

Copyright © 2009 Editora Livraria da Física
2ª edição

Direção editorial José Roberto Marinho
**Coordenação geral da
Coleção Contextos da Ciência** Carlos Aldemir Farias
Iran Abreu Mendes

Tradução Edgard de Assis Carvalho
Isa Heitzel
Lois Martin Garda

Revisão Técnica Maurício Macedo
Edgard de Assis Carvalho

Conselho Editorial Iran Abreu Mendes
Carlos Aldemir Farias
Ubiratan D'Ambrosio
Marta da Conceição Xavier de Almeida
Marta Maria Castanho Almeida Pernambuco
Tânia Roberta Costa de Oliveira

Capa Ana Maria Hitomi - Typography
Projeto gráfico e diagramação Typography

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Prigogine, Ilya. 1917-2003.

Ciência, razão e paixão/Ilya Prigogine ;

organização Edgard de Assis Carvalho, Maria da Conceição de Almeida.
- 2. ed. rev. e ampl. - São Paulo : Editora Livraria da Física, 2009.

Bibliografia

ISBN 978-85-7861-025-8

1. Ciência - Filosofia I. Carvalho, Edgard de Assis.
- II. Almeida, Maria da Conceição de. III. Título.

09-00737

CDD-501

Índices para catálogo sistemático:

1. Ciência : Filosofia 501

Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta obra poderá ser reproduzida
-sem que sejam quais forem os meios empregados sem a permissão da Editora.
Aos infratores aplicar-se-ão as sanções previstas nos artigos 102, 104, 106 e 107
da Lei no 9.610, de 19 de fevereiro de 1998



Editora Livraria da Física
www.livrariadafisica.com.br

Carta para as futuras gerações¹

Escrevo esta carta na mais completa humildade. Meu trabalho é no domínio da ciência. Não me dá qualquer qualificação especial para falar sobre o futuro da humanidade. As moléculas obedecem a “leis”. As decisões humanas dependem das lembranças do passado e das expectativas para o futuro. A perspectiva sob a qual vejo o problema da transição da cultura da guerra para uma cultura de paz – para usar a expressão de Federico Mayor – se obscureceu nos últimos anos, mas continuo otimista.

De qualquer forma, como poderia um homem da minha geração – nasci em 1917 – não ser otimista? Não vimos o fim de monstros como Hitler e Stálin? Não testemunhamos a miraculosa vitória das democracias na Segunda Guerra Mundial? No final da guerra, todos nós acreditávamos que a História recomençaria do zero, e os acontecimentos justificaram esse otimismo.

Os marcos desse período incluem a fundação da Organização das Nações Unidas e da Unesco, a declaração dos direitos do homem e a descolonização. Em termos mais gerais, houve o reconhecimento das culturas não européias, que produziu uma queda do eurocentrismo e da suposta desigualdade entre os povos “ci-

¹ Este cartão foi publicado na Folha de São Paulo – Caderno MAISI, p. 4-7. Edição: Nacional, 30 jan. 2000.

vilizados” e os “não-civilizados”. Houve também uma redução na distância entre as classes sociais, pelo menos nos países ocidentais.

Esse progresso foi conquistado sob a ameaça da Guerra Fria. Após a queda do Muro de Berlim, começamos a acreditar que, enfim, ocorreria a transição da cultura da guerra para a cultura da paz. No entanto a década que se seguiu não tomou esse rumo. Testemunhamos a persistência, e até mesmo a ampliação, dos conflitos locais, sejam na África ou nos Bálcãs. Isso pode ser considerado, ainda, como um resultado da sobrevivência do passado no presente. No entanto, além da ameaça nuclear sempre presente, novas sombras apareceram: o progresso tecnológico agora torna possível guerras travadas mediante o acionamento de dispositivos que, de alguma forma, se assemelham a jogos eletrônicos.

Sou uma das pessoas que ajudaram a formular as políticas científicas da União Européia. A ciência une os povos. Cria uma linguagem universal. Muitas outras disciplinas, como a economia e a ecologia, também requerem cooperação internacional. Por isso, fico ainda mais atônito quando percebo que os governos estão tentando criar um exército europeu como expressão da unidade da Europa. Um exército contra quem? Onde está o inimigo? Por que esse crescimento constante nos orçamentos militares, quer na Europa, quer nos Estados Unidos? Cabe às futuras gerações tomar uma posição sobre isso. Nos tempos atuais, e isso será cada vez mais verdade no futuro, as coisas estão mudando a uma velocidade jamais vista. Vou usar um exemplo científico.

Quarenta anos atrás, o número de cientistas interessados na física de estado sólido e na tecnologia da informação não passava de umas poucas centenas. Era uma “flutuação”, quando comparada às ciências como um todo. Essas disciplinas hoje se tornaram tão importantes que têm consequências decisivas para a história da humanidade.

Crescimento exponencial foi registrado no número de pesquisadores envolvidos nesse setor da ciência. É um fenômeno de proporções sem precedentes, que deixou muito para trás o cresci-

mento do budismo e do cristianismo.

Em minha mensagem às futuras gerações, gostaria de propor argumentos com o objetivo de lutar contra os sentimentos de resignação ou impotência. As recentes ciências da complexidade negam o determinismo; insistem na criatividade em todos os níveis da natureza. O futuro não está dado.

O grande historiador francês Fernand Braudel escreveu: “Eventos são como poeira”. Isso é verdade? O que é um evento? Uma analogia com “bifurcações”, como são estudadas na física do não-equilíbrio, surge imediatamente. Essas bifurcações aparecem em pontos especiais nos quais a trajetória seguida por um sistema se subdivide em “ramos”. Todos os ramos são possíveis, mas só um deles será seguido. No geral não se vê apenas uma bifurcação. Elas tendem a surgir em sucessão. Isso significa que, até mesmo nas ciências fundamentais, há um elemento temporal, narrativo, e isso constitui “o fim das certezas”, o título do meu último livro. O mundo está em construção, e todos podemos participar dela.

Metáforas úteis

Como escreveu Immanuel Wallerstein: “É possível — possível, mas não é certo — criar ou construir um mundo mais humano e igualitário, melhor ancorado no racionalismo material”. Flutuações do nível microscópico decidem que ramo emergirá em cada ponto de bifurcação e, portanto, que evento acontecerá. O apelo às ciências da complexidade não significa que estejamos sugerindo que as ciências humanas sejam “reduzidas” à física. Nossa empreitada não é de redução, mas de reconciliação. Conceitos introduzidos das ciências da complexidade podem servir como metáforas muito mais úteis do que o tradicional apelo a metáforas newtonianas.

As ciências da complexidade conduzem a uma metáfora que pode ser aplicada à sociedade: um evento implica um aparecimento de uma nova estrutura social depois de uma bifurcação; flutuações são o resultado de ações individuais.

