

A Mente de Deus

A Base Científica para um Mundo Racional

Paul Davies

"Se descobrirmos uma teoria completa, esta seria ao longo do tempo um amplo princípio compreensível por todos, não apenas por uns poucos cientistas. Logo todos, filósofos, cientistas e pessoas comuns, seriam capazes de tomar parte na discussão de por que nós e o universo existimos. Se acharmos a resposta para isso seria o triunfo final da razão humana - pois então conheceríamos realmente a mente realmente Deus." [3]

Stephen Hawking

Frase Final do livro Uma Breve História do Tempo

"Nós somos a personificação local do Cosmos, que tem crescido a consciência de si. Começamos a contemplar nossas origens: a substância estelar que medita sobre as estrelas, conjuntos organizados de dezenas de milhares de bilhões de bilhões de átomos, considerando a evolução dos átomos e traçar o longo caminho através do qual a consciência não emerge, pelo menos aqui. Falamos em nome da Terra. Nossa obrigação para sobreviver é preciso não só nós mas também para o Cosmos, antigo e vasto, que procedemos." [4]

Carl Sagan

1934 - 1996

1 A Mente de Deus

A Base Científica para um Mundo Racional

Por Paul Davies

3 No original de Paul Davies

4. Inserida por A.B.

Tabela de Conteúdos

PREFÁCIO

CAPÍTULO 1 - razão e crença

O milagre científico

Raciocínio humano e senso comum

Pensamentos sobre os Pensamentos
Um mundo racional
Metafísica: Porque é Necessária ?
Tempo e Eternidade: o paradoxo fundamental da existência

CAPÍTULO 2 - Pode o Universo criar a si mesmo?

Porque um evento de Criação?
Criação do nada
O Começo do Tempo
Visitando novamente o Mundo cíclico
Criação Contínua
Deus causou o Big Bang ?
Criação sem Criação
Universos Mãe e Filhos

CAPÍTULO 3 - QUAIS SÃO AS LEIS DA NATUREZA ?

A Origem das Leis
O Código Cósmico
As leis do Estado hoje
O que significa que algo "Existe" ?
No começo

CAPÍTULO 4 - MATEMÁTICA E REALIDADE

Números Mágicos
Mecanizando a Matemática
O que Não é computável
Por que a Aritmética funciona?
Bonecas Russas e Vida Artificial

CAPÍTULO 5 - Mundos Reais e MUNDOS virtuais

Realidade simulada
O Universo é um computador ?
O Inalcançável
Incognoscível
Programa Cósmico

Capítulo 6 - A MATEMÁTICA SECRETA .

A Matemática Está "Lá Fora"?

O computador cósmico

Porque nós ?

Por que as Leis da Natureza são Matemáticas ?

Como podemos saber algo sem saber tudo ?

CAPÍTULO 7 - Por que o mundo é da forma como ele é ?

Um universo inteligível

Uma teoria única para tudo?

Ordem Contingente

O melhor dos mundos possíveis?

A beleza como um guia para a verdade

Será que Deus é Necessário?

Um Deus bipolar e a nuvem de Wheeler

Deus existe?

Opções

Um Deus que joga dados

Resumo do capítulo .

Por que o mundo está do jeito que está ?

Um universo inteligível

Uma teoria única para tudo?

Ordem Contingente

O melhor dos mundos possíveis?

A beleza como um guia para a verdade

Será que Deus é Necessário?

Um Deus bipolar e Wheeler

Será que Deus existe?

Opções

Um Deus que joga dados

Capítulo 8 - O projetista do universo .

Unidade do Universo

A vida é muito difícil

Foi o universo projetado por um Criador inteligente?

A engenhosidade da natureza

Um lugar para tudo e tudo em seu lugar
Há necessidade de um Projetista?
Múltiplas realidades
Darwinismo Cosmológico

CAPÍTULO 9 - O MISTÉRIO NO FIM DO UNIVERSO.

O Poder da Tartaruga
Conhecimento místico
O Infinito
O que é o Homem ?

BIBLIOGRAFIA SELECIONADA

Prefácio

Quando criança, eu costumava enfurecer os meus pais porque eu sempre perguntava por quê? Porque eu não posso ir lá fora para jogar? Porque vai chover. Por que vai chover? Porque é previsto. Por que está previsto? Porque há tempestades provenientes de França. Por que ...? E assim por diante. Este incansável questionamento geralmente terminava com um desesperado "Porque Deus fez isso dessa forma, e é isso!" Minha descoberta da infância (devido ao tédio do que a acuidade filosófica) que a explicação de um fato ou circunstância necessária para se uma explicação, e essa corrente poderia continuar indefinidamente, perturbou-me desde então. Será que a cadeia de explicações realmente acabar em algum lugar com Deus, talvez, ou alguma lei super natural? Se sim, como você escapar a derradeira explicação para a necessidade de ser explicado? Em suma, pode "ele" sempre "ele"?

Quando eu era um estudante universitário descobri a capacidade da ciência para fornecer as respostas às nossas perguntas, que institui no mundo. O poder da ciência para explicar as coisas é tão surpreendente que eu achei fácil acreditar que, dados os recursos, todos os segredos do universo pode ser revelados. No entanto, a preocupação de "Porquê, porquê, porquê ...?" retorna. O que está na base de todo este magnífico esquema explicativo? O que está segurando ele? Existe um nível máximo e, em caso afirmativo, onde vem? Pode-se ficar satisfeito com uma explicação "isto é assim"?

Nos últimos anos eu comecei a temas de investigação, tais como a origem do universo, a natureza do tempo e da unificação das leis da física, e eu encontrei-me a atravessar um território que durante séculos tinha sido uma província quase exclusiva da religião . No

entanto, aqui era a ciência, dando respostas ao que tinha sido um mistério, ou descobrir que o próprio conceito daqueles mistérios que chamou o seu poder era realmente sem sentido nem errado. *Meu livro Deus e a Nova Física* [5] foi o primeiro esforço para lidar com estas ideologias. *A Mente de Deus*. [6] é uma tentativa de estudo mais aprofundado.

Desde a publicação do meu primeiro livro, muitas novas idéias surgiram na vanguarda da física fundamental: a teoria das super cordas e outras abordagens para a chamada Teoria do Tudo, da cosmologia quântica como um meio para explicar como o universo pode aparecer do nada, o trabalho de Stephen Hawking sobre o "tempo imaginário" e as condições cosmológicas iniciais, a teoria do caos e do conceito de sistemas auto-organizados, e os avanços na teoria da computação e complexidade. Além disso, tem havido um ressurgimento de interesse enorme no que pode ser grosseiramente descrita como a ciência da religião. Isto tem levado duas maneiras. Primeiro, um diálogo muito maior entre os cientistas, filósofos e teólogos sobre o conceito de criação e temas relacionados. Segundo uma tendência crescente do pensamento místico e filosofia oriental, que alguns analistas afirmaram que tem um contato profundo e significativo com a física fundamental.

Deixe-me fazer a minha posição clara desde o início. Como um cientista profissional, eu estou totalmente comprometido com o método científico. Eu acho que a ciência é um processo imensamente poderoso para nos ajudar a compreender o mundo complexo em que vivemos. A história tem mostrado que seus sucessos são extraordinários e raramente se passa uma semana sem ter feito qualquer novo progresso. No entanto, a atração do método científico vai além do seu enorme poder e alcance. Honestidade também é incondicional. Ela exige que cada nova descoberta, cada teoria, passam por testes rigorosos antes de ser aceito pela comunidade científica. É claro que, na prática, os cientistas nem sempre seguem as estratégias estabelecidas. Às vezes, os dados são confusos e ambíguos. Às vezes, questionáveis influentes teorias científicas seguram por muito tempo depois que era desacreditado. Ocasionalmente, os cientistas enganam, mas esses são aberrações. Ciência em geral leva-nos no sentido de conhecimento confiável.

5. *Deus e a Nova Física* por Paul Davies (Press Touchstone, 1984/10/01)

6. *Mente de Deus: A Base Científica para um Mundo Racional* por Paul Davies (Simon & Schuster, NY, 1992)

Eu sempre quis acreditar que a ciência pode explicar tudo, pelo menos em princípio. Muitos cientistas não negam essa afirmação vigorosa. Muitas religiões exigem a crença em, pelo menos, algum acontecimento sobrenatural, que são, por definição, impossível de conciliar com a ciência. Eu pessoalmente prefiro não acreditar em eventos sobrenaturais. Embora, obviamente, eu não posso provar que eles nunca vão, não vejo nenhuma razão para supor

que ocorram. Minha inclinação é assumir que as leis da natureza são sempre obedecidas. Mas mesmo se deixar de lado os acontecimentos sobrenaturais, não é claro que a ciência pode, em princípio, explicar tudo no universo físico. Continua a ser o velho problema sobre o fim da cadeia de explicações. Não importa o quão bem sucedido nossas explicações científicas podem ser, sempre começar a partir de determinados pressupostos iniciais são assumidas. Por exemplo, uma explicação de algum fenômeno em termos físicos, ele pressupõe a validade das leis da física, que são tidos como dados. Mas podemos perguntar onde estas leis vieram em primeiro lugar. Pode-se até questionar a fonte da lógica em que todo o raciocínio científico é baseado. Cedo ou tarde teremos de aceitar algo como dado, é Deus, a lógica, ou um conjunto de leis, ou outro fundamento para a existência. Portanto, a questão "mais recente" sempre vai estar além do alcance da ciência empírica como é habitualmente definida. Então, isso significa que as perguntas realmente profundas da existência não têm respostas? Notei a explorar cuidadosamente a minha lista dos títulos dos capítulos e seções, que uma enorme quantidade deles são perguntas. No começo eu pensei que era uma inépcia estilística, mas agora eu percebo que isso reflete a minha crença instintiva que é provavelmente impossível para os pobres velhos Homo Sapiens "chegar ao fundo de tudo." Eu provavelmente deveria ter fornecido um "mistério final do universo." Mas parece que vale a pena seguir o caminho da investigação racional de seus limites. Mesmo a prova de que a cadeia de inferências pode ser concluída não é um conhecimento válido. Como veremos, alguns dos que tem sido demonstrado em matemática. Muitos cientistas também são religiosos. Na sequência da publicação de *Deus e a Nova Física* fiquei surpreso ao descobrir quantos dos meus colegas cientistas praticam uma religião convencional. Em alguns casos eles conseguiram manter estes dois aspectos de suas vidas separados, como se a ciência governar seis dias por semana e a religião aos domingos. Alguns cientistas, no entanto, fazem ardos e sinceros esforços de harmonizar ciência e religião. Normalmente, isso significa ter uma visão muito liberal da doutrina religiosa, por um lado, e sobre a outra dimensão para o mundo dos fenômenos físicos com um sentido que muitos de seus colegas cientistas pouco atraentes.

Entre os cientistas que não são religiosos de uma maneira convencional, muitos confessam que tem uma vaga sensação de que existe "algo" além da realidade da superfície da experiência cotidiana, um significado por trás de existência. Mesmo entre os mais ateus é o que tem sido chamado de um sentimento de reverência pela natureza, um fascínio e respeito pela sua profundidade, beleza e sutileza, que é como um respeito religioso. Na verdade, os cientistas são pessoas muito emocionais sobre estas questões. Não há maior erro da crença generalizada que os cientistas são indivíduos frios, duros e sem alma.

Pertenço ao grupo de cientistas que não se subscrevem a nenhuma religião convencional,

mas, no entanto, nega que o universo é um acidente sem propósito. Através do meu trabalho científico que tenho vindo a acreditar mais e mais fortemente que o universo tenha sido montado com um engenho tão surpreendente que eu não posso aceitar que ele é apenas um fato bruto. É preciso, penso eu, um nível mais profundo de explicação. Se você quiser chamar esse nível mais profundo "Deus" é uma questão de gosto ou de definição. Além disso, eu vim para a visão de que a mente, o conhecimento consciente do mundo não é um acidente da natureza sem sentido, mas um aspecto absolutamente fundamental da realidade. Isso não significa que estamos chegando a finalidade para a qual o universo existe. Longe de mim. Eu, porém, acredito que os seres humanos são criados no esquema das coisas de uma forma muito básica.

A seguir vou tentar mostrar as razões para essas crenças. Também examinarei algumas das teorias e crenças de outros cientistas e teólogos, que nem todos concordariam comigo. Muitas das discussões envolvem novos desenvolvimentos na fronteira da ciência, alguns dos quais levaram a idéias interessantes e emocionantes sobre Deus, criação e da natureza e da realidade. Este livro, no entanto, não pretende ser um levantamento exaustivo da ciência da religião, mas sim uma busca pessoal pela compreensão. O livro destina-se ao leitor em geral, então eu tentei manter os aspectos técnicos a um mínimo. Nenhum conhecimento prévio de matemática ou física é necessário. Alguns setores, especialmente o capítulo 7, inclui argumentos filosóficos mais complicados, mas o leitor pode ignorar essas seções sem problemas graves.

Assim, muitas pessoas me ajudaram nessa busca, é impossível reconhecer todos pessoalmente. Eu aprendi muito nas discussões de café com os meus colegas das universidades de Newcastle, Tyne e Adelaide. Eu também tenho uma visão fascinante de minhas conversas com John Barrett, John Barrow, Bernard Carr, Philip Davies, George Ellis, Hooton David, Chris Isham, John Leslie, Walter Mayerstein, Duncan Steel, Peacocke Arthur, Roger Penrose, Martin Rees, Russell Stannard, e Bill Stoeger, e eu ter sido inspirada por ouvir leituras de muitos outros. Além disso Nerlich Graham e Keith Ward gentilmente cedidas comentários detalhados e valioso em certas partes do manuscrito.

Finalmente, discuto alguns aspectos da terminologia. Quando trato sobre Deus é muitas vezes impossível evitar algum tipo de pronome pessoal. Aderi o costume usual de usar "ele" Isso não deve ser entendido como implicando que eu acredito em um Deus masculino, ou ainda a noção de Deus como uma pessoa em um sentido simples. Da mesma forma o uso da palavra "homem" na última seção refere-se à espécie *Homo sapiens*, não a pessoa do sexo masculino. Quando tento números grandes e pequenos, use a notação normal para potências

de dez. Então, 10^{20} , por exemplo, significa "um seguido de vinte zeros", enquanto 10^{-20} significa $1/10^{20}$ •

Capítulo 1 - A Razão e a Fé

Os seres humanos têm todos os tipos de crenças. O caminho para chegar a eles varia de argumentos racionais para a fé cega. Algumas crenças são baseadas em experiências pessoais, outros na educação, e outros na doutrinação. Muitas crenças são sem dúvidas inatas: nós nascemos com elas, como resultado de fatores evolutivos. Sentimos que podemos justificar certas crenças, outros têm como uma questão de "entranhas".

Obviamente, muitas das nossas crenças estão erradas, ou porque elas são inconsistentes, ou porque entram em conflito com outras crenças ou com fatos. Dois mil e quinhentos anos atrás na Grécia antiga, foi feita a primeira tentativa sistemática de estabelecer algum tipo de base comum para a crença. Os filósofos gregos procuraram meios para formalizar o raciocínio humano, estabelecendo regras de dedução lógica incontestável. Aderindo aos procedimentos concordados de um argumento racional, esses filósofos esperavam para remover a confusão, desentendimentos e disputas que caracterizam as relações humanas. O principal objetivo deste esquema era chegar a um conjunto de pressupostos, ou axiomas, que qualquer homem ou mulher razoável aceita, e da qual a resolução de todos os conflitos podem ser abordados

Deve ser dito que essa meta nunca foi alcançada, mesmo que fosse possível. O mundo moderno, hoje mais do que nunca, está cheio de uma grande diversidade de crenças, muitas delas excêntricas ou até mesmo perigosas, e os argumentos racionais são consideradas por

muitos como uma sofisticação sem sentido. Só a ciência e, especialmente, a matemática, têm apoiado os ideais dos filósofos gregos (e da própria filosofia, é claro).

Quando se trata de lidar com questões muito profundas da existência, a origem e o significado do universo, o lugar do Homem no mundo e, a estrutura e a organização da natureza, há uma forte tentação de voltar a opinião fundamentada. Mesmo os cientistas não estão imunes a isso. No entanto, há uma história longa e respeitável de enfrentar essas questões através de uma análise racional e desapaixonada. Até que ponto pode levar argumentos desapaixonados? Será que podemos realmente esperar para responder às perguntas fundamentais da existência através da ciência e da investigação científica e racional, e sempre encontrar algum mistério impenetrável, em algum momento? O que é a racionalidade humana?

O milagre científico

Através dos séculos todas as culturas têm enaltecido a beleza, a majestade e a ingenuidade do universo físico. É só a cultura científica moderna, no entanto, fez uma tentativa sistemática para estudar a natureza do Universo e nosso lugar nele. O sucesso do método científico para decifrar os segredos da natureza é tão surpreendente que pode nos cegar para o maior milagre científico de todos: *a ciência funciona*. Os cientistas admitem que vivem de forma racional, num cosmos ordenado sujeito a leis precisas que podem ser descobertas pela razão humana. Que isso possa ser assim permanece um mistério fascinante. Por que os humanos têm a capacidade de descobrir e compreender os princípios de como o universo funciona?

Nos últimos anos, os filósofos tem começado a explorar este enigma. É o nosso êxito em explicar o mundo da ciência e da matemática usando apenas um golpe de sorte, ou é inevitável que os organismos biológicos que surgiram a partir da ordem cósmica podem refletir essa ordem em suas capacidades cognitivas? É o progresso dramático em nossa ciência apenas como um acidente acidental da história ou pontos esta ressonância profunda e significativa entre a mente humana e da organização de base do mundo natural?

Quatrocentos anos atrás, a ciência entrou em conflito com a religião, porque parecia ameaçar o lugar confortável da humanidade em um universo teleológico concebido por

Deus. A revolução começou com Copérnico e terminou com Darwin, que teve o efeito de marginalizar ou ainda banalizar os seres humanos. As pessoas já estavam no centro do grande esquema, mas foi relegado a um papel acidental e aparentemente sem significado em um drama cósmico indiferente, como figurantes não identificados que haviam tropeçado acidentalmente em um grande estúdio de cinema. Essa ética existencialista que não havia sentido na vida humana além do qual os mesmos humanos tinham colocados para ele, tornou-se o lema da ciência. É por esta razão que as pessoas comuns vêem a ciência como uma ameaça e degradante: o universo tem eliminado onde viviam.

Nos capítulos que se seguem apresenta uma visão completamente diferente da ciência. Longe de expor os seres humanos como o produto acidental de forças físicas cegas, a ciência física sugere que a existência de organismos conscientes é uma característica fundamental do universo. Temos sido registrados sob as leis da natureza de uma maneira profunda, e eu penso, significativo. Eu não considero a ciência como uma atividade alienante. Longe disso. A ciência é uma atividade nobre e estimulante que nos ajuda a dar sentido ao mundo em um objetivo e metódico. Ele não nega um significado por trás da existência. Muito pelo contrário. Como já enfatizei o fato de que a ciência funciona, e faz tão bem que diz algo profundamente importante sobre a organização do cosmos. Qualquer tentativa de compreender a natureza da realidade e do lugar do homem no universo deve ser precedida por uma profunda base científica. A ciência não é, naturalmente, o único esquema de pensamento que chama a nossa atenção. Religião floresce mesmo na nossa chamada era científica. Mas, como Einstein uma vez observou, a religião sem ciência é manca.

A investigação científica é uma viagem rumo ao desconhecido. Cada avanço traz novas e inesperadas descobertas, e desafia a nossa mente com conceitos incomuns e às vezes difíceis. Mas apesar de tudo se segmenta na discussão da racionalidade e da ordem. Veremos que essa ordem cósmica é suportada por leis matemáticas definitivas que se entrelaçam uns aos outros em uma unidade sutil e harmoniosa. As leis são equipadas com uma simplicidade elegante, e tem sido recomendados muitas vezes por cientistas unicamente na base de sua beleza. No entanto, estas mesmas leis permitem a auto-organização de matéria e energia em uma grande variedade de estados complexos, incluindo aqueles que têm a qualidade da consciência, o que pode por sua vez, perceber a ordem cósmica que os produziu.

Entre as metas mais ambiciosas em tais reflexões é a possibilidade de ser capaz de formular uma "Teoria do Tudo" - uma descrição completa do mundo em termos de um sistema fechado de verdades lógicas. A pesquisa da Teoria do Tudo se tornou o Santo Graal dos

físicos. E a idéia é certamente intrigante. Afinal, se o universo é uma manifestação de ordem racional, então devemos ser capazes de deduzir a natureza do mundo somente através do "pensamento puro", sem a necessidade de observação ou experiência. A maioria dos cientistas rejeitam completamente esta filosofia, e claro, reconhecem o percurso empírico ao conhecimento como a única maneira confiável. Mas, como veremos, as exigências de racionalidade e lógica, certamente, pelo menos, impõem algumas restrições sobre o tipo de mundo que pode saber. Por outro lado, a mesma estrutura lógica contém dentro de si as suas próprias limitações de afirmação paradoxal que nunca poderemos captar a totalidade da existência após a dedução apenas.

A história tem produzido muitas imagens da ordem subjacente racional do mundo: o universo como uma manifestação de formas geométricas perfeitas, como um organismo vivo, um relógio grande e, mais recentemente, como um computador gigante. Todas essas imagens captam um aspecto fundamental da realidade, mas cada um está incompleto em si mesmo. Examinaremos algumas das reflexões mais recentes sobre essas metáforas, bem como a natureza da matemática que descrevê-os. Isso nos levará a confrontar as perguntas: O que é matemática? Por que funciona tão bem para descrever as leis da natureza? E de onde vêm essas leis? Em muitos casos, as idéias são fáceis de descrever, outros são bastante técnica e abstrata. O leitor é convidado a partilhar esta excursão científica ao desconhecido, em busca do fundamento último da realidade. Embora a estrada se transforma em bruto aqui e ali, e o destino continua envolto em mistério, espero que a viagem pode revelar-se emocionante.

Raciocínio Humano e senso comum

Costuma-se dizer que o fator que mais distingue o homem dos outros animais é o nosso poder de raciocínio. Muitos outros animais parece estar conscientes do mundo físico para um maior ou menor grau, e respondem a ele, mas os seres humanos parecem ter mais do que o simples conhecimento. Nós possuímos algum tipo de compreensão do mundo e nosso lugar nele. Nós somos capazes de prever eventos e manipular os processos naturais para os nossos propósitos, e embora nós somos parte da natureza, de algum modo a distinção entre nós mesmos e o resto do universo físico.

