teorias em que esta ciência se sistematiza são tentativa de explicação de factos conhecidos e tem por referência constante, como teste de verosimilhança e eficácia, a previsão e coadunação com novos factos, na certeza de que todo e qualquer facto cuja explicação se lhes escape é ferida letal que pode definitivamente lavrar sua sentença de morte de modo inapelável.

Toda a controvérsia filosófico-científica suscitada pela Mecânica Quântica, no primeiro quartel do nosso século, com sua interpretação estatística das leis em que se generaliza o conhecimento factual, não afectou minimamente o empirismo racional herdado de Bacon. Significativa e digna de aqui ser citada é a afirmação de Dirac: «o único objectivo da Física Teórica é calcular resultados que possam ser comparados com dados experimentais» (15).

Todavia, os anos que se seguiram a essa controvérsia seriam marcados por forte contestação ao método indutivo do Barão de Verulam. Está na sua origem a obra *The Logic of scientific Discovery* de Karl Popper, primeiramente publicada em Viena de Áustria, no Outono de 1934, ainda que traduzida para inglês só em 1959 (16). Ressoavam então, ainda, as provocadoras afirmações de Willstatter: «penso não ser importante para um cientista que a sua teoria se venha a revelar correcta ou não. As nossas experiências não são realizadas para decidir se estamos certos ou errados, mas sim para aprofundar os nossos conhecimentos. Se lavramos e semeamos, desbravando o campo científico, é meramente por desejo de conhecimento. Não é de mo-

do algum inglorio ter errado nas teorias e hipóteses com que se avançou» (17).

Na sua obra, Popper faz cerrada crítica do método indutivo, propondo que ele deve ser eliminado das chamadas ciências experimentais e substituído por um método de cariz dedutivo de que aponta os traços fundamentais. O ponto de partida das suas críticas é claro: a conclusão de uma indução não é deduzível das premissas de que dispõe, e pode vir a revelar-se falsa mesmo quando todas essas premissas sejam verdadeiras. Os princípios universais não estão contidos em princípios singulares, pois os ultrapassam; podem, porém, ser radicalmente contraditos por estes. E exemplifica com toda a objectividade: se observamos um milhar, um milhão, vários milhões que sejam, de corvos verificando que todos eles, sem excepção alguma, são pretos, não nos será lícito afirmar categoricamente **Todos os Corvos são Pretos**.

Poderá muito bem acontecer que em algum bem recôndito lugar do mundo, haja algum corvo de outra cor. E um só que ele seja é suficiente para deitar totalmente por terra aquela afirmação geral que tinha por trás de si, a suportá-la, longos milhões de observações exactas e incontestadas!...

Os gases raros considerados gases «inertes», e os alcanos considerados «parafinas» (do latim *parum affinis* — pouca afinidade) são apenas dois desses muitos «todos os corvos são pretos» que a química tem conhecido. Reacções do tipo $\text{Cl}_2 + \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{ClCH}_2\text{COOH} + \text{HCl}$ foram tidas durante muitos e muitos anos como autênticas «impossibilidades» por implicarem a substituição de um átomo electropositivo por um átomo electronegativo. A mera síntese do ácido cloroacético, por Dumas e Laurent, foi quanto bastou para deitar por terra as generalizações em que se traduziam essas «impossibilidades». Com pouco mais que uma penada, a *teoria da metalépsia ou teoria unitária* de Dumas substitua a *Teoria dualística* de Berzélius de que decorria a defesa daquelas «impossibilidades» (18). Considerando a indução uma inferência defeituosa do ponto de vista lógico, Popper propõe uma metodologia de investigação científica de tipo dedutivista que tem por ponto de partida um conjunto de *meras hipóteses ou conjecturas*, cuja formulação original poderá ter tomado ou não como base dados e/ou observações de tipo experimental. O procedimento científico consiste então num exame crítico das implicações dessas hipóteses ou conjecturas iniciais, tentando infirmá-las a todo o custo. A sua credibilidade científica está na resistência que elas ofereçam ao denodado esforço de revogação que contra elas é movido. Assistir-lhes-á real valor científico na medida em que façam previsões potencialmente falsificáveis, mas que resistam a toda e qualquer tentativa de falsificação.