Todo evento tem uma "microestrutura". Tomemos como exemplo histórico a Revolução Russa de 1917. O fim do regime czarista poderia ter tomado diferentes formas, e a ramificação que se seguiu a ele resultou de diversos fatores, tais como a falta de previsão do czar, a impopularidade de sua mulher, a debilidade de Kerensky, a violência de Lênin. Foi essa microestrutura, essa flutuação, que determinou o desfecho da crise e os eventos que a ela se seguiram.

Desse ponto de vista, a história é uma sucessão de bifurcações. Um exemplo fascinante de como isso transcorre e a transição da era paleolítica para a neolítica, que aconteceu praticamente no mesmo período em todo o mundo (esse fato é ainda mais surpreendente dada a longa duração da era paleolítica). A transição parece ter sido uma bifurcação ligada a uma exploração mais sistemática dos recursos minerais e vegetais. Muitos ramos emergiram dessa bifurcação: o período neolítico chinês, com sua visão cósmica, por exemplo, o neolítico egípcio, com sua confiança nos deuses, ou o ansioso período neolítico do mundo pré-colombiano.

Toda bifurcação tem beneficiários e vítimas. A transição para a era neolítica trouxe a ascensão de sociedades hierárquicas. A divisão do trabalho provocou desigualdades. A escravidão foi estabelecida e continuou a existir até o século 19. Ainda que o fardo tivesse uma pirâmide como tumba, seu povo era enterrado em valas comuns.

Da mesma forma que o século 20, o século 19 apresentou uma série de bifurcações. A cada vez que novos materiais eram descobertos — carvão, petróleo ou novas formas de energia utilizável — a sociedade se transformava. Será que não se poderia afirmar que, o conjunto de todas essas bifurcações conduziu a uma maior participação da população na cultura, e que, daí em diante, as desigualdades entre as classes sociais nascidas na era neolítica começaram a diminuir?

Homem e natureza

De modo geral, bifurcações são, simultaneamente, um sinal de instabilidade e um sinal de vitalidade em uma dada sociedade.

Expressam, também, o desejo por uma sociedade mais justa. Mesmo fora das ciências sociais, o Ocidente preservava um espetáculo surpreendente de bifurcações sucessivas. A música e a arte, por exemplo, mudam a cada 50 anos. O homem continuamente explora novas possibilidades, concebe utopias que podem conduzi-lo a uma relação mais harmoniosa entre homem e homem e homem e natureza. Esses são temas que ressurtem constantemente nas pesquisas de opinião sobre o caráter do século 21.

A que ponto chegamos? Estou convencido de que estamos nos aproximando de uma bifurcação conectada ao progresso da tecnologia da informação e a tudo que a ela se associa, como a multimídia, a robótica e a inteligência artificial. Essa é a "sociedade de rede", com seus sonhos de aldeia global.

Qual será o resultado dessa bifurcação? Em qual de suas ramificações nos encontraremos? A palavra "globalização" cobre uma grande variedade de situações diferentes? É possível que os impetradores romanos já estivessem sonhando com globalização, uma cultura única que dominasse o mundo. A preservação do pluralismo cultural e o respeito pelo outro exigirá toda a atenção das gerações futuras. Mas há outros riscos no horizonte.

Cerca de 12 mil espécies de formigas são conhecidas hoje. Suas colônias variam de algumas centenas a muitos milhões de indivíduos. É interessante observar que o comportamento das formigas depende do tamanho da colônia. Em colônias pequenas, a formiga se comporta de forma individualista, procurando comida e levando-a de volta ao ninho. Quando a colônia é grande, porém, a situação muda e a coordenação de atividades se torna essencial.

Estruturas coletivas surgem espontaneamente como resultado de reações autocatalíticas entre formigas que produzem trocas de informação medidas quimicamente. Não é por acaso que, nas grandes colônias de formigas ou térmitas os insetos individuais se tornem cegos. O crescimento populacional transfere a iniciativa do indivíduo para a coletividade.

Por analogia, podemos nos perguntar qual será o efeito da sociedade da informação sobre nossa criatividade individual. Há vantagens óbvias nesse tipo de sociedade — basta pensar na medicina ou na economia. Existe, porém, informação e desinformação. Como diferenciá-las? É claro que isso requer cada vez mais conhecimentos e senso crítico desenvolvido. O verdadeiro precisa ser distinguido do falso, o possível do impossível. O desenvolvimento da informação significa que estamos legando uma tarefa pesada às futuras gerações. Não devemos permitir que surjam novas divisões resultantes da “sociedade de redes” baseada na tecnologia da informação. É preciso, porém, igualmente, examinar questões mais fundamentais.

Em sentido amplo, será que a bifurcação reduzirá a distância entre países ricos e pobres? A globalização será caracterizada pela paz e democracia ou pela violência, aberta ou disfarçada? Cabe às futuras gerações criar as flutuações que determinarão o rumo do evento correspondente à chegada da sociedade da informação.

Minha mensagem às futuras gerações, portanto, é de que os dados não foram lançados e que o caminho a ser percorrido depois das bifurcações ainda não foi escolhido. Estamos em um período de flutuação no qual as ações individuais continuam a ser essenciais.

Quanto mais a ciência avança, mais nos espantamos com ela. Saímos da idéia geocêntrica de um sistema solar para a heliocêntrica, e de lá para a idéia das galáxias, e, por fim, para a dos múltiplos universos. Todos já ouviram falar do Big Bang. Para a ciência, não existe um evento único, esse fato conduz à idéia de que múltiplos universos podem existir. Por outro lado, o homem é até agora a única criatura viva consciente do espantoso universo que o criou e que ele, por sua vez, pode alterar. A condição humana consiste em aprender a lidar com essa ambigüidade. Minha esperança é de que as gerações futuras aprendam a conviver com o espanto e com a ambigüidade.

A cada ano, nossos químicos produzem milhares de novas substâncias, muitas das quais derivadas de produtos naturais. Tra-

ta-se de um exemplo da criatividade humana no seio da criatividade de natural como um todo. Esse espanto nos leva a respeitar os outros. Ninguém é dono da verdade absoluta, se é que essa expressão significa alguma coisa. Acredito que Richard Tarnes esteja certo: “A paixão mais profunda da alma ocidental é redescobrir a unidade com as raízes de seu ser”.

Essa paixão leva à afirmação prometéica do poder da razão, mas a razão pode também conduzir à alienação, a uma negação daquilo que dá valor e significado à vida. Cabe às futuras gerações construir uma nova coerência que incorpore tanto os valores humanos; cabe à ciência construir algo que ponha fim às profecias referentes ao “fim da ciência”, ao “fim da história” ou até quanto ao advento da “pós-humanidade”.