Nas culturas primitivas, a compreensão do mundo era limitado a questões cotidianas, tais como a mudança das estações ou o movimento de uma pedra grave ou uma flecha. Esta foi inteiramente pragmático, e não tinha base teórica, exceto em termos de magia. Hoje, na era

da ciência, nosso entendimento tem se expandido muito, então nós temos que dividir os conhecimentos em várias disciplinas - astronomia, física, química, geologia, psicologia, e assim por diante. Este progresso dramático foi devido quase inteiramente o resultado do método "científico, a experimentação, observação, dedução, hipótese e verificação. Não precisa se preocupar com os detalhes aqui. O importante é que a ciência exige padrões rigorosos procedimentos e discussões que colocam razão sobre a crença irracional.

O conceito de raciocínio humano é em si curioso. Estamos convencidos pelos argumentos "razoáveis", e nos sentimos bem sobre aqueles que apelam para o "senso comum" No entanto, o processo de pensamento humano não é dado por Deus. Tem sua origem na estrutura do cérebro humano, e as tarefas para que ela evoluiu. O funcionamento do cérebro, por sua vez, depende das leis da física e da natureza do mundo físico que habitamos. O que chamamos de senso comum, é o produto de padrões de pensamento profundamente enraizado na psique humana, presumivelmente porque eles atribuídas algumas vantagens em lidar com situações cotidianas, tais como esquivar queda de objetos, e se esconder dos predadores. Alguns aspectos do pensamento humano são fixadas pela fiação do nosso cérebro, alguns herdados como um software genético de nossos ancestrais primitivos.

O filósofo Immanuel Kant argumentou que nem todas as nossas categorias de pensamento derivam da experiência sensorial do mundo. Ele acreditava que alguns conceitos foram *a priori*, por que ele quis dizer que, embora esses conceitos não são verdades necessárias, no sentido estritamente lógico, todos pensavam que seria impossível sem eles: seriam "necessárias para o pensamento" que seria um exemplo dado por Kant é nossa compreensão intuitiva do espaço tridimensional através das regras da geometria euclidiana. Ele assumiu que nascemos com esse conhecimento. Infelizmente, os cientistas descobriram agora que a geometria euclidiana está realmente errada! Hoje os cientistas e filósofos geralmente assumem que até mesmo os aspectos mais básicos do pensamento humano deve ser uma última referência e observações de fundo do mundo físico. Provavelmente, os conceitos estão mais profundamente gravadas em nossa psique, coisas que são mais difíceis de imaginar que poderia ser de outra forma, como o "senso comum" e da racionalidade humana são aqueles que estão geneticamente programados para uma profunda dos nossos cérebros.

É interessante especular se os seres alienígenas que evoluíram sob circunstâncias muito diferentes poderão partilhar o nosso conceito de senso comum, ou mesmo qualquer outro padrão de pensamento. Se, como alguns escritores de ficção científica ter pensado, existia vida na superfície de uma estrela de nêutrons, não se podia mesmo se passar por tais seres podem perceber e pensar sobre o mundo. É possível que o conceito de racionalidade

alienígena podem diferir das nossas tão fortemente que o ser não poderia ser persuadido a todos pelo que poderíamos considerar como argumento racional.

Quer isto dizer que o raciocínio humano é suspeito? Será que estamos sendo muito machistas ou paroquianos em supor que nós podemos implementar com sucesso os padrões de pensamento do homo sapiens para os grandes temas da existência? Não necessariamente. Nossos processos mentais evoluíram como elas são, justamente porque eles refletem algo da natureza do mundo físico que habitamos. O que é surpreendente é que o raciocínio humano é tão bem sucedido na construção de um entendimento das partes do mundo que nossa percepção não pode alcançar diretamente. Pode não ser uma surpresa que a mente humana pode deduzir as leis de queda de objetos, porque o cérebro evoluiu para desenvolver estratégias para evitá-los. Mas nós temos o direito de esperar extensões de tal raciocínio para o trabalho quando estendemos a física nuclear ou astrofísica, por exemplo? O facto de trabalhar, e trabalhar "injustificadamente" bem, é um dos grandes mistérios do universo que vamos investigar neste livro.

Mas agora vem outra questão. Se o raciocínio humano reflete algo da estrutura do mundo físico, seria verdade dizer que o mundo é uma manifestação da razão? Usamos a palavra "racional" para dizer "em conformidade com a razão", então minha pergunta é se e em que medida, o mundo é racional. A ciência baseia-se na esperança de que o mundo é racional em todos os aspectos observáveis. É possível que existam algumas facetas da realidade das quais vão além do poder do raciocínio humano. Isso não significa que estes aspectos são necessariamente irracionais no sentido absoluto. Os habitantes das estrelas de nêutrons (ou supercomputadores) poderá compreender as coisas que nós, pela própria natureza do nosso cérebro, nós não podemos. Portanto, devemos estar cientes da possibilidade que pode haver coisas com explicações que nunca poderemos entender, nenhuma explicação poderia ser diferente em tudo.

Neste livro, deve ter a visão otimista de que o raciocínio humano é confiável. É um fato da vida que as pessoas têm crenças, especialmente no campo da religião, o que poderia ser considerado como irracional. Que são mantidos irracionalmente não significa que eles estão errados. Há talvez um caminho para o conhecimento (como o misticismo ou revelação) para navegar ou a razão humana transcender? Como cientista, prefiro tentar levar o raciocínio humano na medida do possível. Explorando os limites da razão e da racionalidade certamente encontraremos mistério e incerteza, e, provavelmente, em algum estágio de raciocínio nos falham e deve ser substituída pela crença irracional ou franco agnosticismo.

Se o mundo é racional, pelo menos em grande medida, qual é a fonte dessa racionalidade? Não pode surgir apenas em nossas mentes porque nossas mentes refletem apenas o que já está lá. Devemos procurar a explicação de um projetista racional? Ou a Racionalidade poderia "criar-se" pela própria força da sua própria "razoabilidade"? Como alternativa poderia ser que uma "grande escala" do mundo é irracional, mas que estamos vivendo em um oásis de racionalidade aparente, porque este é o único "lugar" onde os seres conscientes e racionais podem ser encontrados? Para explorar esses tipos de questões mais profundamente, deixe-me dar um olhar mais atento para os diferentes tipos de raciocínio

Pensamentos sobre os Pensamentos

Dois tipos de raciocínio nos servem bem, e é importante fazer uma distinção clara entre eles. O primeiro é chamado de "dedução." Isto está baseado estritamente nas regras da lógica. Segundo com a lógica padrão, certas afirmações como "Um cão é um cão" e "Tudo o que é ou não é um cão" são aceitas como verdadeiras, enquanto outras, como "Um cão não é um cão" são considerados falsos. Um argumento dedutivo inicia com um conjunto de pressupostos chamado de "premissas". Essas são afirmações ou condições que são realizadas sem maiores questionamentos, para efeitos de argumentação. Obviamente, as premissas devem ser coerentes entre si.

Acredita-se que a conclusão de um argumento de lógica dedutiva não contém mais do que aquilo que estava presente no local original, por isso este argumento não pode ser usado para tentar algo genuinamente novo. Considere, por exemplo, a seqüência dedutiva (conhecido como "silogismo"):

1. Todos os graduados são homens.
2. Alex é graduado.
3. Então, Alex é um homem.

A terceira frase não diz nada mais do que aquilo que estava presente no caso 1 e 2 combinados. Assim, a partir deste ponto de vista, o raciocínio dedutivo é realmente apenas uma maneira de processar os fatos ou conceitos a serem apresentados de forma mais interessantes ou úteis.

Quando a lógica dedutiva é aplicada a um complexo conjunto de conceitos, resultados muitas vezes pode ser surpreendente ou inesperado, ainda são apenas o resultado das premissas originais. Um bom exemplo é fornecido pela geometria, que é baseada em um

conjunto de pressupostos conhecidos como "axiomas", em que é erigida a construção elaborada teoria geométrica. No século III d.C, o geômetra grego Euclides listou cinco axiomas sobre o qual foi fundada a escola convencional de geometria incluindo coisas como "entre dois pontos é uma reta só." A partir desses axiomas pode ser usada lógica dedutiva para obter todos os teoremas de geometria que aprendemos na escola. Um é o teorema de Pitágoras, que, embora contenha mais informação do que os axiomas de Euclides, que é derivado, certamente não é intuitivamente óbvio.

Claramente um argumento dedutivo são tão bons quanto as hipóteses em que se baseiam. Por exemplo, no século XIX, alguns matemáticos resolveram investigar as consequências do abandono do quinto axioma de Euclides, que afirma que através de qualquer ponto é possível traçar uma linha paralela a outra linha dada. A "geometria não-euclidiana" resultou ser muito útil para a ciência. Na verdade, Einstein usou em sua teoria da relatividade geral (uma teoria da gravitação), e, como mencionei, sabemos que a geometria euclidiana está incorreto no mundo real, a grosso modo, o espaço é curvado pela gravidade. geometria euclidiana ainda é ensinado nas escolas, porque é muito boa a aproximação na maioria das circunstâncias. A lição dessa história, porém, é que não é prudente considerar qualquer axioma como tão obviamente verdade que ele não poderia ser diferente.

É geralmente aceito que os argumentos de lógica dedutiva é a forma mais segura de pensar, embora eu devo mencionar que mesmo o uso da lógica padrão tem sido questionada por alguns. A assim chamada lógica quântica, a regra de que algo não pode ser e não ser ao mesmo tempo, foi anulado. A razão para isso é que na física quântica, a noção de "ser" é mais sutil do que na experiência cotidiana: os sistemas físicos podem existir em uma superposição de estados alternativos.

Outra forma de raciocínio que usamos é chamado "indutivo". Como a dedução, a indução começa como um conjunto de fatos dados ou hipóteses e tira conclusões a partir deles, mas é um processo de generalização que raciocínio seqüencial. A previsão de que o sol nascerá amanhã é um exemplo de raciocínio dedutivo baseado no fato de que o sol saiu fielmente todos os dias até agora em nossa experiência. E quando eu deixo cair um objeto pesado, espero que esta queda, com base em minhas experiências anteriores com a atração da gravidade. Os cientistas usam o raciocínio indutivo quando estruturado cenário baseado num número limitado de observações ou experimentos. As leis da física, por exemplo, são deste tipo. A lei do inverso do quadrado para as forças elétrica, tem sido provado inúmeras vezes e sempre confirmada. Nós a chamamos de uma lei, porque, na base da indução, concluímos que a propriedade do inverso do quadrado é sempre verdadeiro. No entanto, o

fato de que ninguém tenha encontrado uma violação da lei do inverso do quadrado não prova que deva ser verdade. Não importa quantos casos individuais, a lei tem sido confirmada, nós nunca podemos ter certeza absoluta de que infalivelmente se aplica. Com base da indução, podemos concluir apenas que é muito provável que a lei seja cumprida na próxima vez que você tentar.

O filósofo David Hume [7] advertiu sobre o raciocínio indutivo. O sol sempre foi observado de madrugada, ou a lei do inverso do quadrado tem sido sempre confirmada, há garantia de que essas coisas aconteceram no futuro. A crença de que eles vão fazer é baseado no pressuposto de que "o curso da natureza continua sempre o mesmo uniforme." Mas qual é a justificação para esta suposição? Na verdade, pode ser o caso que o estado de certos assuntos, B (madrugada, por exemplo) tem sido invariavelmente observada após um (por exemplo, Crepúsculo), mas não se deve interpretar isso significa que B é uma consequência necessária da A. Em que sentido poderia B tem que seguir A? Certamente poderíamos imaginar um mundo em que A ocorre mas B não: não há nenhuma conexão logicamente necessária entre A e B. Poderia haver uma outra maneira de necessidade, uma espécie de necessidade natural? Hume e seus seguidores negam que exista tal coisa.

Parece que somos forçados a admitir que as conclusões a que chegamos indutivamente nunca são tão seguros como lógica dedutiva, embora o "senso comum" é baseado na indução. Raciocínio indutivo, que tantas vezes é bem sucedido é uma propriedade notável do mundo, pode-se caracterizar como a "fiabilidade da natureza." Todos nós passamos pela vida com convicções sobre o mundo (como a aurora é inevitável), que são derivadas por indução, e considerado bastante razoável, mas não confie na lógica dedutiva, em seguida, na forma como o mundo será. Como veremos, não há nenhuma razão lógica para que o mundo não poderia ser diferente. Pode ser caótico em uma maneira de fazer generalização indutiva impossível. A filosofia moderna tem sido fortemente influenciado pela obra de Karl Popper [8], que argumentou que, na prática, os cientistas raramente usam o raciocínio indutivo da maneira descrita. Quando uma nova descoberta científica é feita, os cientistas estão trabalhando para trás, para construir uma hipótese consistente com esta conclusão, e então tentar deduzir outras consequências a essa hipótese, que por sua vez pode ser comprovada experimentalmente. Se qualquer uma dessas previsões se revelarem falsas, a teoria deve ser modificada ou abandonada. A ênfase então é a falsificação, e não de verificação. Uma teoria poderosa é aquela que é altamente vulnerável à falsificação e, portanto, pode ser testado de várias maneiras detalhadas e específicas. Se a teoria passa esses testes, nossa confiança na teoria é reforçada. Uma teoria é demasiado vaga e geral, ou apenas faz previsões sobre as circunstâncias além da nossa capacidade para testar, é de pouco valor.

Na prática, então, o esforço intelectual humano nem sempre é adequado, através de raciocínio dedutivo e indutivo. A chave para descobertas científicas, muitas vezes fica sem quebras, imaginação e inspiração. Nesses casos, um fato importante ou conjectura aparece na íntegra na mente do pesquisador, e só em seguida se encontra justificção no argumento fundamentado. Como a inspiração é um mistério que levanta muitas questões. Será que as idéias de algum tipo de existência independente e, portanto, são "descobertas" de tempos em tempos por uma mente aberta? Ou é a inspiração para uma consequência normal do raciocínio que tem lugar escondido no subconsciente, com o resultado a ser entregue à consciência somente quando ela está completa? Se sim, como tem essa capacidade? O que pode conferir vantagem biológica para os seres humanos as coisas como inspiração matemática ou artística?

7. David Hume nasceu em Edimburgo, no coração de uma rica família em 1711 e morreu na mesma cidade em 1766. Sua vida foi gasto em Edimburgo, Paris e Londres.

Em vez de continuar o estudo do direito, a que guiou a tradição da família, queria tentar a sorte nos negócios, mas sem muito sucesso, que o levou a sair em breve.

Após um período de intenso foco na leitura em 1726, durante uma estadia de vários anos na França, escreveu sua obra mais importante, o Tratado sobre a natureza humana, não seria lançado até 1740, em Londres.

Este trabalho não esperava o reconhecimento. Hume tinha de atrair a atenção do público através de uma série de ensaios menores, antes de encontrar alguma consideração.

Posteriormente, decidiu reformular as questões e problemas do Tratado e em 1748 pesquisas publicadas sobre o conhecimento humano (que reformula a primeira parte dos seus primeiros trabalhos), e em 1751 trouxe à luz a Investigação sobre os Princípios da Moral (em que re-tratar as questões do Livro III do Tratado).

Depois de aspirar duas vezes de forma vencida, uma posição acadêmica, conseguiu um emprego como bibliotecário, em Edimburgo, onde escreveu uma História da Inglaterra que iria torná-lo rico e famoso. Mais tarde, como secretário da legação, viveu em Paris por vários anos, e lá entrou em contato com vários pensadores franceses como Rousseau.

Posteriormente, ele era um veterano no governo de Inglês em Londres, mas logo se cansou da vida pública e retirou-se para Edimburgo, onde ele passou os últimos anos de sua vida, até sua morte em 1776, rodeado de amigos e apoiantes .

Hume levou o empirismo de Locke para sua conclusão lógica. Segundo Hume, o conhecimento humano é composto das impressões dos sentidos e idéias, que são formadas a partir dos dados dos sentidos. Nós não podemos ir, porque, além do que os sentidos nos dão, e da existência e da verdade das idéias que são injustificáveis.

O próprio Hume reconheceu que esta análise do conhecimento conduz inevitavelmente ao

ceticismo. Além disso, a sua filosofia conduz a uma moral, porque o emotivismo de proposições ou verdades de fato não pode ser deduzido mandatos morais ou recomendações. Em suma, os valores e padrões morais são baseados unicamente na emoção e não a razão.

8. Karl Raimund Popper. Foi um filósofo britânico, que nasceu em 28 de julho de 1902 em Viena (Áustria), em uma família judaica que mais tarde se converteu ao protestantismo. Trabalhou há algum tempo na clínica infantil de Alfred Adler. Obteve seu doutorado em filosofia pela Universidade de sua cidade natal em 1928. Em 1929, a cadeira de matemática e física no ensino secundário. Embora não seja um membro da escola de Viena chamado de filosofia, simpatizava com a sua atitude científica, mas criticou alguns de seus postulados. Ele desenvolveu uma notável carreira acadêmica na Europa, Austrália, Índia, Japão e Estados Unidos. De 1937 a 1945 ele trabalhou como professor na Universidade de Canterbury, na Nova Zelândia, e mais tarde na Universidade de Londres. Em sua *Lógica da Descoberta Científica* (1934) criticou a idéia de que ciência é essencialmente indutivo. Propôs uma abordagem que chamou de teste falseabilidade para determinar a validade científica, e salientou a ciência hipotético-dedutivo. Em *A Sociedade Aberta e Seus Inimigos* (1945), defendeu a democracia e expressou reservas sobre as implicações autoritária das teorias políticas de Platão e Karl Marx. Ele também é autor de "Em Busca de um Mundo Melhor, a responsabilidade de viver, Conjecturas e Refutações, O mito do quadro comum e do corpo e da mente. Em 1965 foi agraciado com o título de Sir. Foi professor visitante em diversas universidades e suas obras foram traduzidas para mais de vinte línguas. Ele foi considerado como um dos filósofos mais importantes do século XX. Ele morreu em 17 de setembro de 1994, em Londres.

Um mundo racional

A afirmação de que o mundo é racional é relacionado com o fato de que ele é ordenado. Os eventos geralmente não acontecem por acaso, estão relacionados de alguma forma. O sol nasce na hora, porque a Terra gira em uma base regular. A queda de um objeto pesado está associado a gota a partir de cima. E assim por diante. É essa interação de eventos que nos dá a sensação de causa e efeito. Um vidro é quebrado, pois é espancado por uma pedra. O carvalho cresce porque é plantadas bolotas. A conjunção de eventos causalmente relacionados se torna tão familiar que somos tentados a inscrever-se ao poder causal dos objetos materiais em si mesmos: a pedra realmente produz quebra de vidro. Mas este é

imputável ao poder ativo de objetos materiais não merecem. Tudo o que poderia realmente dizer que há uma correlação entre, digamos, atiraram pedras nas janelas e vidros quebrados. Os eventos que são essas sequências não são, portanto, independente. Se fizermos um registro de todos os eventos em uma região do espaço durante um período de tempo, podemos notar que o registro seria atravessado por padrões, sendo os de "conexões causais." É a existência desses padrões de expressão de ordem racional mundo. Sem eles não seria apenas o caos.

Intimamente relacionado com a causalidade é a noção de determinismo. Na sua forma moderna, é a suposição de que os eventos são inteiramente determinados pelos anteriores. Determinismo traz a implicação de que o estado do mundo ao mesmo tempo é suficiente para estabelecer o seu estado em um momento posterior. E porque o Estado após a fixação dos estados seguintes, e assim por diante, ele conclui que tudo o que vai acontecer no futuro do universo é completamente determinado pelo seu estado atual. Quando Isaac Newton propôs suas leis da mecânica no século XVII, o determinismo foi automaticamente embutido. Por exemplo, tratar do sistema solar como um sistema isolado, as posições e velocidades dos planetas em um determinado momento seria suficiente para determinar exclusivamente (via leis de Newton), suas posições e velocidades em todos os momentos subsequentes. Além disso, as leis de Newton não contêm nenhum sentido no tempo, por isso o truque também funciona ao contrário: o estado atual é suficiente para determinar a exclusividade todos os estados passados. Desta forma, poderíamos, por exemplo, prever eclipses no futuro e reverter sua ocorrência no passado.

Se o Universo é estritamente determinístico, então todos os eventos são fechados em uma matriz de causas e efeitos. Passado e futuro estão contidos no presente, no sentido de que as informações necessárias para construir os estados de passado e futuro estão incluídos no seu estado atual tão rigidamente como as informações teorema de Pitágoras está incluído nos axiomas da geometria euclidiana. O cosmos inteiro torna-se uma máquina de relógio gigante, seguindo um caminho de escravidão mudança e estabelecida desde o início dos tempos. Ilya Prigogine colocou mais poeticamente: Deus é reduzido a um mero arquivista virando as páginas de uma história cósmica e escrita. [9]

Em oposição ao determinismo esta o indeterminismo, ou a probabilidade. Devemos dizer que um evento ocorreu por "puro acaso" ou "acidente" não está obviamente determinado para algo a mais. Jogando um dado ou uma moeda são exemplos familiares. Mas são estes exemplos de indeterminismo genuíno, ou são meramente que os fatores e forças que determinam os seus resultados são ocultados para nós, de modo que seu comportamento

simplesmente aparece aleatoriamente para nós?

Antes do século XX a maioria dos cientistas haviam respondido sim para a última pergunta. Eles assumiram que, no final, o mundo era estritamente determinista, e que o aparecimento de elementos aleatórios ou prováveis eram inteiramente o resultado de ignorância sobre os detalhes do sistema em questão. Se o movimento de cada átomo pode ser conhecido, pensaram, então, mesmo jogando de uma moeda se tornaria previsível. O fato de que, na prática, é imprevisível por causa de nossa pouca informação sobre o mundo. O comportamento aleatório é transferida para os sistemas que são altamente instáveis e, portanto, à mercê das flutuações mínimas nas forças que lhe dizem respeito do meio ambiente.

Esta opinião foi completamente abandonada no final da década de 1920 com a descoberta da mecânica quântica, que lida com fenômenos em escala atômica e imbuiu indeterminismo em um nível fundamental. Uma expressão deste indeterminismo é conhecido como o princípio da incerteza de Heisenberg, devido ao alemão físico quântico Werner Heisenberg. Grosso modo, afirma que todas as quantidades mensuráveis são sujeitas a flutuações imprevisíveis e, portanto, a incerteza dos seus valores. Para quantificar esta incerteza, as quantidades observáveis são agrupados em pares: posição e momentum [10] formam um par, assim como energia e tempo. O princípio exige que as tentativas de reduzir a incerteza de um membro do par servem para aumentar a insegurança do outro. Portanto, uma medição precisa da posição de uma partícula como um elétron, por exemplo, tem o efeito de tornar altamente incerta a sua dinâmica, e vice-versa. Porque você precisa saber as posições e os ímpetos de partículas em um sistema apenas em caso de você querer prever seus estados futuros, o princípio da incerteza de Heisenberg põe fim à noção de que o presente determina o futuro com precisão. Naturalmente, isto pressupõe que a incerteza quântica é verdadeiramente intrínseca à natureza, e não apenas o resultado de uma atividade determinista oculta. Nos últimos anos uma série de experiências essenciais foram conduzidos para provar este ponto, e eles confirmaram que realmente é a incerteza inerente aos sistemas quânticos. O universo é realmente indeterminístico a seu mais baixo nível.