A um edifício científico feito de leis afirmadas como hipóteses confirmadas pela experiência com base na indução, Karl Popper contrapõe assim um edifício feito de hipóteses de trabalho sujeitas ao *teste de falsificabilidade* em todas as suas implicações. O valor científico da afirmação «todos os corvos são pretos» não está no facto de se apoiar sobre um milhar ou um milhão de observações, mas antes no facto de se tratar duma afirmação que pode ser invalidada pela simples observação de um só corvo que não seja preto, caso todos os esforços envidados para encontrar essa espécie de corvo redundem vãos.

Do mesmo modo, o valor científico de um novo processo de síntese de dado composto, relatado na mais

conceituada revista científica, não lhe advém, em última instância, do facto de ter o parecer favorável de críticos julgados altamente competentes no assunto, nem sequer do facto de poder ser comprovado por outros investigadores, noutros laboratórios. O procedimento de uns e outros poderá ser afectado por informação defeituosa! E porque *errare humanum est*, nem o mais sagaz e inteligente dos homens está livre de cair em involuntários erros! O seu valor científico será sim tanto maior quanto se trate de processo rico em consequências falsificáveis mas que resistam a toda e qualquer tentativa de falsificação encetada por quaisquer grupos de investigadores.

Mais do que passíveis de confirmação, os princípios básicos, em si e nas suas consequências, de uma teoria são antes passíveis de refutação. Uma teoria estará tanto mais certa quanto mais difícil seja, em casos específicos, demonstrar que está errada (19).

Porque o valor científico de uma teoria reside na falsificabilidade das implicações que contém, não há teorias que se possam reclamar categoricamente de verdadeiras, pois a sua falsificabilidade é questão em aberto por toda a eternidade. E é neste ponto que deparamos com o *problema da simplicidade* em Karl Popper.

Perante duas ou mais teorias em que nenhuma delas pode reivindicar pura e simplesmente o estatuto de ter consigo a verdade, por qual optar?

Na resposta a esta questão, a epistemologia de Popper assume-se como uma epistemologia evolucionista: o desenvolvimento do conhecimento científico é um processo de constante tentativa e erro, *em que sobrevivem as teorias mais aptas*.

E quais são estas?

As *mais verosímeis*; as *mais simples*, responde Karl Popper.

Para ser falsificável, uma teoria deve ser logicamente precisa, e não ambígua. Por isso, assiste maior grau de verosimilhança às teorias cuja falsificabilidade de seus princípios resistiu com êxito a maior número de provas no sentido de as infirmar. Dado o avanço sempre crescente do conhecimento científico, natural é que, relativamente ao passado, o presente disponha de maior número de elementos que sirvam de «provas de fogo» para testar a falsificabilidade. Natural é, pois, também, que as teorias mais recentes, desenvolvidas e aliçadas no justo apreço dessas «provas de fogo», tenham maior grau de verosimilhança que as antigas, onde o salto no escuro foi maior e, portanto, mais arriscado.

Por outro lado, quanto mais simples for uma teoria mais difícil será infirmá-la; serão menos seus «calcanhares de Aquiles» e menos serão também os flancos por onde possam atingi-la seus adversários. Menos vulnerável, assistir-lhe-á maior grau de verosimilhança.

Por simplicidade deve entender-se aqui a chamada *simplicidade semântica*, em contraposição à chamada *simplicidade linguística* e também à chamada *simplicidade pragmática*, embora se trate de três conceitos de simplicidade estritamente relacionados entre si, numa relação fundamentalmente complementar. Por *simplicidade de semântica* de uma teoria entende-se a sua generalidade, isto é, uma *compreensão predicativa mínima* a que corresponderá, naturalmente, uma *extensão máxima*. O «generalista» sabe pouco (compreensão restrita) de tudo (vasta compreensão); o especialista sabe «tudo» (compreensão vasta) de muito pouco (extensão restrita). Uma teoria específica é menos simples (mais complexa) que um teoria geral. Esta está mais apta pa-