Estamos apenas no começo da ciência, e muito distantes do tempo em que se acreditava possível descrever todo o universo em termos de algumas poucas leis fundamentais. Identificamos o complexo e o irreversível no domínio microscópico (associado às partículas elementares), no domínio macroscópico que nos cerca e no domínio da astrofísica. Cabe às futuras gerações construir uma nova ciência que incorpore todos esses aspectos, porque, por enquanto, a ciência continua em sua infância.

Da mesma forma, o fim da história poderia ser o fim das bifurcações e a realização das visões de pesadelo de Orwell ou Huxley quanto a uma sociedade atemporal que perdeu sua memória. Cabe às futuras gerações manterem-se vigilantes para garantir que isso jamais aconteça. Um sinal de esperança é o de que o interesse pela natureza e o desejo de participar da vida cultural jamais foi tão intenso quanto agora. Não precisamos de nenhum tipo de pós-humanidade. Cabe ao homem dos dias atuais, com seus problemas, dores e alegrias, garantir sua sobrevivência no futuro. A tarefa é encontrar a estreita via entre a globalização e a preservação do pluralismo cultural, entre a violência e a política, entre a cultura da guerra e a cultura da razão. São responsabilidades pesadas.

Uma carta às gerações futuras é sempre e necessariamente escrita a partir de uma posição de incerteza, de uma extrapolação arriscada do passado. No entanto, continuo otimista. O papel dos pilotos britânicos foi crucial para decidir o desfecho da Segunda Guerra Mundial. Para repetir uma palavra que usei com frequência nesse texto, constitui uma “flutuação”. Conho em que flutuações como essa surgirão sempre, para que possamos navegar seguros entre os perigos que hoje percebemos. É com essa mensagem de otimismo que eu gostaria de encerrar esta carta.

A redescoberta do valor e a abertura da economia²

I

Somente no século 19 encontramos a disciplina chamada de economia. Nessa época, o mundo ocidental estava dominado pelo dualismo cartesiano. De um lado, a matéria, “res extensa”, descrita por leis determinísticas, do outro, a “res cogitans”, associada com a mente humana. A distinção fundamental entre mundo físico e mundo espiritual, o mundo dos valores humanos era, então, aceita. Quando Thomas Hooke redigiu os estatutos da *Royal Society* em 1663, afirmou que o objetivo da Sociedade consistia em “melhorar o conhecimento das coisas naturais, de todas as Artes utilitárias, manufaturas...” agregou a frase, “sem mexer com a Divindade, a Metafísica, a Moralidade, a Política, a Gramática, a Retórica e a Lógica”. Esses estatutos já encarnavam a divisão dos modos de conhecimento, que C. P. Snow chamaria mais tarde as “duas culturas”³. Essa separação rapidamente assumiu o tom de uma hier-

² Introdução Lois Martin Garcia. Este texto faz parte do livro: “Os princípios evolucionários da economia”

³ Charles Snow. *As Duas Culturas e uma segunda leitura*: uma visão ampliada das Duas Culturas e a revolução científica. Tradução Gerardo Carlson de Souza e Renato de Azevedo Rezende Neto. São Paulo: EDUSP, 1995.

rargua, pelo menos na visão dos cientistas. De um lado tínhamos as leis da natureza, das quais a lei de Newton (aceleração proporcional à força) era o mais importante exemplo. Estas leis (que hoje incluem a mecânica quântica e a relatividade) têm dois aspectos gerais: são determinísticas (se você souber as condições iniciais, tanto o futuro quanto o passado são determinados) e reversíveis no tempo. O passado e o futuro desempenham o mesmo papel. Por isso, a ciência passou a ser associada com a certeza.

Muitos historiadores acreditam que um papel essencial nessa visão da natureza foi desempenhado pelo Deus Cristão, concebido no século 17 como um legislador onipotente. A teologia e a ciência concordaram. Como Leibniz escreveu: "na menor das substâncias, olhos tão penetrantes quanto os de Deus poderiam ler imediatamente toda a seqüência das coisas no universo, *quae sint, quae fuerint, quae mox futura trahantur* (que são, que foram, que acontecerão no futuro). A descoberta das leis determinísticas da natureza estava, assim, trazendo o conhecimento humano para mais perto do ponto de vista divino, atemporal. Outras formas de conhecimento, associadas com a ciência econômica ou social, tinham um status menor, referiam-se a acontecimentos, e continham possibilidades em vez de certezas.

Não é de se estranhar que John Stuart Mill tenha escrito: "A Ciência da natureza humana está muito aquém dos padrões de exatidão já realizados pela Astronomia; mas não há razão para não ser tão científica quanto o estudo das marés o é, mesmo a própria Astronomia...".

Curiosamente, as últimas décadas mostraram, porém, uma tendência oposta. A ciência clássica enfatizou a estabilidade e o equilíbrio; agora vemos instabilidades, flutuações e tendências evolucionárias em todos os níveis da ciência, da cosmologia à química e à biologia.

Whitehead já havia dito que havia dois ideais que emolduraram a história do mundo ocidental: A inteligibilidade da

natureza, cujo objetivo consistia em "formar um sistema de idéias gerais que seja necessário, lógico e coerente, em função do qual todos os elementos da nossa experiência possam ser interpretados" e o Humanismo, estreitamente associado à idéia de democracia, que enfatiza a liberdade, criatividade e responsabilidade humanas⁴. A idéia do humanismo implica a escolha e a idéia do valor.

Durante muito tempo parecia que essas metas eram incompatíveis. Epicuro havia percebido que estávamos diante de um dilema. Sucessor de Demócrito imaginava o mundo constituído por átomos em movimento no vazio. Além disso, concluiu que os átomos caíam com a mesma velocidade em caminhos paralelos dentro do vazio. Então, como podiam colidir? Como poderia aparecer a novidade associada às novas combinações de átomos? Para Epicuro, o problema da ciência, da inteligibilidade da natureza e do destino humano, não podiam ser separados. Qual poderia ser o sentido da liberdade humana no mundo determinístico dos átomos? Epicuro escreveu para Meneceu: "A nossa vontade é autônoma e independente e é a ela que podemos atribuir elogios ou censura. Assim, para mantermos nossa liberdade, teria sido melhor ficar atrelado à crença nos deuses em vez de sermos escravos da fatalidade dos físicos⁵. O primeiro nós dá a esperança de ganhar a benevolência dos deuses por meio de promessas e sacrificios, o segundo, pelo contrário, traz consigo uma necessidade inescapável".