Então, isso significa que o universo é irracional, afinal? Não. Existe uma diferença entre o papel de probabilidade em mecânica quântica e do caos irrestrito de um universo sem lei. Embora normalmente não há certeza sobre os estados futuros de um sistema quântico, as probabilidades relativas de possíveis estados diferentes permanecem determinados.

Assim, você pode apostar que, digamos, um átomo em um estado animado não é animado ou até mesmo que o resultado de uma instância específica não é conhecida. Esta obediência

às leis estatística significa que em uma escala macroscópica, onde os efeitos quânticos não são geralmente notáveis, a natureza parece fazer cumprir as leis determinísticas.

O trabalho físico é descobrir padrões na natureza e procurar estabelecer padrões que descrevem matemática simples. A questão de por que existem padrões, e por que tais esquemas matemáticos são possíveis, encontra-se fora do âmbito da física, pertencentes ao campo da metafísica.

9. "The Rediscovery of Time ", de Ilya Prigogine, na Science and Complexity (ed. Nash Sara, Science Reviews Ltd, Londres, 1985), p. 23.

10. Momentum: Quantidade de Movimento do produto da velocidade vezes a massa N. T.

Metafísica: Quem precisa disso?

Na filosofia grega, o termo "metafísica" originalmente significava "que vem depois da física." Refere-se ao fato de que a metafísica de Aristóteles foi encontrado sem título, após o seu tratado sobre física. Mas logo passou a significar temas metafísicos que estão além da física (poderíamos dizer, hoje, além da ciência) e ainda ter a ver com a natureza da pesquisa científica. Assim, a metafísica, o estudo de temas da física (ou da ciência em geral), ao contrário de temas científicos em si mesmo. Tradicionais problemas metafísicos tem incluído a origem, natureza e propósito do universo, como o mundo das aparências apresentadas aos nossos sentidos está relacionada à sua ordem e "realidade" subjacente à relação entre mente e matéria, e a existência do livre arbítrio. É evidente que a ciência é profundamente envolvidos nestas questões, mas a ciência empírica sozinha não pode ser capaz de responder, pois nem pode responder a qualquer questão relativa ao "sentido da vida."

No século XIX o conjunto do empreendimento da metafísica começou a ruir, depois de ser gravemente questionado por David Hume e Immanuel Kant. Estes filósofos lançaram dúvidas não sobre qualquer sistema metafísico em particular como tal, mas sobre o próprio sentido da metafísica. Hume argumentou que você só pode atribuir um significado a essas idéias que derivam diretamente de nossa observação do mundo, ou como os sistemas de matemática dedutiva. Conceitos como "realidade" da "mente" e "substância", que é suposto conter algo que está além das entidades apresentadas aos nossos sentidos, foram demitidos por Hume na base de que eles não são observáveis. Ele também rejeitou as questões

relativas à finalidade ou ao sentido do universo, ou o lugar da humanidade dentro dele, porque ele acreditava que nenhum destes conceitos poderia ser compreensivelmente relacionados a coisas que realmente podemos observar. Essa posição filosófica é conhecida como "empirismo", porque lida com os fatos da experiência como o fundamento de tudo o que sabemos.

Kant aceitou a premissa empirista de que todo o conhecimento começa com as nossas experiências no mundo, mas também cria, como já referi, que os seres humanos possuem algum conhecimento inato, que é absolutamente necessário para qualquer pensamento ocorrer. Há, portanto, dois componentes juntos no processo de pensar, os dados sensíveis e um conhecimento a priori. Kant usou sua teoria para explorar os limites do conhecimento humano, pela própria natureza de seus poderes de observação e raciocínio, poderia esperar conseguir. Sua crítica da metafísica foi que o nosso raciocínio pode ser aplicado apenas no campo da experiência, o mundo dos fenômenos que podemos realmente observar. Nós não temos nenhuma razão para supor que pode ser aplicada a qualquer área hipotética que pode estar além dos fenômenos do mundo real. Em outras palavras, podemos aplicar o nosso raciocínio para as coisas como nós vemos, mas isso eu não poderia dizer-nos alguma coisa sobre as próprias coisas. Qualquer tentativa de teorizar uma "realidade" que eu sou para além do previsto objetos da experiência está condenado ao fracasso.

Embora a teoria metafísica estava fora de moda depois do ataque, alguns filósofos e cientistas se recusaram a parar de especular sobre a realidade que está sob a aparência da superfície do mundo fenomênico. Então, nos últimos anos, uma série de avanços em física fundamental, cosmologia e teoria da computação, começou a reviver um grande interesse em alguns dos tópicos tradicionais de metafísica. O estudo da inteligência artificial reabriu o debate sobre o livre-arbítrio e o problema da mente-corpo. Em primeiro lugar, a descoberta do Big Bang provocou especulações sobre a necessidade de um mecanismo para trazer o universo à existência. A mecânica quântica explica as formas sutis em que o observador e o observado se entrelaçam. A teoria do caos mostrou que a relação entre permanência e mudança estava longe de ser simples.

Para além destes desenvolvimentos, os físicos começaram a falar sobre as Teorias do Tudo, a idéia de que todas as leis físicas podem ser unificadas num único esquema matemático. A atenção começou a se concentrar sobre a natureza das leis físicas. Por que a natureza tem escolhido um esquema particular ao invés de outro? Porque é que existe um esquema matemático? Havia algo de especial no esquema que realmente observarmos? Poderiam ser capazes de existirem observadores inteligentes em um universo que se caracteriza por um outro esquema?

O termo "metafísica" passou a significar "a teoria sobre teorias" da física. De repente, tornou-se respeitável discutir "tipos de leis" em vez das leis do nosso universo real. A atenção foi dada aos universos hipotéticos com propriedades muito diferentes do nosso, em um esforço para entender se existe algo de peculiar em nosso universo. Alguns teóricos contemplam a existência de "leis sobre as leis", que agem para "selecionar" as leis de nosso universo para um conjunto mais amplo. Uns poucos estavam dispostos a considerar a existência real de outros universos com outras leis.

De fato, neste sentido, os físicos haviam a um longo tempo praticando metafísica de qualquer forma. Parte do trabalho de um físico matemático consiste em examinar certos modelos matemáticos idealizados cuja finalidade é captar os vários aspectos da realidade, e, portanto, muitas vezes, apenas simbolicamente. Estes modelos desempenham o papel de "universos de brinquedo" que podem ser explorados, por vezes, para a recreação, geralmente, para lançar luz sobre o mundo real através da criação de alguns temas comuns entre os diferentes modelos. Tais universos de brinquedo levam muitas vezes os nomes de seus criadores. Depois, há um modelo Thirring, o modelo Sugawara, o universo Taub-NUT, o universo maximamente estendido de Kruskal, e assim por diante. Eles são reconhecidos como modelos teóricos, porque eles geralmente permitem um tratamento matemático, enquanto um modelo mais realista seria intratável. Meu próprio trabalho anterior de dez anos atrás [11], foi em grande parte dedicado a explorar efeitos quânticos em universos modelados com apenas uma dimensão espacial em vez de três campos. Isto foi feito para tornar o problema mais fácil de estudar. A idéia era que algumas das características essenciais do modelo unidimensional sobreviveu a um tratamento mais realista tridimensional. Ninguém gostaria de sugerir que o universo é realmente unidimensional. O que os meus colegas e eu fizemos foi explorar universos hipotéticos para descobrir informações sobre as propriedades de certos tipos de leis físicas, as propriedades que possam ser relevantes para as leis de nosso universo real.

11. Por volta de 1980 N. T.

12. Daniel von Alias Czepko (1605-1660)

Tempo e Eternidade: o paradoxo fundamental da existência

"A eternidade é muito tempo
Tempo, a eternidade
Vê-los como opostos
Maldade do homem é "
O Livro de Angelus Silesius [12]

"Penso, logo existo." Com estas palavras famosas o filósofo do século XVII, René Descartes disse que veio a ser a primeira declaração sobre os fatos em que qualquer pessoa pensante concordaria. A nossa existência é a nossa experiência primária. Apesar desta declaração, sem exceção, contém em si a essência de um paradoxo que traça a história do pensamento humano teimosamente. Pensar é um processo. Ser é um estado. Quando eu penso o meu estado mental se altera ao longo do tempo, mas o "eu" que se refere ao estado mental permanece o mesmo. Este é provavelmente o mais antigo problema metafísico no livro, e que ressurgiu em mais de teoria científica moderna.

Pensamos sobre nós mesmos é a nossa primeira experiência, também percebemos um mundo externo, e o projeto para o mundo a mesma combinação paradoxal de processo e do estado, o temporal e o atemporal. Por um lado, o mundo continua a existir, e outras alterações. Inclui não só reconhecer a nossa identidade pessoal, mas também a persistência de objetos e as qualidades de nosso meio ambiente. Estruturamos conceitos como "pessoa", "árvore" "montanha", "dom". Estes itens não precisam durar para sempre, mas eles têm uma permanência que quase nos permite dar-lhes uma identidade. No entanto, sobreposto a este fundo para ser constante é a mudança contínua. As coisas acontecem. Isso enfraquece o passado e o futuro "vem à existência." O fenômeno de se tornar o que chamamos de "existência" é uma conjunção paradoxal de ser e de devir.

Homens e mulheres, talvez devido a razões psicológicas, têm medo de sua própria mortalidade, sempre procuraram os aspectos mais marcantes da vida. Pessoas vêm e vão, as árvores crescem e morrem, mesmo as montanhas gradualmente se erodem e desaparecem, e nós sabemos que o sol não vai queimar para sempre. Existe algo que é realmente confiável e constante? Podia-se encontrar absolutamente imutável em um mundo tão cheio de mudanças? Uma vez que o céu era considerado como imutável, o sol e as estrelas durou de eternidade a eternidade. Mas agora sabemos que corpos celestes tão imensamente antiga e pode ser, nem sempre existiu e não vai continuar a fazê-lo indefinidamente. De fato, os astrônomos descobriram que o universo inteiro está em uma evolução gradual.

Então, o que é absolutamente coerente? Um deles é inevitavelmente levado para fora do

mundo material e físico para o domínio do místico e abstrato. Conceitos como "lógica", "sequência", "alma", e "Deus" virão-se na história como o mais forte alicerce sobre o qual construir uma imagem da realidade que tem alguma esperança de fiabilidade continuada. Mas então o paradoxo feio retorna existência. Como pode o mundo mutável de experiência estar enraizado em inalteráveis conceitos abstratos?

Já no início da filosofia sistemática na Grécia antiga, Platão confrontou com essa dicotomia. Para Platão, a verdadeira realidade reside em um domínio transcendente das idéias abstratas, perfeitas, imutáveis, ou Formas, um domínio das relações matemáticas e as estruturas geométricas estabelecidas. Este era o reino do puro ser, inacessível aos sentidos. O mundo em mudança de nossa experiência - o mundo de se tornar - foi considerado por ele como um mutante, efêmero e ilusório. O universo dos objetos materiais, foi relegado para a sombra escura de uma paródia do mundo das Formas. Platão ilustra a relação entre estes dois mundos em termos de uma metáfora. Imagine-se preso em uma caverna de costas para a luz. Objetos de passar a entrada da caverna de sombras expressos na parede da caverna. Essas sombras são as projeções de formas reais imperfeitas. Ele comparou o mundo dos nossos comentários às imagens do mundo das sombras. Apenas o mundo das idéias seria "iluminada pelo sol do inteligível".

Platão inventou dois deuses que têm o domínio sobre os dois mundos. No topo do mundo das Formas estava o Bom, um ser imutável e eterno, que está além do espaço e do tempo. Trancado no mundo real e mutável de objetos materiais e as forças, foi chamado de Demiurgo, cuja tarefa era para acomodar o material existente em um estado ordenado, usando as Formas como um modelo ou desenho. Mas, sendo menos do que perfeito, este mundo formado está continuamente se desintegrando, e precisa de atenção criadora do Demiurgo. Em seguida vem o estado de fluxo no mundo dos nossos sentidos e impressões. Platão reconheceu a tensão fundamental entre ser e devir, entre as formas eternas e atemporais e as mudanças no mundo da experiência, mas não fez nenhuma tentativa séria de conciliar os dois. Ficou satisfeito com relegando este último a um estado ilusório parte, e consideradas apenas as intemporal e eterno como o valor real.

Aristóteles, aluno de Platão, rejeitou o conceito de Formas atemporais, e passou a construir uma imagem do mundo como um organismo vivo, transformando-se como um embrião em um objetivo definido. Assim, o cosmos era imbuído de propósito, e foi em direção ao mesmo conduzido por causas finais. Um seres vivos, é atribuída uma alma para orientá-los na sua atividade proposital, mas Aristóteles considerava a essas almas como imanente nos órgãos próprios, e não transcendente, no sentido platônico. Esta visão animista do universo

reforçou o processo de mudança que visa um alvo. Como se podia presumir que, em contraste com Platão, Aristóteles deu primazia ao tornar-se sobre o ser. Mas o mundo continuou a ser uma combinação paradoxal de ambos. As extremidades para que não desenvolveram esta mudança, nem as almas. Além disso, o universo de Aristóteles, embora tenha admitido que o desenvolvimento contínuo não teve um começo no tempo. Continha objetos - os corpos celestes - que "não foram gerados, não-perecíveis e eternos", sempre se movendo ao longo de órbitas fixas, circular e perfeito.

Enquanto isso, no Oriente Médio, a visão judaica do mundo, foi baseada em uma aliança de Javé com Israel. Aqui a ênfase era na revelação de Deus através da história, tal como expresso nos registros históricos do Antigo Testamento e, mais obviamente representada em Gênesis com a história da criação do universo por Deus em um momento no passado finito. E mesmo o Deus judaico era ainda declarado transcendente e imutável. Novamente não houve nenhuma tentativa de resolver o paradoxo inevitável de um Deus imutável cujas finalidades entretanto mudou em resposta ao desenvolvimento histórico.

Uma visão sistemática do mundo a levará a sério os paradoxos do tempo teve que esperar até o século V d.C. com o trabalho de Santo Agostinho de Hipona [13]. Agostinho reconheceu que o tempo era parte do universo físico - uma parte da criação - e, portanto, colocou o Criador firmemente fora do fluxo do tempo. No entanto, a idéia de uma Divindade fora do tempo não se encaixa facilmente dentro da doutrina cristã. Uma dificuldade especial é em torno do papel de Cristo. O que poderia dizer de um Deus eterno e encarnado e morrer na cruz em um determinado momento da história? Como poderia o Deus divino impassível ser conciliado com o sofrimento? O debate continuou no século XIII, quando as obras de Aristóteles foram traduzidos e tornaram-se disponíveis nas universidades da Europa. Estes documentos tinham um impacto. Um jovem monge, em Paris, Tomás de Aquino, combinou a religião cristã com os métodos da filosofia grega racional. Concebeu um Deus transcendente que habita um reino platônico além do espaço e do tempo. Ele alegou então um conjunto bem definido de qualidades - a perfeição, a simplicidade, a atemporalidade, onipotência, onisciência - e tentou argumentar logicamente para a sua necessidade e coerência no aspecto de teoremas geométricos. Embora o seu trabalho foi imensamente influente, Aquino e seus seguidores tinham uma grande dificuldade em relacionar esse Ser abstrato e imutável ao universo físico dependente do tempo e o Deus da religião popular. Este e outros problemas levaram ao trabalho de Aquino para ser condenado pelo bispo de Paris, mas Aquino foi exonerado e depois, eventualmente, canonizado.

Em seu livro *God and Timelessness* (Deus e a Atemporalidade), Nelson Pike concluiu após um estudo exaustivo "é agora a minha suspeita de que a doutrina da atemporalidade de Deus foi introduzido na teologia cristã porque o pensamento platônico era moda naquela época e porque a doutrina parecia ter vantagens consideráveis em termos de elegância sistemática. Uma vez inscrito, tirou sua própria vida." [14]

O filósofo John O'Donnell havia chegado mesma conclusão. Seu livro *Trinity and Temporality* (Trindade e temporalidade) trata do conflito entre a atemporalidade platônica e da história judaico - cristão "Eu estou sugerindo que o cristianismo esta em grande contato com o helenismo ... tentou obter uma síntese que foi necessária para romper justamente nesse ponto. ... O Evangelho, combinado com certos pressupostos helenísticos sobre a natureza de Deus, levaram a um impasse do qual a Igreja ainda tem que se libertar." [15]. Voltaremos ao retorno deste "impasse" no Capítulo 7.

A Europa medieval testemunhou a ascensão da ciência, e uma maneira completamente nova de ver o mundo. Os cientistas como Roger Bacon e, mais tarde, Galileu Galilei enfatizou a importância de se obter conhecimento através de experimentos precisos e quantitativos e de observação. Considerava, o homem e a natureza como distintos, e os experimentos foram vistos como uma espécie de diálogo com a natureza, através da qual os seus segredos podem ser revelados. A ordem racional da natureza, que se deriva de Deus, foi manifestado por leis definidas. Este resultado corrobora com a divindade, atemporal e imutável de Platão e Tomás de Aquino em cena, sob a forma de leis eternas, um conceito que se tornou o seu mais convincente com a obra monumental de Isaac Newton no século XVII. A física newtoniana distingui claramente entre os estados do mundo, que mudam a cada momento, e as leis, que permanecem inalterados. Mas aqui novamente a dificuldade de conciliar o eu e os retornos futuros, como podemos explicar o fluxo do tempo em um mundo fundado sobre as leis eternas? Esta edição da "flecha do tempo" tem atormentado a física desde então e ainda é objeto de intenso debate e investigação.

Nenhuma tentativa de explicar o mundo, seja científica ou teológica, pode ser considerado bem-sucedido até que explica a conjunção paradoxal de o temporal e o atemporal, ser e devir. E não importa confronta a combinação paradoxal mais fortemente que a origem do universo •

13. Agostinho de Hipona, Santo (354-430), o maior dos Padres da Igreja e um dos mais eminentes doutores da Igreja ocidental. Agostinho nasceu em 13 de Novembro 354 em Tagaste, Numídia (hoje Souk-Ahras, na Argélia). Seu pai, Patrick (morreu cerca de 371),

era um pagão (que mais tarde se converteu ao cristianismo), mas sua mãe, Mônica, era uma devota cristã, que dedicou sua vida à conversão de seu filho, sendo canonizado pela Igreja Católica Romana. Agostinho foi educado como um retórico nas cidades do Norte Africano de Tagaste, Madaura e Cartago. Entre 15 e 30 anos viveu com uma mulher de Cartago, cujo nome é desconhecido, com quem teve um filho em 372, o que eles chamaram de Adeodato, que em latim significa dádiva de Deus.

14. God and Timelessness por Nelson Pike (Rourledge & Kegan Paul, London, 1970), p. 3.

15. Trinity and Temporality por John O'Donnell (Oxford University Press, Oxford, 1983), p. 46.

Capítulo 2 – Pode o Universo criar a si mesmo?

"A ciência deve fornecer um mecanismo para que o Universo veio a existir."

John Wheeler

Em geral, pensamos que as causas precedem seus efeitos. É natural, portanto, para tentar explicar o universo, apelando para a situação em épocas cósmicas anteriores. Mas mesmo se poderia explicar o estado atual em termos do seu estado de bilhões de anos atrás, teríamos realmente conseguido algo, exceto retroceder o mistério bilhões de anos atrás? Certamente poderíamos explicar o estado do universo em que o tempo em termos de um estado anterior, e assim por diante. Será que essa cadeia de causa e efeito tem algum propósito? O sentimento de que "algo deve ter começado tudo" está profundamente enraizado na cultura ocidental. E há uma suposição generalizada de que este "algo" não pode estar dentro do escopo da investigação científica, deve estar em algum sentido sobrenatural. Os cientistas, nesse sentido, podiam ser muito inteligentes para explicar isso e aquilo. Ainda podia explicar tudo no universo físico. Mas em algum momento da cadeia de explicações chegar a um impasse para além do qual a ciência não pode penetrar. Esse ponto é a criação do universo como um todo, a origem última do mundo físico.

Este argumento, chamado de cosmológico, de uma forma ou de outra tem sido utilizado como prova da existência de Deus. Ao longo dos séculos, tem sido aperfeiçoado e discutido por muitos teólogos e filósofos, às vezes com grande sutileza. O enigma da origem cósmica é, provavelmente, uma área onde o cientista ateu se sentira desconfortável. A conclusão do argumento cosmológico foi, na minha opinião, difícil de falsificar, até alguns anos, até o momento em que tentativas sérias foram feitas para explicar a origem do universo, no âmbito da física. Devo dizer desde já que esta explicação pode ser completamente errada. No entanto eu não acho que isso é importante. O que está em jogo é se um ato sobrenatural é necessário ou não, para começar o universo. Se você pode construir uma teoria científica credível para explicar a origem de todo o universo físico, então, pelo menos, sabemos que uma explicação científica é possível, se é a teoria correta ou não.

Havia um evento de criação?

Qualquer discussão sobre a origem do universo, assume que o universo teve uma origem. Culturas mais antigas estavam inclinadas a uma visão do tempo em que o mundo teve um começo, mas experimentou intermináveis ciclos repetitivos. É interessante descobrir a origem dessas idéias. As tribos primitivas sempre viveram em harmonia com a natureza, dependendo para sua sobrevivência no ritmo das estações do ano e os demais períodos naturais. Muitas gerações passaram sem nenhuma alteração nessas condições, então a idéia de um modo de mudanças ou progresso histórico não ocorreu. Perguntas sobre a origem e o destino do mundo colocaram para fora sua visão da realidade. Eles estavam preocupados em mudanças com os mitos sobre padrões rítmicos, bem como a necessidade de levar aos deuses associados a cada ciclo para assegurar a fertilidade permanente e a estabilidade.

O surgimento das civilizações antigas na China e no Oriente Médio não faz muita diferença nessa visão. Jaki Stanley [16], um padre beneditino nascido na Hungria que tem doutorado em física e da teologia, fez um estudo detalhado das crenças antigas cosmologias cíclicas. Ele observa que o sistema chinês da dinastia reflete uma indiferença geral para a progressão histórica. "Suas datas cronológicas são reiniciadas a cada nova dinastia, a circunstância em que sugere que para eles o fluxo do tempo não foi linear, mas cíclico. Na verdade, todos os eventos, políticos e culturais, representam o padrão chinês periódico, uma pequena réplica da interação de duas forças fundamentais do universo, o Yin e o Yang. ... O sucesso alternado com o fracasso, como o progresso com o declínio [17].

16. http://www.mercaba.org/FICHAS/arvo.net/fisica_y_religion_en_perspectiva.htm
<http://www.arvo.net/includes/documento.php?IdDoc=2227&IdSec=406>

17. "The History of Science and the Idea of an Oscillating Universe" de Stanley Jaki, em "Cosmology, History and Theology " (eds. W. Yourgrau & AD Breck, Plenário, Hew York e Londres. 1977), p. 239.