ra sobreviver do que aquela (20). Porque mais geral, a Mecânica Relativista de Einstein goza de maior grau de verosimilhança do que a Mecânica Clássica de Newton, como goza de maior verosimilhança a lei de atracção universal por este formulada quando contrastada com as leis de Galileu e as leis de Kepler que consideravam tão somente a gravitação entre planetas. Na sua vastidão, a teoria de Newton engloba as teorias de Galileu e Kepler. São as mesmas as leis que presidem aos fenómenos terrestres e aos fenómenos celestes; as leis que presidem aos fenómenos galácticos e as que presidem aos fenómenos atômicos. Tornava-se definitivamente obsoleta a distinção de Aristóteles entre um mundo sub-lunar e um mundo supra-lunar regidos por leis diferentes! Mais tarde, desenvolver-se-iam as teorias de Fresnel e Faraday que seriam extensivamente absorvidas pelas teorias de Maxwell. Mais tarde ainda, a Mecânica Relativista de Einstein englobaria, na sua extensão, as teorias de Newton e Maxwell.

É no contexto desta ideia de simplicidade como um *mínimo de compreensão* conceptual, correlativa da ideia de universalidade como um *máximo de extensão* que uma das características fundamentais das leis da natureza é a sua *universalidade e simplicidade*, como expressamente o nota, por exemplo, Pagels no seu livro *O Código Cósmico* (ref. 21, pg. 384).

E ocorre lembrar aqui que a teoria heliocêntrica de Copérnico, marco capital de toda a Revolução científica de que nasceu a Ciência Moderna, antes de se impor como um sistema apoiado em observações experimentais, se impôs pela simplicidade de que se revestia. Os calendários elaborados com base na teoria geocêntrica de Ptolomeu revelavam-se tão exactos e práticos quanto os elaborados com base nas novas teorias heliocêntricas. Porém, os cálculos baseados na teoria geocêntrica exigiam a consideração de 83 epiciclos e círculos deferentes para descrever apropriadamente o movimento dos astros então conhecidos; a teoria heliocêntrica de Copérnico não precisava de considerar mais que dezasseis, simplificando drasticamente o sistema de cálculo! Obviamente, não é pacífica a problemática suscitada por este método dedutivo proposto por Popper. Qualquer dos três pilares em que assenta, o *critério de falsificabilidade*, o *teste de simplicidade* e o *teste de verosimilhança*, têm sido objecto de forte contestação. Se mais não fosse, porque eles põem em causa, para usar a terminologia de T. Kuhn (22), a investigação de base paradigmática assente no emprismo racional de F. Bacon. E, como o nota o próprio Kuhn, na adopção de um novo paradigma surge um período de crise a que é inerente natural «mal-estar» que se caracteriza por o antigo paradigma já não servir e não haver ainda consenso sobre o novo. A Popper se opuseram duramente Feyerabend (23), Putnam (24), e outros (25).

De realçar das críticas destes seus oponentes que a evidência crucial de que se reclama o critério da falsificabilidade à qual basta um só facto que seja, nem sempre se poder arvorar em sentença definitiva. Se *contra factos não há argumentos*, é possível aduzi-los contra a sua interpretação e/ou alcance. Quer dizer, a «evidência dos factos» é também ela falível, sujeita a mal-entendidos e mal-interpretações, a impor, muitas vezes, rotunda reconsideração. Prova-o a história da hipótese de Avogadro, a história da Teoria dos germes de Pasteur, a história da Teoria anti-flogística de Lavoisier, etc., onde é patente que os mesmos factos, interpretados de modo diferente, serviam igualmente bem de argumento para os grupos adversários.

Do ponto de vista pedagógico, a metodologia científica proposta por Popper não é favorável à criação duma «ciência normal» de base paradigmática, tranquilamente votada — para usar uma vez mais a terminologia de Kuhn — não à descoberta de novas teorias ou explicações, mas à confirmação da que adoptou, em actividade que mais não é que proceder a aplicações e resolver problemas previstos ou previsíveis no âmbito paradigmático, por recurso ao paradigma que toda a comunidade científica aceita.