Epicuro supôs que tinha encontrado a solução para esse dilema: o *clinamen*. Como foi expresso por Lucrecio "enquanto os primeiros corpos estão sendo empurrados para baixo pelo seu próprio peso em linha reta através do vazio, em horas bem

4 WHITEHEAD, A. N. *Processus et Realitas*. [Processo e realidade]. Paris: Collinard, 1995, p. 45.

5 Provavelmente Epicuro estava pensando nos estóicos, que acreditavam em um tipo de determinismo universal.

6 No epicurismo, o *clinamen* designa o desvio espontâneo que sofrem os átomos. [N.R.]

incertas e lugares incertos, eles se desviam apenas um pouco do seu curso, o que poderia ser entendido como uma mudança de direção". Mas nenhum mecanismo foi apresentado para esse "clínamen". Não é de estranhar que fosse considerado um elemento estranho e arbitrário.

Com o triunfo da visão de mundo newtoniana, parecia que não haveria um lugar para a escolha e, conseqüentemente, para valores. Numa mensagem para o grande poeta indiano Tagore, Einstein escreveu:

Se a lua, enquanto efetua o seu eterno curso ao redor da Terra, fosse dotada de auto-consciência, estaria profundamente convencida de que se move por sua própria vontade, em função de uma decisão tomada de uma vez por todas. Da mesma forma, um ser dotado de uma percepção superior e de uma inteligência mais perfeita, ao olhar o homem e suas obras com introspecção, sorriria da ilusão que esse homem tem de agir segundo a sua própria vontade livre. Esta é a minha convicção, apesar de saber muito bem que não é plenamente demonstrável. Se pensássemos, até as últimas conseqüências, sobre exatamente o que sabemos e entendemos, poucos seres humanos permaneceriam insensíveis a essa idéia, na medida em que o amor de si mesmos não os fizesse rebelar-se contra ela. O Homem defende-se contra a idéia de que é um objeto impotente no curso do Universo. Mas o caráter legal dos eventos, que se afirma de maneira mais ou menos clara na natureza inorgânica, deveria cessar de se verificar ante as atividades de nosso cérebro⁷.

Para Einstein, essa era a única posição compatível com os avanços da ciência. Essa conclusão é, porém, tão difícil de aceitar para a mente moderna quanto o era para Epicuro. Não é de surpre-

7 Apud DUTTA, K.; Robinson, A. *Rabindranath Tagore*. London: Bloomsbury, 1995.

ender que o grande historiador Alexander Koyré tenha escrito:

Ainda há algo que Newton – e não apenas ele, mas a ciência moderna em geral – podem ser culpabilizados: a divisão do nosso mundo em dois. Eu afirmo que a ciência moderna quebrou as barreiras que separavam o céu da terra, uniu e unificou o universo. E isso é verdade. Mas, fez isso com a substituição do nosso mundo de qualidade e sentido de percepção, o mundo no qual vivemos, amamos, morremos, por outro mundo, o da quantidade, da geometria reificada, um mundo no qual há um lugar para cada coisa e nenhum lugar para o homem. Por isso, o mundo da ciência – o mundo real – ficou alienado e completamente divorciado do mundo da vida, e a ciência tem sido incapaz de explicar ou de livrar-se dele chamando-o de 'subjetivo'. É verdade que esses mundos encontram-se hoje – e cada vez mais – conectados pela prática. Para a teoria, porém, eles são separados por um abismo. Dois mundos: isso significa duas verdades. Ou nenhuma verdade. Essa é a tragédia do mundo moderno, que 'solucionou o enigma do universo', mas colocou outro enigma em seu lugar: o enigma de si mesmo⁸.

Um dado curioso é que Newton não podia ser considerado um newtoniano. Pelo contrário, acreditava em um mundo evolucionário. O mundo podia entrar em *confusão* e o *agente* (Deus?) teria que repará-lo.

Gostaria de enfatizar que, graças aos avanços recentes da física e da matemática, podemos agora superar a dualidade cartesiana e chegar a um quadro reunificado que englobe as duas metas do mundo ocidental descritas por Whitehead. Isso tem conseqüências importantes, pois restaura a idéia de valor e abre a ciência econômica, trazendo-a mais para perto das ciências naturais.

8 A. Koyré. *Newtonian Studies* [Estudos newtonianos]. Chicago: University of Chicago Press, 1968. p. 138-39.

Em busca da certeza ²⁰

Na conclusão de seu célebre livro *Uma breve história do tempo*²¹, Stephen Hawking afirma que estamos próximos do momento em que poderemos decifrar o espírito de Deus e, assim, decretar o fim da ciência. Quando a "teoria completa" do universo for descoberta, restará apenas uma única questão: porque nós e o universo existimos? Se encontrarmos resposta para esta questão, será o triunfo último do espírito humano...

A conclusão de Hawking traduz a concepção tradicional da-
quilo que deveria ser o objetivo primordial da física. Já fazem três séculos que W. Leibniz, um dos fundadores da ciência moderna, es-
creveu: se conhecermos as causas plenas e os efeitos inteiros, nosso conhecimento será comparável ao que Deus possui do mundo que ele criou. Ainda é muito presente em nossos dias a idéia de uma te-
oria do tudo, de uma teoria final. Isto pode ser constatado por meio do testemunho de dois livros recentes, *Dreams of a Final Theory*²², de Steven Weinberg, e *The God Particle*²³, de Leo Lederman.

20 Tradução Isa Heitzel e Maurício Macedo. "A quietude de la certitude" In: *Temps cosmique/Histoire humaine*. [Tempo cósmico/história humana] Paris: Librairie Philosophique J. Vrin, 1996.

21 S. Hawking, *A Brief History of the Time* [Uma Breve história do tempo], New York: Bantam Books, 1988.

22 S. Weinberg, *Dreams of a Final Theory* [Sonhos de uma teoria final], New York: Pantheon Books, 1992.

23 L. Lederman, *The God Particle* [A partícula Deus], Boston: Houghton Mifflin, 1993.

O programa de uma teoria final é ambicioso. Leibniz afirmava que, aos olhos penetrantes de Deus, a menor das substâncias permitiria ler a totalidade do universo. Se a teoria final não nos desse essa possibilidade, pelo menos nos forneceria o princípio dessa leitura. Como na visão divina, nela não existiria diferença entre passado, presente e futuro.

É incontestável que a ambição de acessar à certeza esteve na base da convicção de que a expressão mais completa da ciência é dada pela racionalidade humana. Mesmo nas ciências sociais ou políticas, o progresso devia se traduzir por uma aplicação das leis científicas à sociedade. Estas deveriam seguir o modelo proposto pela física e, assim, atingir igualmente a certeza.