O sistema hindu consiste de ciclos dentro de ciclos de duração imensa. Quatro yugas fazem uma Mahâyuga de 4320 milhões de anos, mil Mahayugas formam um kalpa, duas eras é um dia de Brahma, o ciclo de vida de Brahma é cem anos de Brahma, ou 311 trilhões de anos! Jaki compara os ciclos Hindus comparado a um moinho de extremidade de roda, o que contribui enormemente para o efeito hipnótico que descreve como é o desespero e o desânimo da cultura hindu. O fatalismo cíclico e também estão associados com a presença de cosmologia babilônica, egípcia e maia. Jaki relata a história de Itza, uma tribo maia bem armada, que voluntariamente desistiu controlar para um pequeno contingente de tropas espanholas em 1698, quando eles tinham informado oitenta anos atrás a dois missionários espanhóis que a data marcou o início de sua era fatídica.

A filosofia grega também estava baseada no conceito de ciclos eternos, mas em contraste com o desespero sombrio dos maias, os gregos acreditavam que a cultura representa o auge do ciclo - o maior auge do progresso. A natureza cíclica do tempo no sistema grego foi herdada dos árabes que permaneceram como guardiões da cultura grega, até que foi transmitida ao Cristianismo na Idade Média. Muito dessa visão de mundo das culturas europeias pode ser rastreada até a colisão monumental, em seguida, ocorreu entre a filosofia grega e judaico-cristã. Claro que é essencial para a doutrina judaica e cristã de que Deus criou o universo em um momento específico no passado, e que os eventos posteriores formam uma seqüência que se desenvolve de uma maneira unidirecional. Devido a isso um sentido de progressão histórica - a Queda, o Convênio, a Encarnação e a Ressurreição, a Segunda Vinda - permeia essas religiões e proporciona um contraste com a noção grega do eterno retorno. Em sua ânsia de aderir a um tempo linear em vez de cíclico, os Padres da Igreja denunciaram como pagã a visão cíclica do mundo dos filósofos gregos apesar de sua admiração geral do pensamento grego. Assim, encontramos em São Tomás de Aquino reconhecendo o poder da argumentação filosófica de Aristóteles sobre que o universo deve ter sempre existido, mas apelando para acreditar em uma origem cósmica com fundamentos bíblicos.

Uma característica fundamental da doutrina judaico-cristã da criação é que o Criador é

completamente distinto e independente da sua criação, ou seja, a existência de Deus não garante automaticamente a existência do universo, como em alguns sistemas pagãos onde o mundo físico emana do Criador, como uma extensão automática de seu ser. Em vez disso, o universo se tornou existente em um momento definido no tempo, como um ato deliberado de criação sobrenatural de um ser existente.

Tão simples como este conceito possa parecer, isso causou uma disputa doutrinária por séculos, em parte porque os textos antigos são um tanto vagos sobre o assunto. A descrição bíblica do Gênesis, por exemplo, que é baseado em mitos anteriores sobre a criação do Oriente Médio, é comum na poesia, mas breve em detalhes factuais. Não há indicação clara de que Deus simplesmente ordenou um caos primordial, e matéria e criou a luz existente no vácuo, ou fez algo ainda mais profundo. Perguntas incômodas abundam. O que Deus estava fazendo antes de criar o universo? Por que ele criou em um instante no tempo e não outro? Se eu tivesse sido feliz durando uma eternidade sem um universo, o que fez com que ele mudasse de idéia e criar um?

A Bíblia deixa muito espaço para o debate destas questões. E, certamente, tem havido muito debate. Na verdade, a maioria de doutrina cristã sobre a criação foi desenvolvida muito tempo depois que Gênesis foi escrito, e foi influenciado pelo pensamento grego como pelo pensamento judeu. Dois aspectos são particularmente interessantes do ponto de vista científico. O primeiro é o relacionamento de Deus com o tempo, o segundo é a sua relação com a matéria.

Todas as grandes religiões ocidentais proclamam que Deus é eterno, mas a palavra "eterno" pode ter dois significados completamente diferentes. Por um lado, pode significar que Deus tem existido por um período infinito de tempo no passado e continuará a existir por uma duração infinita no futuro, ou pode significar que Deus está fora do próprio tempo. Como mencionado no Capítulo 1, Agostinho optou por este último, quando disse que Deus fez o mundo "com o tempo, não dentro do tempo." Considerando o tempo como parte do universo físico, ao invés de algo em que a criação de Universo acontece, e colocou Deus para fora, Agostinho resolveu o problema de que Deus estava fazendo antes da criação.

No entanto, essa vantagem tinha um preço. Todo mundo pode ver a força do argumento "alguma coisa deve ter começado tudo." No século XVII, era moda se referir ao universo como uma gigantesca máquina que tinha sido criada por Deus. Ainda hoje, muitas pessoas gostam de acreditar no papel de Deus como o Primeiro Motor ou Primeira Causa de uma cadeia cósmica causal. Mas o que isso significa para um Deus que esta fora do tempo causar

algo? Devido a esta dificuldade, os crentes em um Deus eterno preferem enfatizar o seu papel no apoio à criação, em cada momento de sua existência. Não há distinção entre criação e preservação: ambos são para os olhos de um Deus único e atemporal a mesma ação.

A relação entre Deus com a matéria semelhantemente tem sido objeto de dificuldades doutrinárias. Alguns mitos da criação, como a versão babilônica, pintam uma descrição que o cosmos foi criado a partir de um caos primordial. ("Cosmos significa literalmente "ordem" e "beleza", este último sobrevive na palavra moderna "cosmética.") De acordo com essa visão, a matéria antecede, e é ordenada por um ato sobrenatural de criação. Um quadro semelhante foi exibido na Grécia clássica: O Demiurgo de Platão foi restrito a ter que trabalhar com os materiais existentes. Esta foi também a posição assumida pelos cristãos gnósticos, que se referiu ao assunto como corrupto e, portanto, um produto mais do demônio do que para Deus.

Na verdade, o uso mais amplo da palavra "Deus" nestas discussões pode ser bastante confuso, dada a grande variedade de sistemas teológicos que têm sido propostos ao longo da história. A crença em um ser divino que começou o universo e depois se "senta" para ver como se desenrolam os acontecimentos e não toma parte direta na edição subsequente é conhecido como "deísmo." Aqui a natureza de Deus é capturada pela imagem do relojoeiro perfeito, uma espécie de engenheiro cósmico que projeta e constrói um mecanismo vasto e elaborado e, em seguida, faz ele andar. O contraste com o deísmo é o "teísmo" que acredita em um Deus que é criador do universo, mas também envolvido no mundo cotidiano, especialmente nos assuntos dos seres humanos, a quem Deus tem uma relação pessoal e tem um papel de guia. Em ambos, deísmo e teísmo, faz uma clara distinção entre Deus e o mundo, entre criador e criatura. Deus é concebido inteiramente diferente e além do universo, embora ainda seja responsável pelo universo. No sistema conhecido como "panteísmo" não há uma separação entre Deus e o universo físico. Por isso, Deus é encontrado na natureza em si é tudo é parte de Deus, e Deus está em tudo. Há também o "panenteísmo", que é semelhante ao panteísmo, no sentido de que o universo é parte de Deus, mas onde nem tudo é Deus. Uma metáfora é aquela em que o universo é o corpo de Deus.

Finalmente, um número de cientistas propuseram uma espécie de Deus que evolui dentro do universo, tornando-se tão poderoso que se assemelha ao Demiurgo de Platão. Podemos imaginar, por exemplo, a vida inteligente, ou até mesmo máquinas inteligentes cada vez mais avançadas gradualmente se espalhando por todo o cosmos, ganhando o controle sobre

partes cada vez maiores até que sua manipulação da matéria fosse indistinguível da própria natureza. Tal inteligência parecida com Deus podia desenvolver de nossos próprios descendentes, ou até mesmo ter desenvolvido como uma comunidade ou comunidades de extraterrestres. A fusão de duas ou mais inteligências diferentes durante este processo evolutivo é concebível. Sistemas deste tipo têm sido propostos pelo astrônomo Fred Hoyle, o físico Frank Tipler e o escritor Isaac Asimov. O Deus nesses sistemas é claramente inferior ao universo, e, apesar de imensamente poderoso, não é onipotente, e não pode ser considerado como o criador do universo como um todo, apenas parte de seu conteúdo organizado. (A menos que se introduza um sistema especial de causalidade reversa, através da qual a super-inteligência ao final do universo atua de volta no tempo para criar um universo como parte de um ciclo de causalidade auto-consistente. Existem indícios disso, nas idéias do físico John Wheeler. Fred Hoyle também discutiu este esquema, mas não no contexto da construção de um evento totalmente inclusivo.)

Criação a partir do nada

Os mitos pagãos da criação pressupõe a existência de matéria e de um ser divino e, portanto, são fundamentalmente dualistas. Em contrapartida, a antiga Igreja Cristã estabeleceu a doutrina da "criação *ex nihilo*", no qual só Deus é necessário. Se toma que Ele criou todo o universo do nada. A origem de todas as coisas visíveis e invisíveis, incluindo a matéria, é então atribuída a um ato livre de criação de Deus. Um componente importante desta doutrina é a onipotência de Deus: não há limite ao seu poder criativo, como foi o caso do Demiurgo grego. Na verdade, Deus não se limita apenas a trabalhar com o material existente, nem limitado a trabalhar com as leis da física preexistentes, porque parte de seu ato criativo era trazer as leis à existência e posteriormente estabelecer a ordem e a harmonia do cosmos. A Crença Gnóstica de que a matéria é corrupta é julgada incompatível com a Encarnação de Cristo. Do outro lado da questão a matéria não é divina, como no esquema panteísta, onde toda a natureza é infundida com a presença de Deus. O universo físico - uma criatura de Deus - é considerado distinto e separado de seu criador.

A importância da distinção entre criador e criatura deste sistema é que o mundo criado é absolutamente dependente de sua existência do criador. Se o mundo físico em si era divino, ou algo que emana diretamente do criado, então ele deve compartilhar a necessária existência do criador. Mas desde que foi criado do nada, e por causa do ato criativo foi uma livre escolha do criador, o universo não existe necessariamente. Assim, Agostinho escreveu: "Você criou alguma coisa, e esse algo foi criado do nada. Tu fizeste os céus e a terra, mas não fez isso de ti mesmo, porque seria igual a sua criação e, portanto, seria igual a você."

[18] A distinção mais óbvia entre criador e criatura é que o Criador é eterno enquanto o mundo criado tem um começo. Assim, o antigo teólogo cristão Irineu escreveu: "Mas as coisas estabelecidas são diferentes dele, que tem estabelecido e que tenham sido feitas para ele, ele fez. Porque Ele é Ele mesmo incriado, ambos sem princípio nem fim, e sem perder nada. Ele próprio é suficiente para sua própria existência, mas as coisas que foram feitas por ele ter recebido um começo." [19]

Ainda persistem diferenças doutrinárias sobre o significado da criação entre os principais ramos da Igreja, e ainda grandes diferenças entre as várias religiões do mundo que vão desde as idéias dos fundamentalistas cristãos e islâmicos, com base em uma interpretação literal dos textos tradicionais aos dos pensadores radicais cristãos que preferem uma visão puramente abstrata da criação. Mas todos concordam que, de alguma forma ou de outra o mundo físico é, em si incompletas. Não é possível explicar a si mesmo, e só pode ser compreendida a partir de sua dependência de uma influência divina.

18. Confissões de Agostinho, livro 12, cap 7.

19. Contra as Heresias por Irineu, livro III, X, 3.

O Começo do Tempo

Voltando para a posição científica da origem do universo, pode-se ser indagado novamente sobre as provas de saber se realmente havia uma origem. É certamente possível conceber um universo de duração infinita, e acompanhando o trabalho de Copérnico, Galileu e Newton observamos que muitos na era científica moderna, em geral acreditavam em um universo eterno. No entanto, houve alguns aspectos paradoxais a esta crença. Newton estava intrigado por que o universo não é precipitado em uma grande massa. Como poderiam as estrelas permanecer suspensas no espaço para sempre, sem apoio, sem ser atraído para si pela sua força gravitacional mútua? Newton propôs uma solução engenhosa. Para que o universo se contrai-se em seu centro de gravidade tem que *haver* um centro de gravidade. Se, no entanto, o universo era infinito em extensão espacial e, em média uniformemente povoado por estrelas, então não haveria um centro privilegiado para que as estrelas pudessem cair. Qualquer estrela dada seria atraída igualmente em todas as direções, e não haveria força resultante em qualquer direção.

Esta solução não é muito satisfatória, porque matematicamente é ambígua, todas as forças

concorrentes são todas infinitas em grandeza. Assim, o mistério de como o universo impede de evitar um colapso se persistiu até o século atual. Mesmo Einstein estava perplexo. Sua própria teoria da gravitação (a teoria da relatividade geral) foi formulada em 1915 e quase imediatamente "corrigida" em uma tentativa de explicar a estabilidade do cosmos. A alteração foi a introdução de um termo extra nas equações de campo gravitacional que corresponde a uma força repulsiva - uma espécie de antigravidade. Se a intensidade da força de repulsão foi ajustada para corresponder à força gravitacional de todos os corpos cósmicos uns aos outros, a atração e repulsão podem ser balanceadas para produzir um universo estático. Infelizmente, o equilíbrio se mostrou instável, de modo a menor perturbação causaria uma das forças prevalecerem, ou dispersar o cosmos em um vôo expansivo, ou enviá-la a uma implosão.

Era o mistério do colapso do cosmos o único problema com para o universo eterno. Havia também algo chamado paradoxo da Olbers [20] que diz respeito a escuridão do céu noturno. A dificuldade aqui é que se o universo é infinito em extensão espacial como na antiguidade, então a luz de uma infinidade de estrelas seria derramada sobre a terra desde o céu. Um simples cálculo mostra que o céu seria escuro sob aquelas circunstâncias. O paradoxo pode ser resolvido assumindo uma idade finita do Universo, porque, nesse caso, seria capaz de ver somente a luz das estrelas que tiveram tempo para viajar através do espaço para a Terra desde o início.

Hoje reconhecemos que de modo algum uma estrela pode ficar queimando para sempre. Iria acabar o combustível dela. Isso ilustra um princípio muito genérico: um universo eterno é incompatível com a existência de processos físicos irreversíveis. Se os sistemas físicos podem sofrer alterações irreversíveis a uma velocidade finita, então o mesmo deve ter concluído essas mudanças em um momento anterior infinito. Por conseguinte, não poderíamos agora estar testemunhando as mudanças (como a produção e emissão de luz das estrelas.) Na verdade, o universo físico está repleto de processos irreversíveis. Em alguns aspectos, é mais parecido com um relógio parando devagar. Tal como um relógio não pode continuar a caminhar para sempre, então o universo não poderia ter sido executado para sempre sem que se tenha "dado corda" novamente. Estes problemas ocuparam os cientistas durante a metade do século XIX. Até então, os físicos tinham lidado com as leis que eram simétricas no tempo, não mostrando nenhum favoritismo entre o passado e o futuro. Em seguida, a investigação de processos termodinâmicos mudaram para sempre. No coração da termodinâmica reside a segunda lei, que proíbe o fluxo de calor espontaneamente de frio para corpos quentes, enquanto que permite o fluxo de calor para frio. Portanto, esta lei não é reversível: Impressa sobre o universo uma flecha do tempo, apontando o caminho para uma mudança unidirecional. Os cientistas chegaram à conclusão de que o universo está

envolvido em uma estrada de mão única em um estado de equilíbrio termodinâmico. Esta tendência para a uniformização, onde as temperaturas são correspondidas e o universo termina em um estado estável, é conhecida como a "morte térmica." Isto representa um estado de desordem molecular ou entropia máxima. O fato de que o universo ainda não está morto - isto é, ainda é menor do que o estado máximo de entropia - significa que não pode ter durado toda a eternidade.

Em 1920, astrônomos descobriram que a imagem de um universo estático, estava em todo caso equivocada. Eles descobriram que na verdade o universo está se expandindo, com as galáxias fugindo umas das outras. Esta é a base da conhecida teoria do big-bang, segundo a qual todo o universo tornou-se existente subitamente, cerca de quinze bilhões de anos atrás em uma explosão gigantesca. A expansão de hoje pode ser considerada como um resquício da explosão primordial. A descoberta do Big-Bang tem sido muitas vezes tomada como confirmação de eventos bíblicos de Gênesis. Com efeito, em 1951, o Papa Pio XII se referiu a ele em um discurso à Pontifícia Academia das Ciências. Naturalmente, o cenário do big-bang apresenta apenas uma semelhança mais superficial do Gênesis, portanto, deve ser interpretado como quase inteiramente simbólico para que se possa estabelecer alguma conexão. A melhor coisa que posso dizer é que ambos necessitam de um começo brusco ao invés de gradual e inexistente.

20. http://das.uchile.cl/cursos/eh28b/2p10_olbers.pdf
<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Launchpad/9192/olbers.htm>
<http://perso.wanadoo.es/galileus2001/olbers.htm>
<http://www.arachnoid.com/sky/olbersparadox.html>
<http://zebu.uoregon.edu/~imamura/123/lecture-5/olbers.html>
<http://www.math.ucr.edu/home/baez/physics/Relativity/GR/olbers.html>
<http://cmb.physics.wisc.edu/tutorial/olbers.html>

A teoria do big-bang automaticamente evita o paradoxo de um cosmos eterno. Porque um universo que é finito em idade, não há problemas com processos irreversíveis. Obviamente, o universo começou com a "corda carregada" e ainda está ocupando em se descarregar. A

noite é escura porque podemos ver somente a uma distância finita no espaço (cerca de quinze bilhões de anos luz), sendo esta a distância máxima que a luz tem de viajar para a Terra desde o início. Essa não é a dificuldade de o universo entrar em colapso sob seu próprio peso. Como as galáxias estão se separando as impede de cair todas juntas, pelo menos por um tempo.

Enquanto a teoria resolve alguns problemas outros nos confrontam, não sendo o menor deles para explicar o que causou o big-bang em primeiro lugar. É aqui que encontramos a sutileza importante sobre a natureza do big-bang. Algumas explicações populares dão a impressão de que foi a explosão de um amontoado concentrado de matéria localizada em um lugar especial, um vazio pré-existente. Esta é uma conclusão grosseiramente errada. A teoria do big-bang é baseada na teoria da relatividade geral de Einstein. Uma das principais características da teoria da relatividade geral é que as questões de matéria não podem ser separadas das questões de espaço e tempo. É uma união que tem profundas implicações para a origem do universo. Se você imaginar "passando um filme cósmico para trás", então as galáxias estão mais perto da fusão. Em seguida, o material galáctico é espremido cada vez mais até que um estado de alta densidade é alcançado. Poderíamos perguntar se existe um limite para o grau de compressão no momento em que espasmos haviam anteriormente no instante da explosão.

É fácil ver que pode haver um limite simples. Suponha que há um estado de máxima compressão. Isso implicaria a existência de algum tipo de força repulsiva que superou a enorme gravidade, caso contrário, a gravidade iria ganhar e o material seria mais comprimido. Além disso, a força expulsiva teria que ser muito grande, porque a força da gravidade implosiva cresce sem limite à medida que aumenta a compressão. Então, o que poderia ser a força estabilizadora? Um tipo de pressão ou rigidez do material, talvez - quem sabe o que poderia implantar as forças da natureza nestas condições? No entanto, nós não sabemos os detalhes das forças que podem se aplicar a certas considerações gerais. Por exemplo, na medida em que o material se torna cada vez mais rígido, a velocidade do som no material cósmico se torna mais rápido. Parece claro que, se a rigidez da matéria cósmica primordial se tornaria suficientemente grande a velocidade do som superaria a velocidade da luz. Mas isto é estritamente contrário à teoria da relatividade, que exige que nenhuma influência física pode viajar mais rápido que a luz. Portanto, o material pode nunca ter sido infinitamente rígido. Por conseguinte, em algum momento durante a compressão, a força da gravidade deve ser maior que a força da rigidez, o que implica que a rigidez seria incapaz de conter a tendência de compressão da gravidade.

A conclusão que se chegou a respeito da luta entre as forças primitivas era que, sob condições de compressão extremas, como aconteceu durante o big-bang, nenhuma força no universo é capaz de superar o poder esmagador da gravidade. O colapso não é limitado. Se a matéria do universo foi espalhada uniformemente, então esta devia ter sido infinitamente comprimida em primeiro lugar. Em outras palavras, todo o universo deve ter sido apertado em um único ponto. Nesse ponto a força gravitacional e da densidade do material eram infinitas. Um ponto de compressão infinita é conhecido na física matemática como uma "singularidade".

Embora uma pessoa é levada a motivos bastante elementares a espera de uma singularidade na origem do universo, se exige uma investigação matemática de alguma delicadeza para estabelecer o resultado rigorosamente. Esta pesquisa foi o principal trabalho dos físicos matemáticos britânicos Roger Penrose e Stephen Hawking. Em uma série de poderosos teoremas provou que uma singularidade no big-bang é inevitável, enquanto a gravidade permanece como uma força atrativa sob as condições extremas do início do universo. O aspecto mais significativo dos seus resultados é que a singularidade não é evitada, mesmo que a matéria cósmica é distribuída de forma desigual. É uma característica geral do universo descrito pela teoria da gravitação de Einstein - ou para essa questão, qualquer teoria semelhante.

Houve grande resistência entre os físicos e cosmólogos a idéia de uma singularidade no big-bang, quando foi debatida pela primeira vez. Uma razão para isso diz respeito ao fato acima mencionado de que matéria, espaço e tempo estão unidos pela teoria da relatividade geral. Essa união tem implicações importantes para a natureza do universo em expansão. Ingenuamente, pode-se supor que as galáxias estão se afastando rapidamente através do espaço. Um quadro mais preciso, no entanto, é imaginar o mesmo espaço como expandindo ou contraindo-se. Esta é que as galáxias se afastam porque o espaço entre elas aumenta. (Os leitores que se sentem desconfortáveis com a idéia de que o espaço pode se contrair pode se referir a meu livro *The Edge of Infinity* para mais discussões [21]). Por outro lado, no passado, o espaço estava contraído. Se considerarmos a compressão do tempo infinito, o espaço era infinitamente contraído. Mas se o espaço esta infinitamente contraído, pode literalmente desaparecer, como um balão furado em nada. E o importante elo de ligação entre o espaço, tempo e matéria também significa que o tempo também deve desaparecer. Não pode haver tempo sem espaço. Portanto, o material também é uma singularidade da singularidade do espaço-tempo. Porque todas as nossas leis da física são formuladas em termos de espaço e tempo, estas leis não se aplicam para além do ponto em que o espaço e o tempo deixam de existir. Portanto, as leis da física devem se quebrar na singularidade.