Enredado nos quadros de uma «ciência normal» deste tipo, o cientista tudo fará para manter a ciência no regime em que se enquadrou; seduzi-lo-á descobrir novos factos e interpretar novos fenómenos que confirmem e se enquadrem no paradigma em que se move. E não é sem certo mal-estar que depara com «anomalias», ao lado das quais muitas vezes preferiria passar, e sempre tentado a pôr de lado ou esquecer. O paradigma em que se formou e trabalha é a «regra do jogo» da investigação que conduz e que não gostará de boamente ver posta em causa. Factos que se não enquadrem nela são sentidos como algo que falhou ou está errado e, consequentemente, que não é visto com bons olhos, nem benquisto.

Mais empenhada em procurar factos que denunciem possíveis falhas num argumento de preferência a factos que suportem a evidência de uma teoria de antemão aceite, a metodologia proposta por Popper deixa ao investigador um maior sentimento de liberdade: os factos em si-mesmos nunca são factos «errados», surpreendentes, malquistos. Na sua linguagem simples são igualmente bem aceites no caso de infirmarem ou não as conjecturas ou hipóteses de que se partiu, porque lhes assenta igualmente bem a dupla função de infirmar ou confirmar (26).

Mais importante ainda do que libertar o investigador do mal-estar em que se possa traduzir o deparar com factos que se não coadunem bem com o paradigma científico em cujas malhas se move, a metodologia de Popper aponta-lhe como sentido de marcha a formulação de teorias e/ou leis cada vez mais simples. E o caminhar ao encontro da simplicidade da natureza de que as leis e/ou teorias mais não devem ser que expressão matemático-verbal.

Simplisticamente (que não simploriamente!) diríamos que essa metodologia aponta aos cientista o rumo implícito no Segundo Princípio da Termodinâmica: irreversivelmente, o universo evolui para um estado de maior entropia, a que corresponde maior diversidade, maior separação das coisas que o constituem. Do *Uno* em que estavam todas as coisas, evolui para o *diverso* em que separadas entre si, cada uma delas melhor se mostra, revela e aparece na simplicidade do que é.

Neste sentido, é fecho apropriado para as considerações sobre simplicidade e verosimilhança em química que aqui deixamos, uma célebre declaração de Edington, em que o Segundo Princípio da Termodinâmica é aduzido como condição *sine qua non* de verosimilhança duma qualquer teoria: «o princípio de que a entropia do universo aumenta sempre — o Segundo Princípio da Termodinâmica — ocupa, em minha opinião, a posição suprema entre as leis da Natureza. Se alguém lhe fizer notar que a sua teoria favorita do universo está em contradição com as equações de Maxwell, então, tanto pior para as equações de Maxwell! Se a teoria estiver em contradição com resultados experimentais, bem, os experimentalistas muitas vezes confundem as coisas! Mas se a sua teoria estiver em contradição com

o Segundo Princípio da Termodinâmica, não posso dar-lhe qualquer esperança; a sua teoria não tem qualquer futuro e está votada ao colapso em profunda humilhação» (27).