Com efeito, a formulação das leis da natureza pela mecânica clássica exprime com a maior limpidez a convicção segundo a qual a ciência conduz à certeza. Um exemplo bem conhecido é a lei do movimento de Newton, $f = ma$. O efeito de uma força f sobre um corpo de massa m é medido por essa massa multiplicada pela aceleração a que a força determina. A característica principal desta lei é seu caráter determinista. Se conhecermos as condições iniciais de um sistema regido pelas leis da mecânica clássica, poderemos prever não importa qualquer estado, passado ou futuro, que seja pertencente à sua trajetória. Por outro lado, a lei de Newton é reversível em relação ao tempo. Se substituímos t por $-t$ na equação do movimento newtoniano, esta lei permanece invariante. Em outros termos, a trajetória pode descrever adequadamente a evolução de um estado A para um estado B posterior, ou de um estado B para um estado A , definindo essas duas evoluções como estritamente equivalentes. Essas duas características fundamentais sobreviveram às revoluções da física do século XX, à teoria quântica e à relatividade. A equação de base da teoria quântica, a equação de Schrödinger, descreve a evolução no tempo das amplitudes de probabilidades e não mais das trajetórias, o que revela a novidade revolucionária da teoria. Essa equação permanece, porém, determinista e reversível no tempo.

A idéia de lei da natureza tem uma conotação legal. Tudo se passa como se a natureza fosse obrigada a cumprir leis. Esta idéia encontra-se ausente em outras culturas. Na China, por exemplo, a idéia dominante era a de uma harmonia cósmica espontânea que integrava a natureza, a sociedade e os Céus. Mesmo no pensamento ocidental, ela só se tornou prevalecte com o triunfo da física.

Para Aristóteles, os seres vivos não eram submetidos às leis e a sua atividade respondia a uma causalidade interna autônoma. Cada ser vivo tendia a realizar sua própria verdade específica. Mesmo entre aqueles que podemos considerar como precursores da idéia de leis deterministas, coloca-se o problema da possibilidade de uma redução do evento à lei. Assim, Lucrecio introduziu o *clinamen*, algo que perturbava a queda vertical e uniforme dos átomos no vazio. Para ele, esta é a condição sine qua non, sem a qual é impossível pensar a novidade. É surpreendente que, dois mil anos mais tarde, Einstein teve de admitir que a descrição do átomo quântico devia integrar também a lei e o acontecimento. A propósito da emissão espontânea de luz pelo átomo excitado, ele escreveu: «o momento e a direção dos processos elementares são determinados pelo acaso».

Sem dúvida, a consequência mais surpreendente da redução da natureza às leis deterministas e reversíveis no tempo é a negação da flecha do tempo que ela mesma engendra. A flecha do tempo implica a existência de uma diferença intrínseca entre o passado e o futuro constituindo-se, certamente, como um elemento crucial da existência humana. Não podemos pensar ou agir sem pressupô-la. Ela marca, igualmente, a quase totalidade dos fenômenos com os quais trabalhamos na natureza ou no laboratório, quer se trate da termodinâmica, da química ou da biologia. Independentemente da direção para onde nos voltamos, o objeto ao qual nos referimos exprime a diferença entre passado e futuro. O paradoxo do tempo que se encontra no cerne de nossa concepção de natureza reside no fato de que a flecha do tempo pode emergir do não-tempo, de uma natureza submetida às leis clássicas ou quânticas.

A assimilação da inteligibilidade à conquista de uma certeza é responsável pela separação do que denominamos freqüentemente «*as duas culturas*». Quando se trata de nossas vidas ou de nossas sociedades, não somente sabemos que não podemos atingir a certeza, mas também que o próprio propósito de atingi-la não parece coerente. A compreensão que temos de um outro ser humano não é medida nestes termos. Uma forma de dualismo cartesiano é inevitavelmente integrada, de um lado, na divergência radical entre o ideal de conhecimento inspirado pelas leis físicas e, de outro, no que se pressupõe ser a menor das interações entre seres humanos: a possibilidade de criar uma diferença com o outro, de se fazer compreender por ele e de convencê-lo.

No livro «*The Emperor's New Mind*»²⁴, Roger Penrose escreve que 'é a nossa falta atual de compreensão das leis fundamentais da física que nos impede de abordar o conceito de espírito em termos físicos ou lógicos'. Penso que Penrose tem razão na medida em que a nossa concepção atual das leis da física nos impede de ter qualquer esperança de coerência, capaz de criar uma contradição radical entre o mundo descrito pela física e o espírito, quer este designe a consciência do pensador ou a experiência do ser vivo. O dualismo que sobreviveu por meio dos enunciados da física contemporânea é bem mais radical do que o de Descartes. Ele não opõe somente o mundo material à consciência humana. Além disso, opõe duas formas de temporalidade logicamente incompatíveis: por um lado, a de um mundo autômato, submetido como o pêndulo ideal às leis que conferem um papel simétrico ao passado e ao futuro e, por outro a que supõe, requere e afirma o comportamento do ser vivo, a relação aberta e criadora de significação que une o menor dos seres vivos ao seu meio.

A oposição dualista parece hoje em dia bem mais radical que

24 R. Penrose. *The Emperor's New Mind*. [A nova mente do imperador]. Londres: Vintage Press, 1990.

na época de Descartes, certamente pelo fato de que a ciência contemporânea nos impede de conceber o ser vivo como um simples autômato. Sabemos que uma ameba se orienta num meio criado por sua atividade que consiste em criar um gradiente de concentração química e, com isso, estabelecer uma diferença entre um passado pobre em recursos nutritivos e um futuro onde ela poderá sobreviver. Essa oposição foi, porém, igualmente exacerbada pelo enunciado explícito que determinei o *paradoxo do tempo*.

O paradoxo do tempo não foi formulado na época de Descartes, e nem tampouco quando Newton e Leibniz formularam os princípios do que chamamos de dinâmica clássica. Esse paradoxo surgiu do confronto que marcou a segunda metade do século 19 entre duas descrições contraditórias dos fenômenos físicos: a primeira delas é aquela que responde a leis, entre as quais o exemplo mais simples é o da lei de Newton, enquanto a outra respondia às concepções evolucionistas da termodinâmica. Este confronto levou à solução que sempre dominou a física contemporânea, a identificação da expressão «*flecha do tempo*», que constitui o segundo princípio da termodinâmica, decorrente das aproximações que introduzimos na descrição dos fenômenos. Do ponto de vista do demônio de Maxwell, que observa o caos das moléculas enquanto conjunto de movimentos obedientes às leis da dinâmica, não existe nenhuma diferença entre uma evolução que leva a população de moléculas para o equilíbrio termodinâmico e uma evolução que a distancie dele. Desde a interpretação probabilística do segundo princípio, dada por Maxwell e aceita por Boltzmann, o paradoxo do tempo encontra-se no coração da física: é pelo simples motivo de sermos observadores imperfeitos que nos confrontamos com um mundo no qual as diferenças se equiparam irreversivelmente e os seres vivos nascem e morrem. Para uma descrição explicitamente submissa às leis da dinâmica, a verdade do mundo pode ser traduzida numa realidade que não estabelece nenhuma diferença entre passado e futuro.