A imagem que temos da origem do universo é muito especial. Em um tempo finito no universo do passado de espaço, tempo e matéria era limitada por uma singularidade do espaço-tempo. A evolução da existência do universo é, portanto, representada não só pela aparência abrupta da matéria, mas o espaço e o tempo também.

O significado deste resultado não deve ser subestimado. Muitas vezes as pessoas perguntam onde ocorreu o big-bang? Não ocorreu em qualquer ponto do espaço em absoluto. O espaço em si tornou-se existente com o big-bang. Há uma dificuldade semelhante com a pergunta: O que aconteceu antes do big bang? A resposta é não houve um "antes". O próprio tempo começou com o big-bang. Como vimos, Santo Agostinho há muito tempo afirmou que o mundo tinha sido feito com o tempo e não dentro no tempo, e que é precisamente a posição da ciência moderna.

No entanto, nem todos os cientistas estavam preparados para aceitar isso. Apesar de reconhecer a expansão do universo, alguns cosmologistas tentaram construir teorias que impediu, no entanto, uma única origem para o espaço e tempo.

21. *The Edge of Infinity: Where the Universe Came from and How It Will End* por P. C. W. Davies (Simon & Schuster (janeiro 1981))

Visitando Novamente o Mundo Cíclico

Apesar da forte tradição ocidental de um universo criado em tempo linear, a atração do eterno retorno sempre fica logo abaixo da superfície. Mesmo na era moderna do big-bang, tem havido tentativas de reinstalar o cosmologia cíclica. Como vimos, quando Einstein formulou sua teoria da relatividade geral, os cientistas ainda acreditavam em um universo estático, e isto levou Einstein a "corrigir" suas equações para criar um equilíbrio entre a gravitação e a levitação. Enquanto isso, no entanto, um obscuro meteorólogo russo chamado Alexander Friedmann começou a estudar as equações de Einstein e suas implicações para a cosmologia. Descoberto várias soluções interessantes, que descreveu um universo que se expande e se contrai. Um conjunto de soluções corresponde a um universo que começa em uma grande explosão (big bang), está se expandindo a uma velocidade cada vez menor, e então começa a se contrair novamente. A fase de contração é simétrica à expansão, de modo que a contração é maior e mais rápido até que o universo desaparece em um "big crunch" -

uma implosão catastrófica como um big bang ao contrário. Este ciclo de expansão e contração pode ser continuado em outro ciclo, e depois outro e assim por diante *ad infinitum* (ver Figura 1). Em 1922 Friedmann enviou detalhes do seu modelo de universo periódico para Einstein, que ficou impressionado. Foi apenas alguns anos mais tarde com a descoberta de Edwin Hubble e outros astrônomos que o universo está realmente se expandindo, que o trabalho de Friedmann foi devidamente reconhecido.

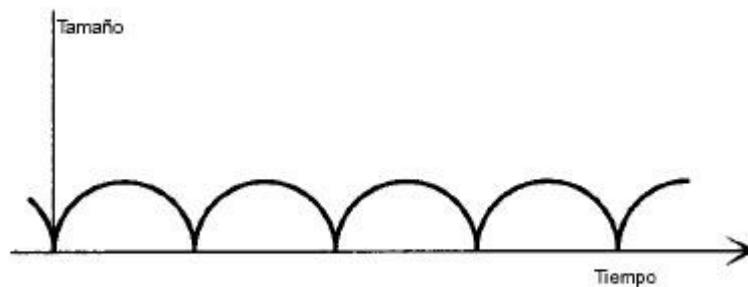


Figura 1. Universo oscilante. O gráfico mostra como o tamanho do universo varia com o tempo em que expande e contrai ciclicamente.

As soluções de Friedmann não exigem que o universo se oscile com fases de expansão e recontração, e pode também explicar um universo que começa com um grande estrondo e continua a se expandir para sempre. Qual dessas alternativas vai prevalecer depende da quantidade de matéria no universo. Basicamente, se existe matéria suficiente a sua gravidade eventualmente impede a dispersão e produzira o colapso. Assim, o medo de Newton do colapso cósmico acabou por ser confirmado, mas só depois de ter passado milhares de milhões de anos. As medições mostram que as estrelas são apenas cerca de 1% da densidade necessária para o colapso do universo. No entanto, há fortes indícios de uma grande quantidade de matéria escura invisível e, possivelmente, o suficiente para compensar o déficit. Ninguém sabe ao certo quem é essa "matéria perdida".

Se há matéria suficiente para causar a recontração, devemos considerar que o universo poderia ser pulsante. Muitos livros populares sobre cosmologia apresentam o modelo pulsante e indicam sua consistência com a cosmologia hindu e outras cosmologias orientais de natureza cíclica. Poderia ser que a solução de Friedmann seja a contrapartida científica da velha ideia do eterno retorno, e que a duração de bilhões de anos desde o Big Bang ao Big Vrunch represente o Grande Ano do Ciclo de Vida da Brahma?

Por mais atraente que as teorias podem ser, falham ao ser submetidas a exames. Primeiro, o modelo não é rigorosamente periódico, no sentido matemático. Os pontos de passagem do big crunch ao "big bang" são verdadeiramente singularidades, o que significa que as equações envolvidas não existem. Para que o universo rebote de uma contração à expansão sem encontrar singularidades, é necessário que algo inverta a força da gravidade e impulse o material para fora novamente. Em essência, a recuperação só é possível se o movimento do universo é dominado por uma imensa força repulsiva (tais como levitação), como uma força "corretora" que Einstein sugeriu, mas maior em magnitude por um fator enorme.

Ainda se criar um mecanismo para isso, o modelo cíclico inclui apenas o movimento total do cosmos, e ignora os processos físicos dentro dele. A segunda lei da termodinâmica requer ainda que estes processos gerem entropia, e que a entropia total do universo continua a crescer no próximo ciclo. O resultado é um efeito bastante curioso, descoberto por Richard Tolman em 1930. Tolman constatou que, como a entropia do universo cresce, o crescimento e os ciclos duram cada vez mais (figura 2). O resultado é que o universo não é estritamente cíclico em absoluto. Estranhamente, apesar do contínuo crescimento da entropia do universo nunca é um equilíbrio termodinâmico - não é um estado de entropia máxima. Apenas pressionando para sempre está gerando mais e mais entropia na estrada.

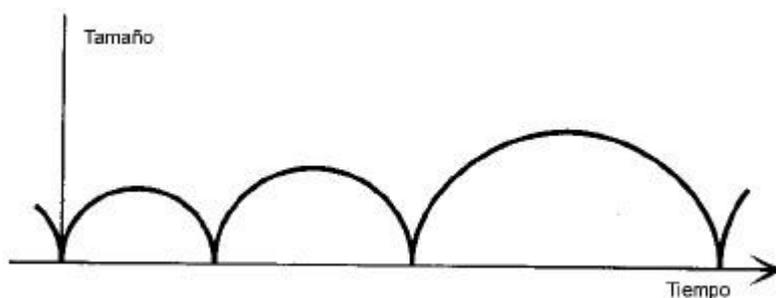


Figura 2. em um modelo mais realista de um universo oscilante, os ciclos crescem ao longo do tempo

Na década de 1960 o astrônomo Thomas Gold pensou que ele tinha encontrado um modelo de universo verdadeiramente cíclico. Gold sabia que um universo estático, eterno é insustentável porque alcançaria um equilíbrio termodinâmico em um tempo finito. Estava chocado com o fato de que a expansão do universo trabalhava contra o equilíbrio termodinâmico esfriando continuamente o material cósmico (este é o conhecido princípio de

que o material esfria quando se expande). Parecia para Gold que o aumento de entropia cósmica poderia ser atribuído ao fato de está se expandindo. Mas essa conclusão leva a fuga de uma previsão notável: se o universo estivesse a diminuir, tudo estaria de volta - a diminuição de entropia e novamente a segunda lei da termodinâmica é invertida. Em certo sentido, o tempo volta para trás. Gold notou que esta inversão se aplica a todos os sistemas, inclusive o cérebro humano e a memória, pois a seta psicológica do tempo também seria invertida: podemos "lembrar o futuro", em vez do passado.

Qualquer ser consciente vivendo do que poderia ser chamado de fase de contração inverteria nossas definições do passado e do futuro e também consideram-se como vivendo na fase de expansão do universo (Figura 3). Por sua definição, nós somos aqueles que estariam na fase de contração. Se, como resultado da inversão do universo é realmente simétrico no tempo, então o estado final do universo no big crunch seria idêntico ao seu estado no big bang. Estes dois acontecimentos podem ser identificados e fechados em um ciclo de tempo. Neste caso, o universo seria verdadeiramente cíclico.

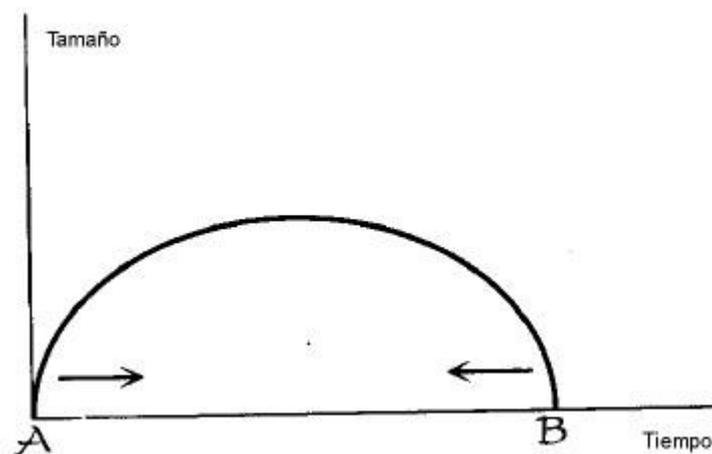


Figura 3. O universo de tempo reversível. Durante a fase de expansão, o tempo corre para a frente, e durante a contração corre para trás. Como resultado, é possível identificar a primeira e a última vez que A e B, fechando assim o tempo de ciclo.

O universo simétrico no tempo também foi investigado por John Wheeler, que supôs que a inversão pode não ocorrer de forma abrupta, mas gradualmente, como uma virada da maré. Ao invés de uma flecha do tempo que é subitamente revertida no momento de expansão máxima, talvez isso poderia vacilar lentamente, em seguida, desapareceria antes de virar e apontando na direção oposta. Wheeler especulou que como resultado alguns processos

aparentemente irreversíveis, tais como o decaimento de núcleos radioativos podem mostrar sinais de desaceleração antes do inversão. Sugeriu que uma comparação da taxa de decaimento radioativo com seus valores atuais no passado remoto pode indicar este atraso.

Outro fenômeno que mostra uma seta de tempo diferente é a emissão de radiação eletromagnética. Um sinal de rádio, por exemplo, é sempre recebido após enviado, nunca antes. Isso ocorre porque quando um transmissor de rádio gera ondas, os mesmos fluxos vão para fora da antena das profundezas do universo. Nunca observaram padrões de ondas de rádio organizada provenientes das bordas do universo e convergindo para uma antena. (O termo técnico para as ondas que a vazão é "retrasada" e para aqueles que são fluem convergentemente é "avançado"). Contudo, se a flecha do tempo vai inverte na fase de contração do universo, então a direção do movimento de ondas de rádio também serão invertidas - as ondas retrasadas seriam substituídas por ondas avançadas. No âmbito da "inversão de maré" de Wheeler, isto poderia sugerir que próximo do big bang todas as ondas de rádio seriam retrasadas, então, quando se aproxima o tempo máximo de expansão ocorre quantidades crescentes de ondas avançadas. No máximo, têm o mesmo número de ondas retrasadas e avançadas, enquanto que durante a fase de contração as ondas avançadas dominariam. Se essa idéia estiver correta, implica que há uma quantidade muito pequena de ondas de rádio avançadas de nossa época atual cósmica. Na verdade, essas são as ondas de rádio "do futuro".

Embora essa idéia possa parecer fantástica foi testada em um experimento conduzido pelo astrónomo Bruce Partridge, em 1970. O início do experimento é que, se as ondas de rádio emitidas por uma antena é direcionado para uma tela onde são absorvidos, as ondas serão 100% retrasadas, se for permitido a fluir para o espaço, algumas delas continuam afetadas até "a maré se tenha invertido." Por último, mas não o primeiro conjunto de ondas teria, então, um pequeno componente avançado. Se fosse esse o caso, as ondas avançadas voltariam à antena numa pequena fração de energia que as ondas emitem. O efeito produziria uma ligeira diferença na energia drenada pela antena quando ela é orientada para uma tela e quando ela é orientada para o espaço. Apesar da alta sensibilidade das medições, a perdiz não encontrou nenhuma evidência de ondas avançadas.

Por mais atrativo que o universo possa ser simétrico, é muito difícil de provar sua plausibilidade. Estatisticamente, a esmagadora maioria dos possíveis estados iniciais do universo não produziram reversão, somente se o estado do universo é selecionados para pertencer a um grupo único e muito especial de "reverter a maré." A situação pode ser comparada a uma bomba explodindo dentro de um recipiente de aço: é possível imaginar

que todos os fragmentos da bomba saltando em uníssono nas paredes do recipiente e se reunindo novamente para reconstruir a bomba. Esse tipo de comportamento conspirativo não é estritamente impossível, mas requer um incrivelmente complicado conjunto de circunstâncias.

No entanto o universo simétrico se provou bastante convincente até que Stephen Hawking recentemente flertou com ele, como parte de seu programa de cosmologia quântica, que explicarei brevemente. Todavia, após uma investigação mais aprofundada, Hawking admitiu que sua proposta foi mal concebida.

Criação Contínua

Thomas Gold conta a história de que uma tarde, no final da década de 1940 ele e Herman Bondi caminharam a pé para um cinema sabendo que ia ser visto um filme chamado *Dead of Night*, sobre sonhos dentro de sonhos que formam uma seqüência sem fim. No seu caminho a casa de repente, ocorreu-lhes que o tema do filme poderia ser uma alegoria para o universo. Talvez não há princípio, nem sequer mesmo big bang. Pode ser que ele, por sua vez tem uma maneira de se preencher continuamente para que ele possa continuar andar para sempre.

Nos meses seguintes Bondi e Gold concluíram a idéia. A característica central da teoria de Bondi-Gold é que não houve um big bang na origem do universo em que toda a matéria foi criada. Em vez disso, como o universo se expande, se cria novas partículas de matéria para preencher os espaços de forma a preservar a densidade média de matéria em que o universo permanece inalterado. Qualquer galáxia individual vai passar por seu ciclo de vida evolucionário culminando com sua morte, quando as estrelas se apagam, mas novas galáxias serão capazes de ser formar a partir do material recém-criado. Em todos os momentos haverá qualquer mistura de galáxias de diversas idades, mas as mais antigas estarão espalhadas, porque o universo tem se expandido muito desde o seu nascimento. Bondi e Gold imaginava que a taxa de expansão do Universo é constante e a velocidade de criação da matéria é tal que a densidade média permanece constante. A situação é semelhante à de um rio que parece estável, mas a água flui continuamente através dele. O rio não é estático, mas está em um estado estacionário. Portanto, a teoria ficou conhecida como a teoria do universo em "estado estacionário".

O universo em estado estacionário não tem começo nem fim, e parece em média igual em todas as épocas cósmicas, apesar da expansão. O modelo evita a morte térmica, pois a injeção de matéria nova também injeta entropia negativa: para retornar à analogia do relógio, sua corda é continuamente recarregada. Bondi e Gold não deu nenhum mecanismo detalhado para explicar como a matéria é criada, mas o seu colega Fred Hoyle estava trabalhando apenas sobre essa questão. Hoyle investigou a possibilidade de um "campo de criação", que tinha o efeito de produzir novas partículas de matéria. Como a matéria é uma forma de energia, o mecanismo de Hoyle poderia ser interpretado como uma violação da lei da conservação da energia, mas isso não é necessariamente assim. O campo da criação em si carrega a energia negativa, e organizando as coisas cuidadosamente é possível que a energia positiva da matéria criada, seja compensada exatamente pela energia negativa aumentada do campo de criação. Em um estudo matemático desta interrelação, Hoyle concluiu que o modelo de campo de criação automaticamente tende, e logo permanece, no estado estacionário exigido pela teoria de Bondi e Gold.

O trabalho de Hoyle proveio do suporte teórico necessário para garantir que a teoria do estado estacionário fosse levada a sério, e por uma década ou mais foi considerado um concorrente comparável à teoria do big bang. Muitos cientistas, incluindo os autores da teoria do estado estacionário, sentiram que havendo abolido o big bang havia sido removido de uma vez por todas, a necessidade de uma explicação sobrenatural do Universo. Em um universo sem princípio não há necessidade de um evento de criação ou de um criador, e um universo com um campo físico de criação para torná-los a "recarregar sua corda" não requer a intervenção divina para mantê-lo funcionando.

Na verdade, esta conclusão é um *non sequitur* [22]. O fato de que o universo não pode ter uma origem no tempo não explica a sua existência, ou por que tem a forma que tem. Certamente não explica por que a natureza tem os campos relevantes (como o campo da criação) e os princípios físicos que fornece um estado estacionário. Ironicamente, alguns teólogos têm realmente comemorado a teoria do estado estacionário como um *modus operandi* para a atividade criativa de Deus. Depois de um universo inteiro que viva para sempre evitando a morte térmica, tem um apelo teológico considerável. Por volta da virada do século XIX e XX, o matemático e filósofo Alfred North Whitehead fundou a escola Teológica chamada de Processo. Os teólogos do Processo rejeitam o conceito tradicional cristão da criação do nada em favor de um universo que não teve início. A atividade criadora de Deus é revelada como um processo contínuo, um avanço na atividade criativa da natureza. Voltarei ao tema da cosmologia criativa no Capítulo 7.

Eventualmente, a teoria do estado estacionário caiu fora dos fundamentos filosóficos, pois foi falsificada pela observação. A teoria faz previsões muito específicas que o universo deve ter a mesma aparência, em média, em todos os momentos e que o advento dos grandes rádios telescópios permitiram que esta previsão seja comprovada. Quando os astrônomos observam objetos muito distantes, eles não aparecem como eles são hoje, mas como eles eram no passado remoto, quando as ondas de luz ou rádio deixaram um longo caminho na terra. Hoje, os astrônomos conseguem estudar objetos que estão há muitos bilhões de anos-luz, assim como nós vemos como eles eram há bilhões de anos. Assim, uma pesquisa do espaço profundo pode fornecer "instantâneos" do universo em sucessivos períodos de comparação. Em meados da década de 1960, ficou claro que vários bilhões de anos atrás, o universo parecia muito diferente de como é agora, especialmente com relação ao número de diferentes tipos de galáxias.

O último prego no caixão da teoria do estado estacionário foi posto em 1965 com a descoberta de que o universo é banhado em radiação térmica de cerca de três graus acima do zero absoluto. Esta radiação se acredita ser uma relíquia direta do big bang, uma espécie de brilho primitivo de calor evanescente que acompanhou o nascimento do cosmo. É difícil entender como tal banho de radiação pode ter surgido sem que o material cósmico esteja estado altamente comprimido e extremamente quente. Esta situação não ocorre na teoria do estado estacionário. É claro que o fato de que o universo está em estado estacionário não significa que a criação contínua da matéria é impossível, mas a motivação para a construção do campo de criação de Hoyle é muito prejudicada, uma vez demonstrado que o universo está evoluindo. Quase todos os cosmólogos aceitam agora que vivemos em um universo que teve um começo definido no big bang e está evoluindo para um final incerto.

Se alguém aceita a idéia de que espaço, tempo e matéria se originou em uma singularidade que representa um limite absoluto para o universo físico, no passado, há uma série de perguntas. Resta o problema de o que causou o Big Bang. No entanto, esta questão deve agora ser vista sob uma nova luz, porque não é possível atribuir o big bang a algo que ocorreu antes, como é habitual no caso em discussões sobre causalidade. Quer isto dizer que o big bang foi um evento sem causa? Se as leis da física se quebram na singularidade não pode ser explicado em termos dessas leis. Então, se alguém insiste em uma razão para o big bang, essa razão deve estar além da física.

22. No original em latim: Uma frase que não decorre logicamente do que precede N.T.

Deus causou o Big Bang?

Muitas pessoas têm uma imagem de Deus como uma espécie de engenheiro pirotécnico acendendo o pavio para iniciar o big bang, então logo se senta para assistir o espetáculo. Infelizmente esta imagem simples, mas altamente convincente para alguns, não faz muito sentido. Como vimos uma criação sobrenatural não pode ser causadora do tempo, porque tornar existente do tempo em si é parte do que queremos explicar. Se Deus é invocado como explicação do universo físico, então essa explicação não pode ser em termos familiares de causa e efeito.

Este problema de tempo recorrente foi tratado recentemente pelo físico britânico Russell Stannard, que faz uma analogia entre Deus e o autor de um livro. Um livro inteiro existe em sua totalidade, embora para nós, seres humanos lê-mos de uma forma sequencial ao longo do tempo, do início ao fim. "Como um autor não escreve o primeiro capítulo e depois deixa os outros que se escrevam a si próprios, assim a criatividade de Deus não parece apenas limitar-se, ou mesmo aplicada especialmente no caso Big Bang. Em vez disso, ele também deve ser visto como ocupando todo o espaço e todo o tempo: Seu papel é como Criador e Sustentador " [23]

Para além do problema do tempo, existem vários riscos adicionais para invocar a Deus como a explicação do Big Bang. Para ilustrar vou relatar uma conversa imaginária entre um teísta (ou, mais apropriadamente, um deísta), que afirma que Deus criou o universo, e um ateu, que "não tem nenhuma necessidade dessa hipótese".

Ateu: Em um tempo, os deuses eram usados como explicação para todos os tipos de fenômenos físicos, tais como vento e da chuva e do movimento dos planetas. Na medida em que a ciência progrediu, ficou evidente que tais agentes sobrenaturais eram supérfluos como uma explicação dos eventos naturais. Por que você insiste em invocar Deus para explicar o big bang?

Teísta: A ciência não pode explicar tudo. O mundo está cheio de mistérios. Por exemplo, mesmo os biólogos mais otimistas admitem que estão perplexos com a origem da vida.

Ateu: Eu concordo que a ciência não pode explicar tudo, mas isso não significa que ela não vai. Os teístas sempre tentaram agarrar a qualquer processo que a ciência não tem tido tempo para explicar e afirmar que Deus é ainda necessário para explicar isso. Assim, quando a ciência progride, Deus irá desaparecer. Você deve aprender a lição que esse "Deus das lacunas" é uma hipótese pouco confiável. À medida que o tempo corre existiram cada vez menos lacunas para ele morar. Eu pessoalmente não vejo nenhum problema em que a ciência possa explicar todos os fenômenos naturais, incluindo a origem da vida. Admito que a origem do universo é um osso duro de roer. Mas se, como parece, teremos atingido a fase em que uma única lacuna que resta é o big bang, não é satisfatório invocar o conceito de um ser sobrenatural que tenha sido deslocado de todos os lados para esta última e desesperada capacidade.