NOTAS

- 1 — J.A. Thomson, *Introdução à Ciência* (Ed. Arménio Amado, Coimbra, 1941), pp. 44-45.
 - 2 — E. Teller, *The Pursuit of Simplicity* (Malibú, Califórnia, *Pepardine University Press*, 1980).
 - 3 — I. Newton, *Philosophiae Principia Mathematica* (First Edition, London, 1687), *Lib. III: Regulae Philosophandi, Hypoth. I*: «não se devem admitir como causas das coisas naturais senão causas que sejam verdadeiras e apenas tantas quantas bastem para explicar os seus fenómenos. Com efeito, a Natureza é simples e não se luxúria com causas superfluas para as coisas».
 - 4 — I. Hart, *Makers of Science, Mathematics, Physics, Astronomy* (Oxford University Press, New York, 1924).
 - 5 — R. Descartes, *Discours de la Méthode* (Leyden, Ian Maire, 1637).
 - 6 — Quão simples são dois grandes pilares da Mecânica de Newton e da Teoria da Relatividade de Einstein sintetizados nas fórmulas $F=ma$ e $E=mc^2$!
 - 7 — P. Walden, *J. Chem. Educ.*, 29, 386 (1952).
 - 8 — J.R. Partington, *Historia de la Química* (Espasa-Calpe, Buenos Aires, 1945), pg. 182.
 - 9 — (a) M. Gorman, *J. Chem. Educ.*, 37, 100 (1960); (b) E. N. Johnson, *J. Chem. Educ.*, 37, 267 (1960).
 - 10 — O facto de Dalton se referir à sua teoria atómica pela primeira vez, em público, num trabalho em que estudava a solubilidade de diferentes gases em água, não significa que a tenha desenvolvido com base nesse mesmo estudo. A problemática que terá servido a Dalton de verdadeiro ponto de partida para o estabelecimento de tal teoria é ainda hoje questão polémica, sem relevo de maior para as considerações aqui tecidas. Por isso, relativamente a ela, limitamo-nos a remeter o leitor interessado para: (i) — T. Thomson, *The History of Chemistry, Vol. II* (London, 1831); (ii) — W.C. Henry, *Mémoires of the life and Scientific Researches of John Dalton and* (London, 1854); (iii) — R.A. Smith, *Mémoire of John Dalton and History of the Atomic Theory up to his time* (Manchester Mémoires, 13, pp. 1-298, 1856); (iv) — H.E. Roscoe and A. Harden, *A New view of the origin of Dalton's Atomic Theory* (London, 1896); (v) — A. N. Meldrum, *Avogadro and Dalton: the standing in Chemistry of their hypothesis* (Edinburgh, 1906); (vi) — J.R. Partington, *Short History of Chemistry* (London, 1937); (vii) — L.K. Nash, *The atomic molecular theory* (Cambridge, Mass., 1950); (viii) — A. Thackray, *John Dalton. Critical Assesments of his Life and Science* (Cambridge, Mass., 1972); (ix) — T. Cole Jr., *Dalton, Mixed Gases and the Origin of the Chemical Atomic Theory* (Ambix, 25, pp. 117-130, 1978).
 - 11 — J. Dalton, *New System of Chemical Philosophy* (Manchester, 1808-1810), Vol. I, Part. I, pp. 211-220; A.J. Bernatowicz, *J. Chem. Educ.*, 47, 577 (1970).
 - 12 — J. Dalton, *O. cit.*, pp. 131 e 223.
 - 13 — J. Korn, *Átomo* (Ed. Verbo, Lisboa, 1963), pg. 15.
 - 14 — J.R. D'Alembert in *Encyclopédie ou Dictionnaire Raisonné des Sciences, des Arts, des Métiers* (Lucques, Paris, 1758-1776).
 - 15 — Citado in *Editor's Outlook*, *J. Chem. Educ.*, 8, 209 (1931).
 - 16 — K.R. Popper, *The Logic of Scientific Discovery* (Basic Books Inc., New York, 1959).
 - 17 — R. Willstätter, *From my Life* (Trad. L. Hornig, W.A. Benjamin, 1965), pg. 385.
 - 18 — J.R. Partington, *O. cit.*, pp. 254-255.
 - 19 — Antes de Karl Popper, já vários defensores do positivismo em Física haviam pugnado por um método de trabalho em que a aceitação pura e simples do método indutivo de Bacon era, de algum modo, posta em causa. Ernst Mach (1838-1916), um dos criadores do chamado *empiricriticismo*, ensinara que aos físicos assistia o direito de usar ideias e princípios não inferidos necessariamente da experiência, embora salientasse que não deveriam perder-se com ideias a que não pudesse ser dado um significado concreto e preciso através de operações experimentais.
- E o chamado *método postulacional de Einstein* seguira na mesma linha ao defender que o cientista, embora partindo do mundo da experiência e das experiências, pode e deve usar da sua intuição física para saltar destas para a abstracção de postulados absolutos, num salto conceptual muitas vezes muito para além daquilo que qualquer experiência possa verificar e antes de ter quaisquer dados que o possam apoiar. Os postulados absolutos não podem ser deduzidos racionalmente a partir da experiência, uma vez que a transcendem. A intuição é a base da sua invenção. Textualmente, Einstein afirmava: «para a criação de uma teoria, a mera colecção dos fenómenos registados nunca chega; deve sempre ser acrescentada uma invenção livre