Mesmo que o paradoxo do tempo nos remeta à história da Física, sua solução constitui um problema relevante para ela. Será que as leis da dinâmica clássica, assim como a equação quântica de Schrödinger, podem efetivamente pretender constituir a verdade escondida dos fenômenos caracterizados por grandezas com simetria temporal rompida, tais como o tempo de vida das partículas excitadas ou o tempo de relaxamento dos sistemas da mecânica estatística? A resolução desse paradoxo não é de grande importância apenas para a Física. Ela é importante, também, para a concepção que temos da natureza e para o significado que atribuímos às leis da natureza. Isso pode ser explicado pelo fato de estarmos vivendo hoje um momento apaixonante da história de nosso diálogo com a natureza, em que estão sendo criados os instrumentos necessários para sua resolução. Trata-se, evidentemente, de um problema de amplas dimensões e certas dimensões (extremamente técnicas) não serão desenvolvidas no âmbito deste artigo²⁵. A percepção qualitativa que utilizarei deverá ser suficiente para mostrar como a Física pode escapar ao dualismo (que, como Penrose enfatizou, nos condena à incoerência), a partir do momento em que se queira afirmar que o sujeito do conhecimento pertence ao mundo que ele interroga. Escapar ao dualismo, evidentemente, não implica reduzir o sujeito do conhecimento a uma descrição física ou química. A coerência que se anuncia é a de um mundo onde, em todos os níveis, se afirma que a própria possibilidade da história que conduziu ao aparecimento dos seres humanos e suas sociedades não teria sentido sem a flecha do tempo, o acontecimento e a possibilidade para o evento de constituir uma diferença, isto é, de estar associado à criação de novos tipos de comportamento.

Podemos distinguir três períodos na história do paradoxo do tempo. A formulação desse paradoxo corresponde ao primeiro

25 Ver I. Prigogine, *La fin des certitudes*, Paris: Odile Jacob, 1996. [ed. bras.: *O fim das certezas – tempo, caos e as leis da natureza*. Tradução Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora Unesp, 1996]. (N.R.)

período, ao qual já nos referimos: por um lado, as leis reversíveis da física foram aceitas como fundamentais enquanto, por outro, as descrições marcadas pela flecha do tempo caracterizavam os limites da consciência humana. Este período é marcado pelo drama de Boltzmann, forçado a capitular diante das críticas suscitadas por sua interpretação cinética do segundo princípio. Boltzmann havia pensado que as leis do movimento aplicadas à uma população numerosa de partículas em interação, e não a partículas isoladas, poderiam dar sentido à evolução irreversível dessa população na direção do equilíbrio. Mas ele foi forçado a se render àquilo que se tornou para nós uma evidência: é preciso escolher entre a termodinâmica irreversível e a dinâmica de trajetórias reversíveis. Esta escolha que presidiu o desenvolvimento da física do século 20, como Einstein tantas vezes repetiu, traz consigo a implicação de que o tempo (tal como foi associado à irreversibilidade) é somente uma ilusão.

O segundo período é marcado pelo ressurgimento do paradoxo do tempo durante as últimas décadas, com o nascimento da Física e da Química do não-equilíbrio. Até esse momento, a irreversibilidade havia sido associada a fenômenos de perda e de nivelamento espontâneos. O termo «dissipativo», que designa a classe das evoluções irreversíveis, tinha uma conotação negativa: designava tanto a fricção que amortece progressivamente o movimento de um pêndulo, quanto a viscosidade que afeta o movimento dos fluidos. Começamos hoje a compreender o papel constitutivo da irreversibilidade. Em condições de não-equilíbrio, a matéria adquire novas propriedades que são decisivas para nossa compreensão da natureza. Ela torna-se capaz de assumir comportamentos coletivos coerentes no tempo – tais como o dos relógios químicos (reações químicas periódicas) – ou no espaço, como o das estruturas de Turing²⁶. Não é mais possível relegar a flecha do tempo ao domínio

26 Ver por exemplo G. Dewel, C. Vidal e P. Borckmans, *Lois de l'équilibre [longe de l'équilibre]*, Paris: Hermann, 1994.

das ilusões, pois a diferença entre equilíbrio e não-equilíbrio, nele implicada tornou-se um elemento indispensável de nossa compreensão dos fenômenos naturais, desde os turbilhões hidrodinâmicos até o regime de atividade dos seres vivos. Negar a flecha do tempo é voltar a definir como ilusório o modo de atividade da matéria associada desde os gregos à *physis*, a partir do qual o aparecimento da vida sobre a Terra pode tornar-se um problema, mas não um milagre estatístico impermeável à inteligibilidade.

A emergência das ciências do não-equilíbrio transformou a significação do paradoxo do tempo. Em sua formulação usual, clássica ou quântica, as leis fundamentais da natureza não definiam mais uma inteligibilidade ideal, a do demônio de Laplace ou de Maxwell, mas questionavam no que consistia a cegueira desses demônios: sua abordagem os tornava incapazes de problematizar a diferenciação qualitativa entre os regimes de atividade da matéria, de estudar a natureza de forma a associar ordem e desordem, regularidade e caos, repetição e novidade. Em outros termos, não é mais possível associar as estruturas de não-equilíbrio que observamos todos os dias no laboratório e no mundo circundante às aproximações que traduziriam a imperfeição do nosso conhecimento. Na Física, o papel construtivo dos fenômenos irreversíveis torna incontornáveis as consequências absurdas do paradoxo do tempo. De nossa parte, somos os filhos do tempo e não os seus genitores.

É por isso que a questão destas leis é colocada hoje de um modo novo. Entramos no terceiro período da história do paradoxo do tempo, que marca a retomada da questão do limite de validade das leis que afirmam a simetria temporal fundamental dos comportamentos físicos. Sem a intervenção de aproximações, de hipóteses que se referem a um limite de nossos conhecimentos, é possível estender a descrição dinâmica dos sistemas clássicos e quânticos de tal forma que esta descrição inclua a irreversibilidade?

A noção de probabilidade está no cerne do problema. Na dinâmica clássica, o objeto primordial que organiza o conjunto da

descrição e define o ideal de inteligibilidade é a trajetória cujo comportamento é reversível e determinista. A noção de probabilidade é introduzida a partir da idéia de conjuntos de trajetórias, definidas em termos de distribuições de probabilidades. Segundo a formulação usual, a distribuição de probabilidade é redutível: ela traduz simplesmente uma informação parcial quanto às condições iniciais do sistema descrito. Se essa informação é perfeita, a descrição em termos do conjunto se reduz à de uma única trajetória. A mesma situação caracteriza a mecânica quântica, cujo objeto primordial é a função de onda de Schrödinger. A extensão da dinâmica clássica e quântica requer a definição de sistemas caracterizados por uma distribuição irredutível de probabilidade.