Teísta: Eu não vejo o porquê. Mesmo se você rejeitar a idéia de que Deus pode agir diretamente no mundo físico, uma vez que foi criado, o problema da origem última do mundo está em uma categoria diferente de fenômenos naturais para explicar, uma vez que o mundo existe.

Ateu: Mas a menos que você tenha mais um motivo para acreditar na existência de Deus, então apenas proclamar "Deus criou o universo" é inteiramente *ad hoc*. Há uma explicação. Com efeito, a declaração é essencialmente desprovida de significado, só porque você está definindo Deus como um agente que criou o universo. Meu entendimento não avançou com isso. Um mistério (a origem do universo) é explicado apenas em termos de outro mistério (Deus). Como o recurso científico para a navalha de Occam [24], que diz que a hipótese de Deus deve ser rejeitado como uma complicação desnecessária. Afinal, eu estou inclinado a pensar: Quem criou Deus?

Teísta: Deus não precisa de um criador. Ele é um ser necessário - ele deve existir. Não há nenhuma opção misso.

Ateu: Mas também se poderia afirmar que o universo não precisa de um criador. Qualquer lógica usada para justificar a existência necessária de Deus, pode igualmente bem, e ganhar a vantagem da simplicidade, se aplicada ao universo.

Teísta: Certamente os cientistas muitas vezes seguem o mesmo raciocínio que eu. Por que um corpo cai? Devido a gravidade que age sobre ele. Por que a gravidade atua sobre ele? Porque há um campo gravitacional. Porque? Porque o espaço-tempo é curvado. E assim por

diante. Você está substituindo uma definição com outra mais profunda, com o único propósito de explicar a coisa que começou literalmente a caída dos corpos. Por que então você objeta quando eu clamo a Deus como uma explicação mais profunda e mais satisfatória do universo?

Ateu: Ah, mas é diferente! Uma teoria científica deve significar muito mais do que os fatos que você está tentando explicar. Boas teorias oferecem uma imagem simplista da natureza, fazendo conexões entre os fenômenos até então desconectados. A teoria da gravitação de Newton mostrou uma ligação entre as marés do oceano e do movimento da lua. Boas teorias sugerem mais evidências observacionais, como a previsão de novos fenômenos. Elas também fornecem uma descrição mecanicista detalhada de como exatamente o fenômeno físico de interesse se dá em termos dos conceitos da teoria. No caso da gravitação, isto é através de um conjunto de equações ligando os pontos fortes do campo gravitacional com a natureza das fontes que gravita. Esta teoria dá um mecanismo preciso do porquê as coisas funcionam. Em contrapartida, um Deus que é invocado apenas para explicar o big bang falha sobre estes três critérios. Longe de simplificar a nossa visão do mundo, um Criador introduz uma característica adicional que incorpora complexidade, sem explicação. Em segundo lugar, não há nenhuma maneira que nós podemos testar a hipótese experimentalmente. Há somente um lugar onde Deus se manifesta - literalmente, o big bang - e isso já foi feito no passado. Por último, a declaração definitiva "Deus criou o universo" não fornece nenhuma explicação real se não for acompanhada por um mecanismo detalhado. Você quer saber, por exemplo, que propriedades atribuíra para esse Deus, precisamente como o fez para criar o universo, porque o universo é do jeito que é, e assim por diante. Em suma, a menos que você possa fornecer outras evidências de que tal Deus existe, ou fornecer uma descrição detalhada de como ele construiu o universo que mesmo um ateu como eu possa considerar mais profunda, mais simples e satisfatória, eu vejo razão para acreditar que tal ser.

Teísta: Mas a sua posição é muito insatisfatória, já que você admiti que o motivo para o big bang está fora do âmbito da ciência, você é forçado a aceitar a origem do universo como um fato bruto, sem um nível de explicação profunda.

Ateu: Eu prefiro aceitar a existência do universo como um fato bruto do que aceitar Deus como um fato bruto. Afinal de contas, tem de haver um universo que estamos a discutir sobre essas coisas!

Discutirei muitas questões que apareceram neste diálogo nos capítulos seguintes. A essência da disputa é se você vai simplesmente aceitar a emergência explosiva do universo como um simples fato sem explicação - algo que pertence à categoria "isto é assim" - ou buscar uma explicação mais satisfatória. Até recentemente, parecia que uma tal explicação teria de envolver uma agência sobrenatural que transcende as leis da física. Mas logo, se fez um novo avanço da nossa compreensão do universo muito cedo, que transformou completamente o debate, e reafirmou esse enigma antigo em uma luz totalmente nova.

23. "Making Sense of God's Time" por Russell Standard, The Times (Londres), 22 de agosto de 1987.

24. As descrições devem ser mantidas o mais simples possível até que seja provado ser inadequado " Newman, J. R. The World of Mathematics Simon & Shuster, N. Y., 1956

"Se você puder explicar "substancialmente" o comportamento de um fenômeno com algumas variáveis explicativas e, se a teoria que relaciona-los não é forte o suficiente para sugerir outras variáveis que poderiam ser incluídos, por que introduzir mais variáveis? Claro que, não se deve excluir as variáveis relevantes e importantes apenas para manter a forma do modelo matemático simples que representa o evento de interesse."

William de Occam (O Doutor Invencível) Ockham, Surrey c. 1285 - Munique c. 1349
Monge franciscano Inglês, advogado pioneiro do nominalismo e empirismo. Autor de logicae Tractatus e Diálogos

Veja também: <http://usuarios.lycos.es/Chultun/occam.html>

Criação sem Criação

Desde o fracasso da teoria do estado estacionário, os cientistas tem parecido enfrentar uma escolha difícil sobre a origem do universo. Alguém poderia pensar que o universo é infinitamente velho, com todos os paradoxos físicos que os implica, ou ter uma origem abrupta do tempo (e espaço), a explicação é de que está fora do alcance da ciência. O que foi esquecido é uma terceira possibilidade: a de que o tempo pode ser limitado no passado e ainda não tornar existente abruptamente como uma singularidade.

Antes de entrar em detalhes sobre isso, deixe-me marcar o ponto geral que a essência do problema original é que o big bang parece ser um evento sem uma causa física. Isto é geralmente interpretado como contrariando as leis da física. No entanto, há uma brecha pequena, ela é chamada mecânica quântica. Como explicado no Capítulo 1, a aplicação da mecânica quântica é normalmente restrita aos átomos, moléculas e partículas sub-atômicas. Os efeitos quânticos são geralmente desprezíveis para objetos macroscópicos. Lembre-se que no coração da física quântica existe o princípio da incerteza de Heisenberg, que afirma que todas as quantidades mensuráveis (por exemplo, posição, momentum [25], energia) estão sujeitos a flutuações imprevisíveis em seus valores.

25. Momentum: Momentum como o produto da velocidade vezes a massa. N. T.

Esta imprevisibilidade significa que o micromundo é indeterminista: para usar a fraseologia pitoresca de Einstein, Deus joga dados com o universo. Portanto, os eventos quânticos não são absolutamente determinados por causas anteriores. Embora a probabilidade de um determinado evento (por exemplo, o decaimento radioativo de um núcleo atômico) esta fixado pela teoria, o resultado real de um processo quântico em particular, é desconhecido e mesmo em princípio incognoscível.

Ao enfraquecer a relação entre causa e efeito, a mecânica quântica nos dá uma maneira sutil de contornar o problema da origem do universo. Se você puder encontrar uma maneira de permitir que o universo torne-se existente a partir do nada, como resultado da flutuação quântica, então as leis físicas seriam violadas. Em outras palavras, vista através dos olhos da física quântica, a emergência espontânea de um universo não é uma surpresa, porque os objetos físicos estão espontaneamente aparecendo o tempo todo - sem causas definidas - no micromundo quântico. Os físicos quânticos não precisam mais recorrer a um ato sobrenatural para trazer o universo à existência da mesma forma como faz, ao explicar a decadência de um núcleo radioativo quando isso acontece.

Tudo isso depende, naturalmente, da validade da mecânica quântica quando aplicado ao universo como um todo. Esta não é uma fronteira clara. Muito longe de ser surpreendente a extrapolação envolvida na aplicação de uma teoria das partículas subatômicas para todo o cosmos, há questões profundas de princípio sobre o significado de se atribuir a certos objetos matemáticos na teoria. Mas muitos físicos distintos têm argumentado que a teoria pode iniciar com êxito a pé nesta situação e assim nasceu a "cosmologia quântica."

A justificativa para a cosmologia quântica é que, se o big bang é levado a sério, deve ter sido um momento em que o universo estava comprimido a dimensões minúsculas. Nestas circunstâncias, processos quânticos devem ter sido importantes. Em particular, as flutuações descritas pelo princípio da incerteza de Heisenberg deve ter tido um efeito profundo sobre a estrutura e evolução do cosmos nascente. Um cálculo simples nos diz que quando era a hora. Os efeitos quânticos são importantes quando a densidade de matéria era

surpreendentemente $10^{94} \text{ gm cm}^{-3}$. Este estado de coisas existiam antes dos 10^{-43} segundos,

quando o Universo tinha apenas 10^{-33} cm . de diâmetro. Estes números são conhecidos como a densidade, o tempo de distância de Planck, respectivamente, referindo-se a Max Planck, o criador da teoria quântica.

A capacidade das flutuações quânticas "tornar distorcido" o mundo físico em escala ultramicroscópica que leva a uma fascinante previsão sobre a natureza do espaço-tempo. Os

físicos podem observar as flutuações quânticas no laboratório sob distância de 10^{-16} cm e

acima de aproximadamente 10^{-26} cm . Estas flutuações afetam coisas como a posição e o momento das partículas, e acontecem dentro de uma base de tempo-espaço, aparentemente fixa. Na escala de Planck muito menor, no entanto, as flutuações afeta o espaço-tempo em si.

Para entender como, é necessário apreciar primeiro a estreita relação entre espaço e tempo. A teoria da relatividade exige que vemos o espaço tridimensional e o tempo dimensional, como parte de um sistema unificado do espaço-tempo de quatro dimensões. Apesar da unificação o espaço permanece distinto do tempo. Não temos dificuldade em distinguir na vida cotidiana. Essa distinção pode tornar-se distorcida, no entanto, pelas flutuações quânticas. Na escala de Planck as entidades separadas de espaço e tempo podem desaparecer. Precisamente como, depende dos detalhes da teoria, que pode ser usado para calcular as probabilidades relativas de várias estruturas do espaço-tempo. Pode ocorrer como resultado destes efeitos quânticos, a estrutura mais provável para o espaço-tempo em determinadas circunstâncias, é realmente um espaço de quatro dimensões. Tem sido argumentado por James Hartle e Stephen Hawking que precisamente essas circunstâncias são as que prevaleceu nos primeiros estágios do início do universo. Isto é, se imaginarmos voltar no tempo para o big bang, então, quando chegar o tempo de Planck, após o que pensávamos ser a singularidade inicial, algo incomum começa a acontecer. O tempo começa a "se tornar" o espaço. Em vez de lidar com a origem do espaço-tempo, portanto, agora têm

de lidar com um espaço de quatro dimensões, e surge a pergunta da forma de tal espaço, como sua geometria. Na verdade, a teoria permite uma variedade infinita de formas. Qual pertenceu ao universo real está relacionado com o problema de escolher as condições iniciais, um tema que será discutido em detalhes em breve. Hartle e Hawking fez uma escolha especial, que eles afirmam ser natural em base da sua elegância matemática.

É possível dar uma representação pictórica de sua idéia. O leitor deve ser advertido no entanto, para não levar as fotos muito literalmente. O ponto de partida é representar o diagrama de espaço-tempo com tempo e espaço na vertical desenhada na horizontal (ver Figura 4)

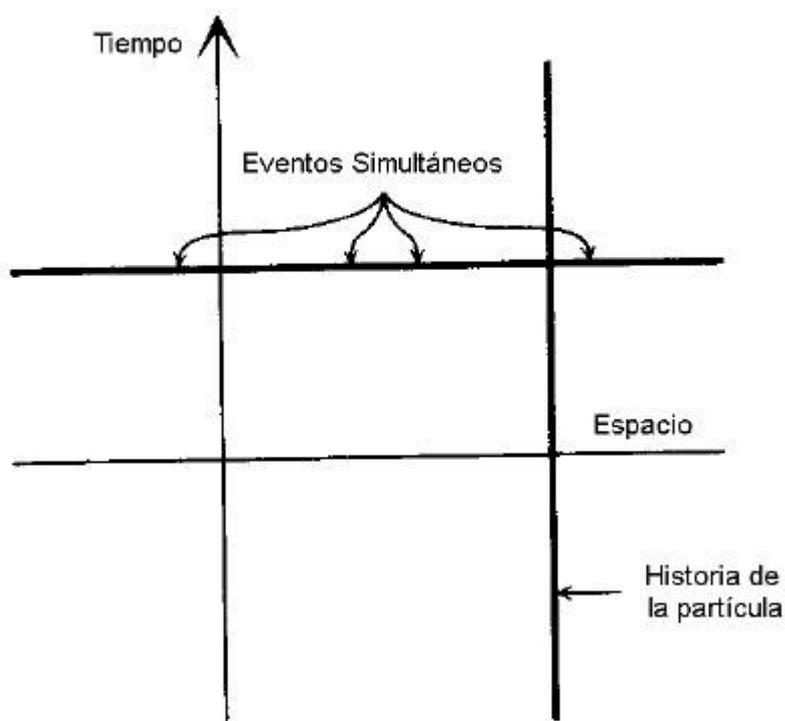


Figura 4. Diagrama espaço-tempo. O tempo é desenhado verticalmente e horizontalmente no espaço. Apenas uma dimensão do espaço é imediata. Uma seção horizontal no diagrama representa todo o espaço em um instante de tempo. A linha vertical representa um ponto fixo no espaço (por exemplo, a posição de uma partícula estacionária) ao longo do tempo

O futuro está no topo da tabela, o último para baixo. Devido à impossibilidade de representar adequadamente quatro dimensões na página de um livro, eu eliminei todo, mas uma dimensão do espaço, que no entanto é oportuno salientar em pontos essenciais. Um

corte horizontal do diagrama representa todo o espaço em um dado instante, e uma linha vertical representa a história de um ponto no espaço, às vezes sucessivas. É útil imaginar ter este diagrama desenhado em uma folha de papel sobre o qual se pode realizar determinadas operações. (O leitor pode achar instrutivo realizá-lo realmente.)

Se o espaço e o tempo fosse infinito, rigorosamente falando, precisaria de uma folha infinita de papel para representar em diagramas de nosso espaço-tempo de forma adequada. No entanto, se o tempo é limitado, no passado, então o esquema deve ter um limite próximo ao fundo, pode-se imaginar uma borda de corte horizontal em algum lugar. Também pode haver um limite futuro, exigindo uma margem similar perto do topo. (Eu tenho denotado por estas linhas horizontais onduladas na Figura 5.) Nesse caso, teríamos uma fita infinita que representa todo o espaço infinito em momentos sucessivos a partir do início do universo (na parte inferior) até o fim (no topo) .

Nesta fase, pode ser possível que o espaço não seja infinito, afinal. Einstein foi o primeiro a apontar que o espaço poderia ser finito mas ilimitado, e a idéia continua a ser uma hipótese cosmológica séria e verificável. Esta possibilidade é mostrado em nossa figura enrolando a folha de modo a tornar um cilindro (Figura 6). O espaço a todo o momento agora é representado por um círculo de circunferência finito. (A analogia bidimensional é a superfície de uma esfera em três dimensões chamaria hiper-esfera que é difícil de imaginar, mas matematicamente perfeitamente definida e compreendida.)

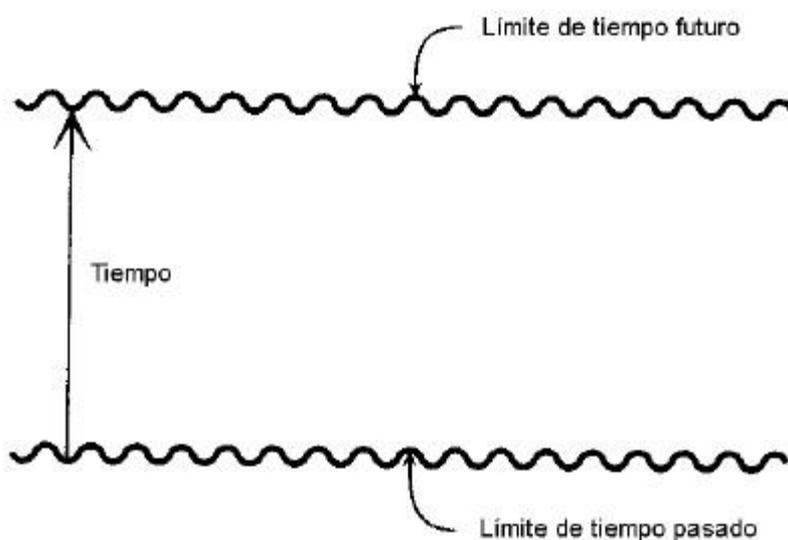


Figura 5. Poderia ser que o tempo é limitado por singularidades no passado e / ou futuras.

Isso é representado em um diagrama espaço-tempo truncando no diagrama na parte inferior e superior, respectivamente. As linhas onduladas denotam as singularidades.

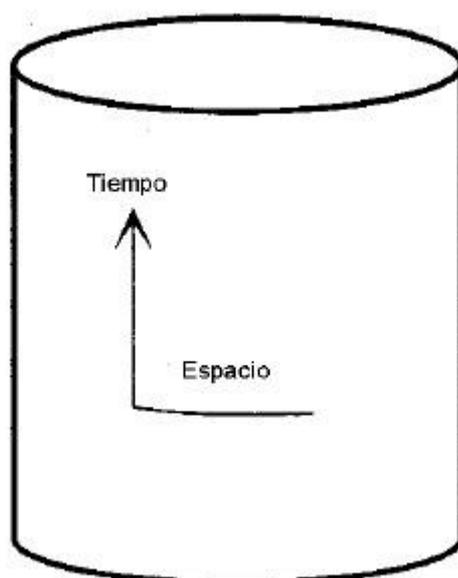


Figura 6. É possível que o espaço é finito mas ilimitado. Isso é mostrado envolvendo o diagrama de espaço-tempo de um cilindro. Uma seção horizontal representa o espaço em um instante, então é um círculo.

Um novo refinamento é introduzido na expansão do universo, que pode ser representado pela mudança do tamanho do universo ao longo do tempo. Como aqui estamos lidando com a origem do universo, ignore a parte superior do diagrama, e mostrarei apenas a parte perto do fundo. O cilindro tem se tornado uma forma cônica, têm atraído alguns círculos para representar o volume crescente de espaço (Fig. 7). A hipótese de que o universo se originou de uma singularidade de compressão infinita esta descrito aqui permite que o cone se sintonize um ponto único na sua base, o ápice do singular do cone representa o aparecimento abrupto de espaço e tempo, tanto no big bang.

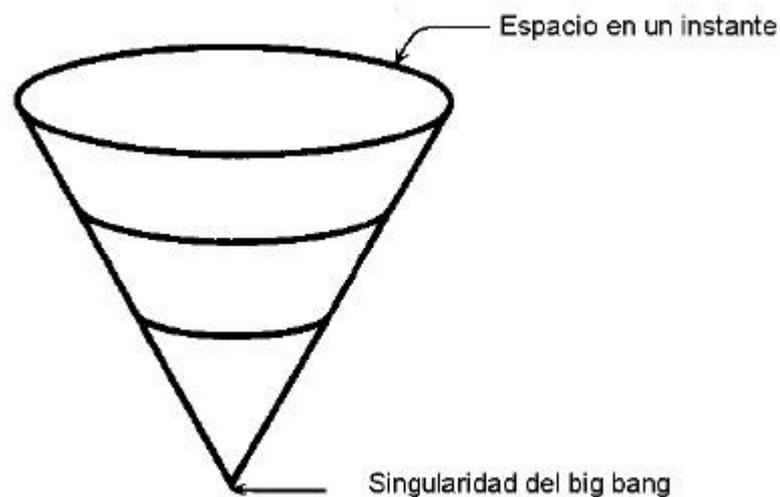


Figura 7. A expansão do universo. O efeito da expansão cosmológica pode ser representado em nosso diagrama espaço-tempo fazendo o cilindro da Figura 6 um cone. O vértice do cone corresponde à singularidade do big bang. As seções horizontais através dos círculos do diâmetro do cone estão agora em um diâmetro maior, indicando que o espaço se torna maior.

O requisito essencial da cosmologia quântica é que o princípio da incerteza de Heisenberg espalhe a dureza do ápice, substituindo-o por algo mais suave. O que há algo depende do modelo teórico, mas no modelo de Hartle e Hawking é um guia para arredondar o ápice da forma mostrado na Figura 8, onde o ponto do cone foi substituído por um hemisfério. O raio do hemisfério, é o comprimento de Planck (10^{-33} cm), muito pequeno para os padrões humanos, mas infinitamente grande em comparação com a singularidade do ponto.

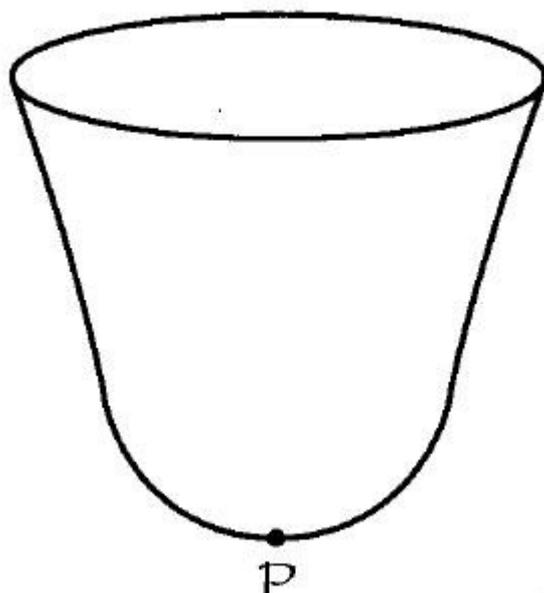


Figura 8 Criação sem criação. Nesta versão da origem do Universo, o vértice do cone da Figura 7 é arredondado. Há um início abrupto, o tempo desaparece gradualmente em direção à base do diagrama. O evento P aparece como o primeiro momento, mas este é apenas um artefato da maneira como o diagrama é desenhado. Não há início bem definido, embora o tempo ainda é finito no passado.