Conceber as leis fundamentais da Física em termos irredutivelmente probabilísticos, significa uma transformação radical de sua significação. Como indicarei mais adiante elas designam agora não mais a certeza, mas a definição de possibilidades, enquanto modalidade fundamental da inteligibilidade física. É preciso lamentar esse fato? Posso lamentar que as palavras que utilizo hoje, que a impressão de novidade e risco que suscita a própria idéia de uma extensão das mais antigas e respeitadas leis da Física não seja o resultado de uma evolução prescrita desde o primeiro momento do universo e que ela se encontra inscrita na dinâmica das partículas elementares desde o momento do «Big Bang»? Sem estabelecer limites, prefiro pensar que o Universo é um *devis*, assim como a natureza e o homem. A nova formulação das leis da natureza, que articula as noções de lei e evento, não unifica esses *devis* múltiplos, mas reitera sua coerência. Todos partilham a mesma flecha do tempo, a mesma abertura em direção ao futuro. O seu futuro é também o meu futuro, do núcleo radioativo que um dia se desintegrará e, também, do sol.

A afirmação dessa unidade permite a apreciação da diversidade. Nesse lugar onde escrevo, existe ar, uma mistura de gás próximo do equilíbrio e altamente desordenado. Também existem plantas cujo regime de existência maravilhosamente estável

e coerente não seria possível perto do equilíbrio. Escrevo para leitores cuja temporalidade é bem mais complexa ainda, pois apelo para sua memória a fim de tentar suscitar neles novas possibilidades, uma nova concepção das leis físicas. A fuga de Bach que ressoa no aposento me fornece a melhor analogia desse Universo cuja unidade e o dever tento pensar. Ela responde a regras estritas, mas essas regras não são suficientes. Elas são apenas as condições para o evento inesperado, para a produção daquilo que as supera. Sempre pensei que o único modelo satisfatório para o Universo, uma mistura de devir, regularidades e eventos, era a obra de arte, sobretudo a obra musical que constrói seu próprio tempo e cria a estreita via que lhe permite escapar tanto do arbitrário quanto da previsibilidade. É isso que permite hoje à física de escapar de um duplo pesadelo: o de um mundo autômato, em que não há nenhum lugar para a novidade, e o de um mundo absurdo, acausal, dominado por um acaso cego.

Limitando-me a algumas considerações muito esquemáticas, resta-me descrever a maneira como podemos compreender hoje a extensão da dinâmica, ou melhor dizendo, a nova formulação das leis físicas centradas em torno das distribuições probabilísticas irreduzíveis.

Em si mesmo, esse desenvolvimento constitui um exemplo da criatividade singular da física, nascida do diálogo entre as exigências da experimentação e da inventividade da linguagem matemática. O grande edifício das leis clássicas e quânticas da física traduz essa mesma criatividade. Para modificá-lo, não era suficiente apelar a hipóteses *ad hoc* ou a argumentos de bom senso. É somente porque novos instrumentos matemáticos, que não existiam na época de Boltzmann e novos problemas físicos como aqueles que descrevem os sistemas dinâmicos instáveis ou caóticos, nos permitem formular novas exigências e questões, que a resolução do paradoxo pode satisfazer a ambição que preside a história da Física, ou seja, a construção de uma relação

sempre mais forte entre pertinência experimental e invenção matemática.

O problema físico tinha sido formulado por Poincaré mas apenas nas últimas décadas foi reconhecido como fonte de renovação para a dinâmica. É o problema da não-integrabilidade da vasta maioria dos sistemas dinâmicos. Como ele demonstrou, os sistemas estáveis, cujas equações do movimento podem ser resolvidas e a trajetória definida de forma explícita, são extraordinariamente raros. Foi preciso, porém, esperar a criação de instrumentos que permitissem explorar a diversidade dos comportamentos dinâmicos dos sistemas não-integráveis para que esse obstáculo ao conhecimento se tornasse um problema fecundo, ou seja, para que a semente lhança entre sistemas dinâmicos regidos pelas mesmas equações (canônicas) fosse substituída pela questão da diversidade de seus comportamentos.

Esses sistemas dinâmicos não-integráveis que batizamos de grandes sistemas de Poincaré, correspondem ao conjunto de situações estudadas pela mecânica estatística desde Boltzmann; situações em que a descrição incorpora os dados observáveis de simetria quebrada, como o coeficiente de difusão ou o tempo de relaxamento. Do ponto de vista dinâmico, esses sistemas são caracterizados por ressonâncias, que Poincaré considerou como obstáculos à integração das equações do movimento. Por outro lado, eles são caracterizados por interações persistentes. A intuição de Boltzmann, segundo a qual devia haver uma diferença qualitativa entre as descrições de uma colisão (instituindo uma interação apenas transitória, isolável pelo pensamento) e de uma multiplicação de colisões (que caracteriza uma população de moléculas) é confirmada pelos grandes sistemas de Poincaré. Enquanto a descrição desses sistemas em termos de trajetórias se choca com as ressonâncias de Poincaré, uma abordagem centrada na noção de distribuição de probabilidade permite construir a significação dinâmica daquilo que, efetivamente observamos.

Ao utilizar por um instante o jargão matemático, quero deixar claro que a multidão de colisões e, de forma mais geral, as interações que caracterizam ao nível microscópico de qualquer sistema termodinâmico submetido ao segundo princípio, precisam recorrer às funções de distribuição deslocalizadas, que descrevem o conjunto do sistema. Um sistema termodinâmico é um grande sistema caracterizado por um volume V e um número de partículas N que tendem ambos para o infinito, com a relação N/V , sendo que a concentração permanece constante. A manipulação dessas funções exige novos instrumentos matemáticos, da mesma forma que a introdução da gravitação na relatividade de Einstein exigiu geometrias não-euclidianas. O resultado disso é uma descrição estatística irreduzível, isto é, não redutível a uma descrição em termos de trajetória ou de função de onda e o ideal de certeza que elas contêm. A probabilidade torna-se a noção fundamental que só reconduz à certeza nos casos mais simples, como nos sistemas integráveis de Poincaré.

Em decorrência disso, a significação das leis da natureza encontra-se profundamente alterada, e isso ao nível de sua formulação fundamental, dinâmica. De agora em diante, as possibilidades que elas exprimem não autorizam mais referências a uma descrição mais completa que seria determinista. Além do mais, a simetria temporal é rompida: futuro e passado deixam de exercer papéis equivalentes. As leis da natureza descrevem um mundo que exige ser compreendido num modo histórico e não-dedutivo. A física das leis abre-se, assim, de forma coerente, às noções de acontecimentos e de novidade, sem as quais aquilo que chamamos de natureza seria incompreensível.

A transformação radical do nível de significação que acabei de esboçar, e que faz a trajetória passar do estatuto de noção central para o de caso singular, é o ponto de encontro entre a inventividade dos matemáticos e a renovação da inteligibilidade da Física. Do ponto de vista matemático, ela fornece um papel central à análise

funcional e suas restrições exercidas sobre as diferentes classes de função. É por causa delas que a representação probabilista de simetria temporal quebrada dos grandes sistemas de Poincaré é irreduzível, ou seja, que a passagem da descrição em termos de conjunto àquela do sistema individual é impossível. Do ponto de vista físico, essa transformação revela os limites do ideal de conhecimento que constitui a trajetória. Longe de constituir uma representação aproximativa, a representação probabilística incorpora informações adicionais na descrição física tais como a deslocalização das funções de distribuição.

Da mesma forma em que, na dinâmica clássica, os grandes sistemas de Poincaré impõem o abandono da trajetória, na mecânica quântica eles impõem o abandono da função de onda. Certamente, na mecânica clássica, cada objeto continua a se mover seguindo uma trajetória, que nada mais é do que a realização particular de uma lei estatística. Uma crítica semelhante se aplica à mecânica quântica. Nesse caso, a ampliação do formalismo tem por consequência o fim não apenas do paradoxo do tempo, mas também do bem conhecido paradoxo da medida. O formalismo quântico usual colocava sobre a intervenção do instrumento de medida a responsabilidade da passagem das amplitudes de probabilidade definidas pela função de Schrödinger às probabilidades que nós observamos. A significação dessa intervenção permanecia, porém, ininteligível em termos físicos, o que levou certos físicos à idéia de que é a decisão consciente do sujeito humano ao escolher utilizar um sistema físico, enquanto instrumento de medida, que é responsável pelas probabilidades observáveis. Desde então, essa interpretação subjetivista perdeu toda a sua razão de ser. A definição de interação, susceptível de conferir significação às probabilidades quânticas, diz respeito unicamente à Física, pois toda interação que questiona o grande sistema de Poincaré responde a essas condições. A questão da medida não é essencialmente diferente nas mecânicas quântica e clássica. Nos dois casos, a escolha

feita pelos humanos do uso de um fenômeno físico, definindo-o como produtor de informações, constitui certamente uma invenção, mas uma invenção em que a possibilidade é inteligível do ponto de vista da definição física do fenômeno.

É tempo de concluir. Até os últimos anos, a concepção de natureza sustentada pela Física enfatizou a estabilidade e o equilíbrio. A biologia e a história humana apareciam então como anormais, distanciando-se do comportamento normal atribuído à matéria. Era assim que o grande biólogo Jacques Monod propunha conceber o aparecimento da vida sobre a Terra, verdadeiro milagre estatístico ao qual a natureza e nós mesmos devíamos nossa existência. O que vemos hoje é a instabilidade, as flutuações, a irreversibilidade em todos os níveis. Estamos no limiar de um novo capítulo da história dos saberes que requerirá novos instrumentos e novos conceitos, vetores de novos tipos de coerência para os quais a assimilação da racionalidade científica ao reducionismo e ao dualismo é algo que pertence ao passado.

No limiar dessa nova história, podemos nos perguntar sobre como, depois de René Descartes, a busca da certeza pode aparecer como sinônimo de triunfo da inteligibilidade. S. Toulmin, em seu interessante ensaio *Cosmopolis*²⁷, explicita as circunstâncias que levaram Descartes a esta busca. Ele enfatiza a situação trágica do século 17, um século de instabilidade política e de guerras religiosas. Descartes quis atingir uma certeza que todos os seres humanos, independentemente de sua religião, poderiam partilhar. Foi isso que o conduziu a fazer do seu famoso *cogito* o ponto de partida de sua filosofia e a exigir que a ciência fosse fundada sobre as matemáticas, a única via segura no caminho da certeza. Em ciência essa procura das certezas finalmente encontrou seu desfecho supremo na noção de leis da natureza, associada à obra de Newton. Há três séculos que essas leis permanecem como modelo para a física.

27 S. Toulmin. *Cosmopolis*. Chicago: Chicago University Press, 1990.

Existe uma analogia relevante entre a análise que Toulmin propõe da situação histórica e existencial da busca cartesiana e aquela que podemos fazer da atitude de Einstein em relação à ciência. Para Einstein a ciência permitia igualmente escapar aos tormentos da existência quotidiana. Ele não comparava a vocação que conduzia às ciências ao «desejo ardente que atrai o cidadão fora de seu meio barulhento e confuso para as regiões pacíficas das altas montanhas²⁸?» Einstein tinha uma concepção profundamente pessimista da vida humana. Triunfo último da razão humana sobre um mundo decepcionante e violento, sua visão da física reforçou no século 20 a oposição entre o conhecimento objetivo e o campo do incerto e do subjetivo.

Quando a ciência é concebida numa perspectiva histórica, associada aos dramas da história humana, a busca das certezas, com a negação do tempo e da novidade que ela implica, traduz uma recusa profunda dessa história, o desejo de um ponto de vista que permita escapar a ela. Dizemos frequentemente que a ciência é neutra. Isso é apenas parcialmente verdadeiro. Como a ciência poderia ser neutra no momento em que explora a questão de nossa posição no interior da natureza? O sentimento de alienação em relação à natureza suscitado pelo triunfo das leis da física não foi expresso somente pelas críticas da ciência. Nós o encontramos em Jacques Monod e, também, naquela observação de Steven Weinberg frequentemente citada: «quanto mais o universo torna-se compreensível para nós, mais ele nos aparece como que desprovido de sentido». Trata-se, com efeito, de um universo onde a compreensão parece nos forçar a renunciar à noção de acontecimento, a eliminar a novidade e a criatividade, sem as quais nossa vida seria desprovida de sentido. A negação do tempo, que acompanha a teoria do universo que defende Weinberg, associada ao sonho de uma

28 A. Einstein, «les principes de la recherche scientifique». [Os princípios da pesquisa científica]. In: *Comment je vois le monde* [Como vejo o mundo]. Paris: Flammarion, 1958, p. 140. [ed. bras.: Como vejo o mundo. Tradução H.P. de Andrade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981].

teoria final de tudo o que existe, faz de nós estrangeiros no mundo que buscamos compreender. Niels Bohr afirmava que nós somos, simultaneamente, atores e espectadores da realidade. Ser um ator supõe que nem tudo está dado. Vivemos num universo aberto. O futuro é incerto, mas podemos contribuir para sua construção²⁹.

²⁹ Este artigo havia sido anteriormente redigido em inglês. Agradeço calorosamente a Isabelle Stengers tê-lo traduzido, e, além disso, tê-lo melhorado em diversos pontos. Agradeço, também, à Lateria Nacional por seu constante apoio aos trabalhos de nosso grupo de pesquisa dos Institutos Solvay de Física e Química.