No topo deste hemisfério, o cone se abre, como de costume, representando o padrão quântico da evolução do universo expansivo. Aqui - na porção superior - sobre a união com o hemisfério - o tempo corre verticalmente para cima do cone, como de costume, e é fisicamente diferente do espaço que corre horizontalmente ao redor do cone. De acordo com a união, no entanto, a situação é dramaticamente diferente. A dimensão do tempo começa a curva-se na direção do espaço (por exemplo, horizontal). Perto da base do hemisfério tem uma superfície curva horizontal quase bidimensional. Isso representa um espaço bidimensional, em vez das dimensões do espaço e do tempo. Note-se que a transição do espaço-tempo é gradual, para não se pensa que ocorra de forma brusca na junção. Dito de outra forma, pode-se dizer que o tempo está gradualmente a sair do espaço do hemisfério, como ele se curva gradualmente para dentro do cone. Note também que neste esquema do tempo ainda está limitado abaixo - não estica de volta para o infinito passado - mas não há "primeiro momento" de tempo, há um início abrupto de uma única origem. A singularidade do Big Bang foi realmente abolida.

Poderíamos mesmo ser tentados a pensar na base do hemisfério - o "Pólo Sul" - como a "origem" do Universo, mas, como Hawking salientou, este é um erro. Uma porção da superfície esférica é caracterizada pelo fato de que, geometricamente, todos os pontos sobre o mesmo são equivalentes. Isso é que nenhum ponto é designado como privilegiado em nenhuma maneira. A base do hemisfério parece-nos especial por causa da maneira que escolhemos para representar a folha curva. Se o cone é inclinado um pouco, um outro se torna a "base" da estrutura. Hawking disse que esta situação é um pouco semelhante à forma como nós representamos geometricamente a superfície esférica da Terra. As linhas de longitude convergem sobre os pólos Norte e Sul, mas a superfície da terra nesses lugares é a mesma que em qualquer outro lugar. Poderíamos muito bem ter tomado Meca ou Hong Kong, como o foco desses círculos. (A verdadeira escolha baseou-se no eixo de rotação da terra, uma característica que é irrelevante para esta discussão.) Não há nenhuma indicação de que a superfície tem um fim abrupto nos pólos. Há, com certeza, uma descontinuidade no sistema de coordenadas de latitude e longitude lá, mas não uma singularidade física na geometria.

Para tornar este ponto mais claro, imagine fazer um pequeno buraco no "Pólo Sul" do hemisfério na figura 8, em seguida, abrindo a folha em torno do buraco (supondo que seja elástica) para fazer um cilindro, em seguida, desenrolando o cilindro e estendendo em uma forma plana. Terminaremos com uma forma igual à da Figura 5. O ponto é que o que tínhamos primeiro tomado como uma única origem no tempo (a parte inferior) é realmente apenas uma singularidade nas coordenadas no Pólo Sul, infinitamente esticada. Exatamente o mesmo acontece com os mapas da Terra na projeção Mercator. O Pólo Sul, é apenas um ponto perfeitamente normal na superfície da Terra, esta representado por uma linha divisória horizontal, como se a superfície da Terra teria uma vantagem lá. Mas a vantagem é puramente um artefato da maneira que escolhemos para representar a geometria esférica por um conjunto particular de coordenadas. Somos livres para redesenhar o mapa da Terra usando um sistema de coordenadas diferentes, com um ponto escolhido como o foco dos círculos de latitude, caso em que o Pólo Sul, iria aparecer como realmente é - um aspecto perfeitamente normal.

O resultado é que de acordo com Hartle e Hawking, não há origem do universo. No entanto, isto não significa que o universo é infinitamente velho. O tempo é limitado, no passado, mas não é limitado como tal. Assim séculos de angústia filosófica sobre os paradoxos do tempo finito versus infinito tem sido perfeitamente resolvidos. Hartle e Hawking conseguiu passar entre os chifres deste dilema. Como Hawking afirmou: "A condição de contorno do universo é que não há limite." [26]

As implicações do universo Hartle-Hawking para a Teologia são profundas, como Hawking mesmo diz: "Embora o universo tenha um começo, podemos supor que teve um criador. Mas se o universo é completamente auto-contido, não tendo fronteiras ou bordas, podendo não ter começo nem fim: poderia simplesmente ser. Que lugar tem para um criador ? " [27] O argumento, portanto, é que se o universo não tem origem singular no tempo, não é necessário recorrer a um ato sobrenatural de criação no início. O físico britânico Chris Isham, ele próprio um especialista em cosmologia quântica fez um estudo sobre as implicações teológicas da teoria Hartle-Hawking. "Não há dúvida de que, psicologicamente falando, a existência deste ponto inicial singular, tende a gerar a idéia de um Criador, que começou todo o espetáculo." Escreveu. [28] Mas essas novas idéias cosmológicas eliminam a necessidade, ele acredita, para invocar um Deus das lacunas como a causa do big bang: "As novas teorias aparecem como preencher essa lacuna muito ordenadamente"

26. Uma Breve História do Tempo por Stephen W. Hawking (Bantam, Londres e Nova York, 1988), p 136

27. Ibid., P. 141

28. "Creation a Quantum Process" por Chris Isham, em "Philosophy and Theology: A Common Quest for Understanding" (eds Robert John Russell, William R. Stoeger, e George V. Coyne}, Observatório do Vaticano, Cidade do Vaticano, 1988), pag. 405

Embora a proposta de Hawking seja para um universo sem uma origem determinada no tempo, também é válido dizer que nessa teoria o universo não tenha existido sempre. É, portanto, correto dizer que o universo "criou-se"? A forma como eu prefiro colocar é que o universo do espaço-tempo e matéria é internamente consistente e independente. Sua existência não exige nada fora dele, especificamente, não é necessário um iniciador. Então, isso significa que a existência do universo pode ser "explicado" cientificamente sem a necessidade de Deus? Podemos pensar no Universo como um sistema fechado, contendo a razão de sua existência, inteiramente dentro dele? A resposta depende do significado atribuído a palavra "explicação". Dadas as leis da física, o universo pode, em um modo de dizer, cuidar de si mesmo , incluindo sua própria criação. Mas, de onde vem essas leis? Devemos recorrer a uma explicação para elas? Este é um tema que recorrerei no próximo capítulo.

Teriam estes últimos desenvolvimentos científicos enquadrado com a doutrina cristã da criação *ex nihilo*? Como tenho enfatizado repetidamente, a idéia de Deus trazer o universo à existência a partir do nada não pode ser considerada como um ato temporal, pois envolve a criação do tempo. Na perspectiva cristã moderna, criação *ex nihilo* significa sustentar o universo em existência o tempo todo. Na cosmologia científica moderna não se deve pensar

que o espaço-tempo "tornou-se existente" de nenhuma forma. Pelo contrário, deve dizer que o espaço-tempo (ou universo) simplesmente é. "Este esquema não tem um evento inicial, com um status especial", observa o filósofo Wim Drees. "Assim, cada momento tem uma relação semelhante com o Criador. Ou aqueles tempos estão todos "sempre lá" como um fato bruto, ou eles são todos iguais. É uma característica bonita da cosmologia quântica que parte do conteúdo da criação *ex nihilo* que se supõe estar mais distante da ciência, literalmente, a "sustentação", pode ser visto como a parte mais natural no contexto da teoria" [29]. A imagem de Deus que esta teoria parece, contudo, está distante do Deus cristão do século XX. Drees vê uma grande semelhança com a imagem de Deus panteísta adotada pelo filósofo Spinoza do século XVII, onde o universo físico em si mesmo leva os aspectos da existência de Deus como sendo "eterno" e "necessário".

É claro que ainda se pode perguntar: Por que o universo existe? Deveria a existência (sem tempo) do espaço-tempo ser considerada como uma forma (atemporal) da "criação"? neste sentido a criação "do nada" não faz referência a qualquer transição temporária do nada a alguma coisa, mas apenas serve como um lembrete de que não poderia haver nada em vez de algo. A maioria dos cientistas (embora talvez não todos, veja o Capítulo 5 é o Universo um Computador?) Concordam que a existência de um esquema matemático do universo não é a mesma coisa que a existência real de tal universo. O esquema ainda não foi implementado. Assim, permanece o que Drees chama de "contingência ontológica." A teoria Hartle-Hawking defini esse sentido mais abstrato da criação bastante bem, porque é uma teoria quântica. A essência da física quântica, como já observamos, é a incerteza: a previsão da teoria quântica é a previsão de probabilidades do que certezas. O formalismo matemático da Hartle-Hawking fornece a probabilidade de um universo particular, com uma distribuição específica de matéria exista em todos os momentos. Para prever a probabilidade de qualquer universo em particular é diferente de zero, uma é dizer que há uma chance definitiva para se tornar realidade. Assim, a criação *ex nihilo* é dado aqui, a interpretação concreta da "realização de possibilidades."

29. "Beyond the Limitations of the Big Bang Theory: Cosmology and Theological Reflection" de Wim Drees, *Bulletin of the Center for Theology and the Natural Sciences* (Berkeley) 8, N°. 1 (198a)

Universos Mãe e Filhos

Antes de deixar o problema da origem do universo, eu deveria dizer algo sobre uma recente teoria cosmológica em que a questão da origem entra em um modo totalmente diferente. Em meu livro *Deus e a Nova Física* [30] devo lembrar a idéia de que o que chamamos o universo pode ter começado como um apêndice de um sistema maior, que uma vez solto se tornou uma entidade independente. A idéia básica é ilustrada na Figura 9. Aqui o espaço é representado por uma folha bidimensional. De acordo com a teoria da relatividade geral, podemos imaginar isso como uma folha curva. Em particular, é possível conceber uma lombada localizada formada na folha, e emergindo como uma protuberância ligado à folha principal, com uma garganta fina. Pode ocorrer que a garganta torne-se cada vez mais fina, até que se corte completamente. A protuberância tornar-se então uma "bolha" completamente desligada. A folha "mãe" deu à luz um "filho".

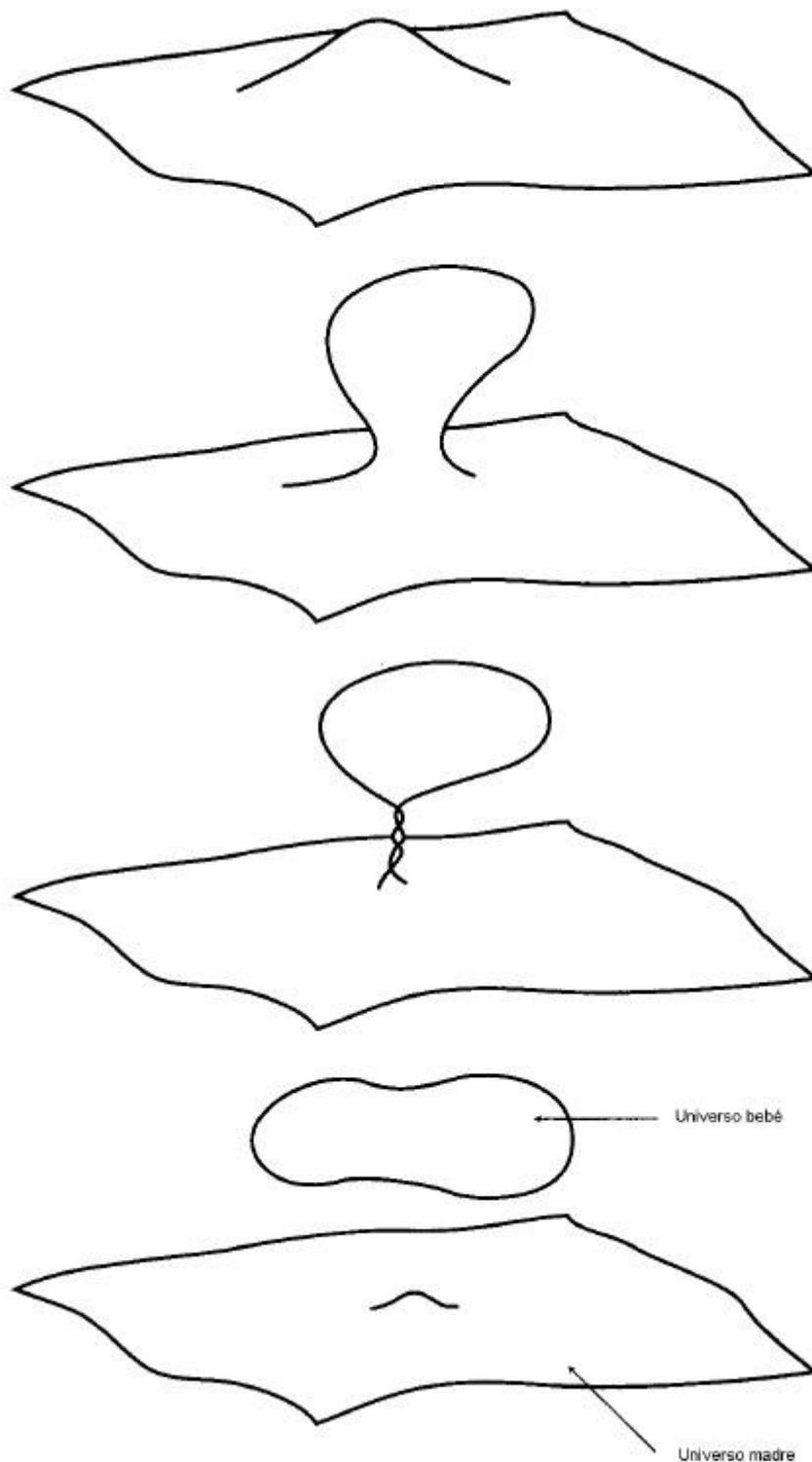


Figura 9. A incubação de um universo bebê. O universo mãe é representada por uma folha bidimensional. Aparece uma curvatura por efeito gravitacional. Se a gravidade é forte o suficiente, a curvatura pode causar uma protuberância para formar um mini-universo ligado por um cordão umbilical ou da garganta conhecida como "buraco de minhoca [31]." Do universo mãe, a garganta pode aparecer como um buraco negro. Eventualmente, o buraco se evapora, cortando o cordão umbilical para enviar o universo bebê a uma existência independente.

31. Wormhole no original Inglês 31 N.T.

Surpreendentemente, há boas razões para esperar que algo assim está acontecendo no mundo real. As flutuações aleatórias associadas com a física quântica implica que, em uma escala ultramicroscópica, todos os tipos de colisões, buracos, pontes deveriam estar formando-se e recolhendo ao longo do tempo-espaço. O físico soviético Andrei Linde tem a idéia de que nosso universo começou desta forma, como uma pequena bolha de espaço-tempo, que, em seguida, "inflado" a uma velocidade fantástica produzindo o Big Bang. Outros têm desenvolvido modelos similares. O universo "mãe" que gerou o nosso esta também continuamente a inflar a uma velocidade fantástica e jogando universos bebê. Se este estado de coisas é correto, isso implica que o "nosso" universo é apenas parte de um conjunto infinito de universos, embora agora seja auto-contido. O conjunto como um todo não tem começo nem fim. Há problemas em qualquer caso, para usar palavras como "princípio" e "fim", porque não há tempo universal, acima do qual o processo de desova, no entanto cada bolha tem seu próprio tempo interno.

Uma questão interessante é se o nosso universo é também capaz de ser mãe, ele produzira universos filhos. Poderia ser possível que algum cientista louco pudesse criar o seu próprio universo em laboratório? Este problema tem sido pesquisado por Alan Guth, o criador da teoria da inflação. Acontece que, se uma grande quantidade de energia é concentrada, um pedaço de espaço-tempo poderia realmente ser formado. À primeira vista parece que a perspectiva alarmante de que um novo big bang poderia ser disparado, mas na verdade o que acontece é que a formação da protuberância seria da nossa região do espaço-tempo como a criação de um buraco negro. Embora possa haver inflação explosiva na área da protuberância, veríamos apenas um buraco negro que é cada vez menor. Eventualmente, o buraco vai evaporar completamente, e então o nosso universo é desconectado de seu filho.

Apesar da atratividade desta teoria, permanece altamente especulativo. Voltarei para o ponto brevemente no capítulo 8. Ambas as teorias dos universos mãe-filho, e de Hartle-Hawking ridiculariza com destreza o problema da origem do universo, apelando para processos quânticos. A lição a ser aprendida é que a física quântica abre as portas para um universo de idade finita, cuja existência não requer uma causa anterior bem definida. Não há necessidade de um ato especial de criação.

Todas as idéias físicas discutidas neste capítulo são baseadas na suposição de que o universo como um todo atende a certas leis bem definidas da física. Essas leis da física que suportam a realidade física, são tecidas em um tecido de Matemática, fundada em massa rochosa da

lógica. A mudança de fenômenos físicos, através das leis da física, matemática e lógica, finalmente, abre a perspectiva interessante que o mundo pode ser compreendido através do uso de raciocínio lógico somente. Poderia ser muito, se não tudo, do universo físico pode ser o resultado de uma necessidade lógica? Alguns cientistas têm afirmado categoricamente que ele é, que só existe um conjunto de leis coerentes e apenas um universo logicamente consistente. Para investigar esta dramática declaração deve indagar sobre a natureza das leis da Física •

Capítulo 3 – O que são as leis da Natureza?

No capítulo 2, eu argumentei que, dadas as leis da física, o universo pode criar a si mesmo. Ou, melhor, com a existência de um universo sem uma primeira causa externa não deve ser considerado um conflito com as leis da física. Esta conclusão baseia-se, em particular, na aplicação da física quântica com a cosmologia. Dadas as leis da existência do universo já não é milagroso. Isto faz parecer como se as leis da física atuam como "a base da existência" do universo. De fato, como a maioria dos cientistas envolvidos, especificamente, a existência da realidade pode ser rastreada a essas leis. Elas são as verdades eternas sobre as quais o universo é construído.

O conceito de lei é tão bem estabelecido na ciência que, até recentemente, poucos cientistas pararam para pensar sobre a natureza e a origem dessas leis, eles estavam felizes de apenas aceitá-los como "dado". Agora que os físicos e cosmólogos têm feito progressos rápidos ao que eles chamam de "últimas" leis do universo, muitas questões antigas tem ressurgido. Por que tem as leis a forma que elas têm? Poderia ter sido de outra maneira? Existem independente do universo físico?

A Origem das Leis

O conceito de leis da natureza não foi inventado por um filósofo ou um cientista em particular. Embora a idéia foi cristalizada na era científica moderna, que remonta aos primórdios da história, e esta intimamente ligado à religião. Nossos ancestrais distantes deve ter tido uma noção rudimentar de causa e efeito. O objetivo de fazer ferramentas por exemplo tem sido sempre para facilitar a manipulação do meio ambiente. Batendo uma noz com uma pedra faz com que ele se quebre, e uma lança pode ser jogada cuidadosamente apontada com confiança para seguir um determinado caminho. Mas, embora certas regularidades de comportamento eram evidentes para as primeiras pessoas, a grande maioria dos fenômenos naturais permaneciam misteriosos e imprevisíveis, e inventaram deuses para explicá-los. Por tanto havia um deus da chuva, um deus-sol, os deuses, deuses de árvores e rios e assim por diante. O mundo natural estava sob o controle de uma infinidade de seres poderosos e invisíveis.

Há sempre o perigo de julgar culturas antigas em nossos termos, com todas as nossas suposições implícitas e preconceitos na idade da ciência, consideramos perfeitamente natural buscar explicações mecanicistas para as coisas: Corda do arco impulsiona a flecha, a gravidade puxa a pedra para terra. Uma determinada causa, geralmente sob a forma de uma força produz um efeito colateral. Mas as culturas antigas acreditavam que o mundo não é assim. Alguns viam o mundo como um campo de batalha. Deuses ou espíritos, cada um com uma personalidade distinta, poderia se enfrentar ou se aliar. Outras culturas, especialmente no leste, acreditavam que o mundo físico era uma tapeçaria holística de influências interdependentes.

Em quase todas as primeiras teorias cosmológicas, o mundo esteve unido não a máquinas, mas com seres vivos. Os objetos físicos eram dotados de efeito, como os animais parecem se comportar com um propósito. Um resquício deste pensamento ainda sobrevive quando as pessoas dizem que a 'procura' o nível mais baixo, ou referindo-se a bússola, dizendo que "procura" o norte. A idéia de uma busca física ou em direção a um objetivo final é chamada de "teleologia". O filósofo grego Aristóteles, cuja imagem animada do mundo é descrita brevemente no capítulo 1 distingue entre quatro tipos de causas: Causa material, Causa formal, Causa Eficiente e Causa Final. Essas categorias são frequentemente ilustradas com o exemplo de uma casa. O que faz uma casa existir? Primeiro é a causa material, que é aqui identificado com tijolos e outros materiais com os quais se constrói a casa. Depois, há a causa formal, que é forma ou de outra com a qual o material está pronto, o terceiro é a causa eficiente, o meio pelo qual o material é organizado dessa forma (neste caso, o construtor). E

finalmente há a causa final, que é o objetivo da coisa. Para este efeito, uma casa pode envolver um projeto pré-existente para o construtor de obras.

Mesmo equipado com uma noção bastante elaborada de causalidade, Aristóteles não tinha feito corretamente o que hoje entendemos como as leis da natureza. Ele discutiu o movimento dos corpos materiais, mas as suas chamadas leis do movimento eram realmente apenas descrições de como se suponha que operam as Causas finais. Assim, por exemplo, uma pedra pode cair porque o "lugar natural" de objetos pesados, era a terra, o gás tênue pode subir, porque o seu lugar natural era o reino etéreo do céu, e assim por diante.

Muito desse pensamento inicial foi baseado na suposição de que as propriedades das coisas físicas foram qualidades intrínsecas que pertencem às mesmas coisas. A grande diversidade de formas e substâncias encontradas no mundo físico, então, reflete a variedade ilimitada de propriedades intrínsecas. Contra esta forma de ver o mundo foram as religiões monoteístas. Os judeus conceberam Deus como o Legislador. Este Deus, que é independente e separado de sua criação, impôs leis sobre o universo físico. Supunha-se que a natureza foi sujeita às leis por decreto divino. Pode-se ainda atribuir as causas dos fenômenos, mas a conexão entre causa e efeito estava agora restrita por lei. John Barrow tem estudado as origens históricas do conceito de leis físicas. Compara o panteão grego com o Deus monárquico do judaísmo: "Quando olhamos para a sociedade relativamente sofisticada dos deuses gregos, não encontramos uma noção muito clara de um legislador todo-poderoso cósmico. Os eventos foram determinados por negociação, engano ou argumento, em vez de decreto onipotente. A criação procedeu por comissão ao invés de uma ordem arbitrária " [32]

A visão de que as leis eram impostas, ao invés que eram inerentes, a natureza foi finalmente adotado pelo cristianismo e pelo islamismo também, embora não sem luta. Barrow diz como Santo Tomás de Aquino " viu as tendências aristotélicas inatas como aspectos do mundo natural que foram providencialmente usadas por Deus. No entanto, neste projeto de cooperação foi violado o seu caráter básico. Segundo essa visão, a relação de Deus com a natureza é a de um parceiro ao em vez de um soberano." [33] Mas as idéias de Aristóteles foram condenados pelo bispo de Paris em 1277, para ser substituído pela doutrina posterior da noção de Deus como Legislador, bem encapsulado no hino de Kempthorne, 1796:

"Louvado seja o Senhor! Pois Ele tem falado
Os Mundos a sua voz poderosa obedecem
As leis, que nunca serão violadas
Para sua orientação que ele fez. "

É fascinante para rastrear as influências culturais e religiosas que trabalhou no desenvolvimento do conceito moderno de leis da natureza. Na Europa Medieval, sujeita por um lado a doutrina cristã das leis de Deus manifestas na natureza, e em parte a um conceito muito forte de leis civis, proveio um ambiente propício para o surgimento de idéias científicas das leis da natureza . Assim, descobrimos que os primeiros astrônomos Tycho Brahe e Johannes Kepler, para deduzir as leis do movimento planetário, eles acreditavam que, ao estudar a processos da natureza estavam descobrindo o desenho racional de Deus. Esta posição foi posteriormente articulada pelo filósofo e cientista René Descartes, e adotada por Isaac Newton, cujas leis do movimento e da gravitação deram a luz à era da ciência.

O próprio Newton acreditava firmemente em um Projetor que trabalhou através com leis matemáticas fixas. Para Newton e seus contemporâneos, o universo era um grande e magnífico construído por Deus. No entanto as opiniões divergem quanto à natureza do Matemático e Engenheiro Cósmico. Ele simplesmente construiu a máquina, dando corda e deixando ela valer por si mesmo? Ou supervisiona as operações diárias? Newton acreditava que o universo foi salvo do colapso gravitacional só por um milagre perpétuo. Esta intervenção divina é um exemplo clássico do Deus das lacunas. É um argumento perigoso, e saiu como um refém para a fortuna que os futuros avanços na ciência poderia preencher essa lacuna com êxito. E de fato a estabilidade gravitacional do universo é bem compreendida hoje. Mesmo nos dias de Newton, a sua assunção de um milagre perpétuo foi ridicularizado por seus rivais continentais. Desta forma, Leibniz zombou:

"O Sr. Newton e seus seguidores também têm uma visão muito estranha da obra de Deus. Segundo eles Deus dá corda no relógio de vez em quando. Caso contrário, ele para de funcionar. Faltou clarividência suficiente para torná-lo um movimento perpétuo. ... Na minha opinião, a mesma força e efeito ainda existe no mundo sempre. [34]

32. Teorias do Tudo: A Busca da Explicação Final por John Barrow (Oxford University Press, Oxford, 1991), p. 6.

33. Ibid., P. 58.

34. "Discurso sobre a metafísica", por G. W. Leibniz, em Escritos Filosóficos (ed. GHR Parkinson, Londres Dent, 1984).

Para Descartes e Leibniz, Deus era a fonte e garantia total de racionalidade que permeia o cosmos. É essa racionalidade que abre a porta para a compreensão da natureza da aplicação da razão humana, sendo o mesmo um dom de Deus. Na Europa renascentista, a justificação para o que hoje chamamos de abordagem científica para a pesquisa foi a crença em um Deus racional cuja ordem criada poderia ser discernida através de um estudo cuidadoso da natureza. E parte da crença de Newton, no entanto, vir a ser que as leis de Deus eram imutáveis. "A cultura científica que floresceu na Europa Ocidental", escreve Barrow ", do qual somos herdeiros, foi dominada pela adesão à estabilidade absoluta das leis da Natureza, que assim garantiu o significado do empreendimento científico e seu sucesso. " [35]

Para o cientista moderno, é suficiente apenas que a natureza simplesmente tem regularidades observadas que chamamos de leis. A questão da sua origem normalmente não aparece. Embora seja interessante refleti que a ciência tinha florescido na Europa medieval e renascentista, se não fosse para a teologia ocidental. A China, por exemplo, tinha uma cultura complexa e altamente desenvolvida na época, que produziu algumas inovações que foram avançadas para os da Europa. O estudioso japonês Seki Kowa, que viveu na época de Newton, é creditado com a invenção independente de cálculo e um método para a computação de π (pi), mas optou por manter as fórmulas secretas. Em seu estudo do pensamento chinês antigo, Joseph Needham escreveu: "Havia a confiança de que o código de leis da natureza jamais poderia ser revelado e lido, porque não havia nenhuma garantia de que um ser divino, ainda mais racional do que nós mesmos , já tinha formulado um código que pode ser lido. " [36] Barrow argumenta que, na ausência do "conceito de um ser divino que agiu para legislar o que aconteceu no mundo natural, cujas ordens tinha formado leis invioláveis da natureza e assegurar o empreendimento científico." A ciência da China foi condenado a um "curioso nascimento morto" [37].

Embora não haja dúvida alguma verdade na alegação de que a diferença no avanço científico entre Oriente e Ocidente podem ser rastreados para teólogos suas diferenças, outros fatores também são responsáveis. A maior parte da ciência ocidental tem sido fundada no método do reducionismo, no qual as propriedades de um sistema complexo são compreendidos por estudar o comportamento de seus componentes. Para dar um exemplo simples, provavelmente ninguém compreende todos os sistemas do Boeing 747, mas cada parte é compreendido por alguém. Sentimo-nos bem para dizer que o comportamento do avião é entendido como um todo, porque acreditamos que um avião é exatamente a soma de suas partes.

Nossa capacidade de dissecar os sistemas naturais desta forma tem sido crucial para o progresso da ciência. A palavra "análise" é frequentemente usado como sinônimo de "ciência", expressando o pressuposto de que podemos desmontar as coisas e estudar as peças separadamente para compreender o todo. Mesmo um sistema tão complexo como o corpo humano, dizem alguns, pode ser entendido por conhecer o comportamento de genes individuais, ou as regras que governam as moléculas para formar células. Se não podemos compreender partes limitadas do universo sem entender o todo, a ciência é um empreendimento em esperança. Todavia, esta qualidade analisável dos sistemas físicos não é tão universal quanto se pensava. Nos últimos anos, os cientistas encontraram mais e mais sistemas que devem ser entendidos de uma forma holística, ou não pode ser entendido em tudo. Estes sistemas são descritos matematicamente por equações conhecidas como "não-linear." (Você pode encontrar mais detalhes em meus livros *The Cosmic Blueprint* [38] e *The Matter Myth* [39] .) Pode ser apenas um acidente da história que o primeiro cientista estava preocupado com sistemas lineares como o sistema solar, que são espacialmente sensíveis para as técnicas de análise e abordagem reducionista.

35. Teorias do Tudo: A busca da Explicação Final por John Barrow (Oxford por John Barrow (Oxford University Press, Oxford, 1991), p. 295

36. The Grand Titration: Science and Society in East and West por Joseph Needham (Allen & Unwin, Londres, 1969).

37. Teorias do Tudo: A busca da Explicação Final por John Barrow (Oxford por John Barrow (Oxford University Press, Oxford, 1991), p. 35

38. The Cosmic Blueprint: New Discoveries in the Nature's Creative Ability to Order the Universe por Paul Davies (Touchstone Books Maio de 1989)

39. The Matter Myth: Dramatic Discoveries That Challenge Our Understanding of Physical Reality, Paul Davies, John Gribbin (Prefácio) (Touchstone Books, janeiro de 1992

A popularidade da "ciência holística" nos últimos anos levou a publicação de uma série de livros, incluindo o notável "O Tao da Física" [40] de Fritjof Crapa [41] que destaca as semelhanças entre a filosofia oriental antiga, com sua interrelação holística das coisas com a moderna física não-linear. Devemos concluir que a filosofia oriental e da teologia, afinal, foram superiores em sua contraparte ocidental? Provavelmente não. Agora, agradecemos que o progresso científico exige tanto uma abordagem reducionista como holística. Há uma questão que é um direito e outro não, como algumas pessoas gostam de dizer, mas há necessidade de duas maneiras complementares de estudar os fenômenos físicos. O interessante é que o reducionismo funciona. Por que o mundo é estruturado de forma que possamos conhecer algo sem saber tudo? Este é um tema que vai desenvolver no Capítulo 6.

40. O Tao da Física: Uma exploração dos paralelos entre a física moderna e o misticismo oriental de Fritjof Capra (Shambhala, quarta edição de janeiro de 2000)

41. Conversa com Fritjof Capra

O Código Cósmico

O surgimento da ciência e da Idade da Razão trouxeram consigo a idéia de uma ordem oculta na natureza, que era matemática em sua forma e pode ser descoberto através de uma pesquisa inteligente. Enquanto nas considerações iniciais de causa e efeito, conexões diretas são imediatamente visíveis aos sentidos, as leis da natureza descobertas pela ciência são muito mais sutis. Qualquer um pode ver, por exemplo, que as maçãs caem, mas a lei da gravitação de Newton do inverso do quadrado e exigem medidas sistemáticas especiais antes que se torne manifesto. Mais importante ainda, ele exige algum tipo de estrutura de trabalho abstrato, obviamente, uma natureza matemática, como o contexto para essas medidas. Os dados brutos recolhidos pelos nossos sentidos não são diretamente compreensíveis como elas são. Para se juntar a eles, para tecer em uma estrutura de conhecimento, exige um passo intermediário, um passo que chamamos de teoria.

O fato de que essa teoria é a matemática sutil e sugestiva pode ser expressa dizendo que as leis da natureza são criptografadas. O trabalho dos cientistas é a de "quebrar" o código cósmico e, portanto, revelar os segredos do universo. Heinz Pagels, em seu livro *The Cosmic Code* (O Código Cósmico) coloca:

"Embora a idéia de que o universo tem uma ordem que é regida por leis naturais que não são imediatamente visíveis aos sentidos é muito antiga, foi nos últimos 300 anos que descobriram um método para descobrir a ordem oculta - o método científico experimental. Tão poderoso é esse método que os cientistas sabem praticamente tudo sobre o mundo natural vem dele. O que eles descobriram é que a arquitetura do universo é de fato construído de acordo com as regras universais que eu chamo o código cósmico - o código de construção do Demiurgo." [42]

Como explicado no Capítulo 1, Platão imaginou um artesão benevolente - um Demiurgo -

que construiu o universo usando princípios matemáticos baseados em formas simétricas. Este reino abstrato de formas platônicas estava ligado ao mundo do cotidiano de experiências sensoriais um corpo sutil que Platão chamou a Alma do Mundo. O filósofo Walter Mayerstein assemelha a Alma do Mundo em Platão para o conceito moderno de teoria matemática, sendo a única coisa que liga as nossas experiências sensoriais com os princípios em que o universo é construído e fornece-nos com o que temos chamado entendimento. [43] Na era moderna, Einstein também insistiu que a nossa observação direta de eventos no mundo em geral não eram inteligíveis, mas deve estar relacionado a uma camada da teoria subjacente. Em uma carta para M. Soloivine datado de 07 de maio de 1952, Einstein escreveu: "as conexões, sempre problemáticas entre o mundo das idéias e aquelas pode ser experimentado." Einstein sublinhou que "não há caminho lógico" entre os conceitos teóricos e as nossas observações. Um deles é definido de acordo com um procedimento "extra lógico" (intuitivo). [44]

Usando uma metáfora do computador, podemos dizer que as leis da natureza contem uma mensagem codificada. Nós somos os destinatários dessa mensagem, comunicadas a nós através deste canal que chamamos de teoria científica. Para Platão, e muitos outros depois dele, o remetente da mensagem é o Demiurgo, o Construtor Cósmico. Como discutido em capítulos vindouros, todas as informações sobre o mundo pode, em princípio, ser representado sob a forma de aritmética binária (zeros e uns), este é o mais adequado para o processamento por computador. "O universo", diz Mayerstein, "pode ser simulado com uma seqüência grande de zeros e uns, o objetivo da investigação científica é, então, nada mais do que tentar decodificar e decifrar essa seqüência com o objetivo de tentar compreender, e encontrar o significado desta 'mensagem'" O que pode ser dito sobre a natureza da "mensagem"? "É bastante óbvio que, se a mensagem é codificada, ela pressupõe a existência de um padrão ou estrutura no arranjo de zeros e uns, na seqüência, uma seqüência completamente aleatória ou caótica deve ser considerada indecifrável." [45] Então, o fato é que, em vez de caos fervilha propriedades ordenadas dessa seqüência de dígitos. O Capítulo 6 vai avançar mais sobre a natureza exata dessas propriedades.

42. The Cosmic Code: Quantum Physics As the Language of Nature by Heinz R. Pagels; (Bantam, New York, 1983) p. 156

43. "Plato's Timeaus and Contemporary Cosmology: A Critical Analysis" by F. Walter Mayerstein, University of Barcelona report, 1989.

44. Reprinted in Einstein: A Centenary Volume (ed. A. P. French, Heinemann, London, 1979), p. 271

45. Rationality and Irrationality in Science: From Plato to Chitin” F. Walter Mayerstein, University of Barcelona report, 1989.

O Estados das Leis Hoje

Muitas pessoas, inclusive os cientistas, gostam de acreditar que o código cósmico contém uma mensagem real para nós de um Codificador. Eles sustentam que a própria existência do código é uma evidência para a existência de um Codificador, e o conteúdo da mensagem diz algo sobre ele. Outros, como Pagels, não encontraram nenhuma evidência de um Codificador, "Uma das características mais estranhas do código cósmico é que até podemos dizer, que o Demiurgo tem escrito o código - mensagem de um alienígena, sem evidência de um alienígena" Então, as leis da natureza tornaram-se uma mensagem sem remetente.. Pagels não é muito perturbado por isso. "Se Deus é a mensagem que ele escreveu a mensagem, se ela foi escrita em si não é importante para nossas vidas. Nós podemos descartar a idéia de um Demiurgo, porque não há nenhuma evidência científica de um Criador do mundo natural, e nenhuma evidência de uma vontade ou propósito na natureza que vão além do conhecimento de suas leis" [46].

46. The Cosmic Code: Quantum Physics As the Language of Nature de Heinz R. Pagels; (Bantam, New York, 1983) p. 157

No entanto as leis da natureza têm suas raízes em Deus, sua existência não é mais notável que a matéria, a qual Deus criou também. Mas se o sustamento divino das leis forem removidas, a sua existência se tornaria um profundo mistério. De onde elas vêm? Quem "mandou a mensagem"? Quem projetou o código? São as leis simplesmente lá - flutuando livremente, por exemplo - ou deveríamos abandonar a noção de leis da natureza como uma ressaca desnecessária de um fundo religioso?

Para levar adiante estas questões profundas, primeiro vamos ver o que realmente entende um cientista por lei. Todo mundo concorda que o trabalho da natureza exhibe surpreendentes regularidades. As órbitas dos planetas, por exemplo, são descritas por formas geométricas simples, e seu movimento mostra diferentes ritmos matemáticos. Os padrões e ritmos também são encontrados no interior dos átomos e seus constituintes. Mesmo as estruturas do cotidiano, tais como pontes e máquinas em geral se comportam de forma ordenada e

previsível. Com base nesses experimentos, os cientistas usam o raciocínio indutivo para argumentar que essas regularidades estão em conformidade com as leis. Como explicado no Capítulo 1, o raciocínio indutivo não tem segurança absoluta. Só porque o sol tem subido todos os dias da nossa vida, não há garantia de que, amanhã de madrugada. A crença de que ele - que as leis naturais são realmente confiáveis - é um ato de fé, mas que é indispensável para o progresso da ciência.

É importante entender que as regularidades da natureza são reais. Algumas vezes se argumenta que as leis da natureza, que são tentativas de capturar tais regularidades sistematicamente, são impostas ao mundo por nossas mentes para fazer sentido. É certamente verdade que a mente humana tem uma tendência a concentrar-se nos padrões, e até mesmo imaginar onde eles não existem. Nossos ancestrais viram animais e deuses entre as estrelas, e inventaram as constelações. E todos nós temos encontrado faces em nuvens, pedras e fogo, porém, eu acho que qualquer sugestão de que as leis da natureza são projeções semelhantes é um absurdo. A existência de regularidades na natureza é um fato objetivo e matemático. Por outro lado, as afirmações que são chamadas de leis nos livros de texto simples são invenções humanas, mas invenções destinadas a refletir, ainda que imperfeitamente, as propriedades da natureza que realmente existem. Sem o pressuposto de que as regularidades são reais, a ciência é reduzido a uma farsa sem sentido.

Outro motivo que eu não acho que as leis da natureza são simplesmente as nossas próprias criações é que eles ajudam-nos a descobrir novas coisas sobre o mundo, às vezes as coisas nunca suspeitas. A marca é uma poderosa lei que vai além de uma descrição confiável do fenômeno original para o qual foi invocado para explicar, e se conectar com outros fenômenos também. Por exemplo, a lei da gravidade de Newton, fornece uma descrição precisa do movimento planetário, mas também explica as marés, a forma da Terra, o movimento de uma nave espacial e muito mais. A teoria do eletromagnetismo de Maxwell foi bem além da descrição de eletricidade e magnetismo, explicando a natureza das ondas de luz e prever a existência de ondas de rádio. Portanto, realmente as leis básicas da natureza, estabelecem conexões profundas entre os diferentes processos físicos. A história da ciência mostra que uma vez que uma nova lei for aceita, as suas consequências são rapidamente digitalizadas, e a lei é testada em muitos novos contextos, muitas vezes levando à descoberta de fenômenos novos, inesperados e importantes. Isso me leva a acreditar que através da realização de verdadeira ciência, descobrimos regularidades e conexões, estamos lendo essas regularidades na natureza, não escrevendo para elas.

Mesmo não sabendo que são as leis da natureza, ou de onde vieram, ainda podemos listar suas propriedades. Curiosamente, as leis têm sido adquiridos com muitas das propriedades que foram formalmente atribuída a Deus que já foi assumido que eles tinham vindo.

Em primeiro lugar, as leis são universais. Uma lei que só funciona às vezes, ou em um lugar, mas não outro, não é boa. As leis são inevitavelmente tomadas para aplicar em qualquer lugar do mundo e todas as épocas da história cósmica. Não foram permitidas exceções. Nesse sentido, elas também são perfeitas.

Em segundo lugar, as leis são absolutas. Não dependem de qualquer outra coisa. Em particular, não depende de quem está observando a natureza ou o estado do mundo. Os estados físicos são afetados pela lei, mas não vice-versa. De fato, um elemento-chave na visão do mundo científico é a separação das leis que regem um sistema físico nos estados do sistema. Quando um cientista fala de "estado" de um sistema refere-se as reais condições físicas em que o sistema está em um determinado momento. Para descrever um estado, dão os valores de todas as grandezas físicas que caracterizam o sistema. O estado de um gás, por exemplo, pode ser especificado, dando a sua temperatura, pressão, composição química, e assim por diante, se você está interessado em seus traços mais grossos. A especificação completa do estado do gás iria fornecer detalhes sobre a posição e o movimento de todas as suas moléculas constituintes. O Estado não é algo fixo e determinado por Deus, geralmente mudam com o tempo. Em contrapartida, as leis que fornecem a correlação entre os estados em momentos posteriores, não mudam ao longo do tempo.

Então nós chegamos a propriedade do **terceiro** e mais **importante propriedade das leis da natureza: elas são eternas.** O caráter eterno e atemporal das leis é refletida na estrutura matemática usada para modelar o mundo físico. Na mecânica clássica, por exemplo, as leis da dinâmica estão imbuídas de um objeto matemático chamado de "hamiltoniana", que age sobre algo chamado "espaço de fase." Estes são construções matemáticas técnicas, cuja definição não é importante. O importante é que tanto Hamiltoniano e o espaço de fase são fixos. Por outro lado, o estado de um sistema é representado por um ponto no espaço de fase, e move-se nesse ponto ao longo do tempo, representando as mudanças de estado que ocorrem quando o sistema evolui. O fato essencial é que o hamiltoniano e o espaço de fase em si é independente do ponto representativo movimento.

Em quarto lugar, as leis só são onipotentes. Com isto quero dizer que nada escapa a elas: todos eles são poderosas. Eles também são, num sentido figurativo, oniscientes, porque se formos adiante com a metáfora das leis "comandam" os sistemas físicos, então os sistemas

não têm de "informar" as leis de seus estados para eles "legislar as instruções corretas" para aquele estado.

Sobre isso a geralmente há um acordo. No entanto, quando consideramos o estado das leis aparece um cisma. Se as leis são consideradas uma descoberta da realidade, ou meramente uma invenção dos cientistas? É a lei do inverso do quadrado da gravidade de Newton uma descoberta feita por Newton sobre o mundo real, ou é invenção dele na tentativa de descrever as regularidades observadas? Dito de outra forma, Newton descobriu algo real sobre o mundo objetivamente, ou simplesmente inventou um modelo matemático de uma parte do mundo que foi útil para descrevê-lo?

A linguagem usada para descrever o funcionamento das leis de Newton reflete uma forte tendência para a liderança. Os cientistas falam de planetas "obedecendo" as leis de Newton, como se os planetas eram inerentemente uma entidade rebelde que desbocariam se eles não eram "sujeitos" da lei. Isso dá uma impressão de que as leis são de alguma forma "lá fora", à espreita, prontos para intervir no movimento dos planetas, quando e onde quer que ocorra. Caindo o hábito desta descrição, é fácil atribuir o estatuto de independência da lei. Se considerarmos com esse estatuto, então dizemos que as leis são transcendentais, porque elas transcendem o mundo físico real em si. Mas isso é realmente justificado?

Como se pode provar a existência do transcendente e as leis em separado? Se as leis se manifesta apenas através de sistemas físicos - na forma como eles se comportam - nunca podemos alcançar o interior da substância do cosmos, com leis como essa. As leis são sobre o comportamento das coisas físicas. Vemos as coisas não as leis. Mas se nós nunca vamos ser capazes de mergulhar as leis, exceto através de sua manifestação em fenômenos físicos, que direito temos nós de atribuir uma existência independente?

Uma analogia útil é com os conceitos de hardware e software da computação. As leis da física se referem a software, e os estados físicos o hardware. (Concedido, este um pouco restringe o uso da palavra "hard", incluído na definição do universo físico são os nebulosos campos quânticos e até mesmo o espaço-tempo em si.) O seguinte tema pode ser enunciado assim: Existe um "software cósmico" independente - um programa de computador para o universo - englobando todas as leis necessárias? Será que esse software pode existir sem o hardware?

Já referi a minha crença de que as leis da natureza são reais, verdades objetivas sobre o

universo, e descobrimos, em vez de inventá-las. Mas todas as leis fundamentais conhecidas tem sido encontradas matemáticas em sua forma, a razão de ser assim é um assunto sutil e importante, que exige uma investigação da natureza da matemática. Esta eu encararei nos próximos capítulos.

O que significa que algo "Existe"?

Se a realidade física é algo construído sobre as leis da natureza, essas leis devem ter uma existência independente em algum sentido. Que tipo de existência que podemos atribuir a algo tão abstrato e nebuloso como as leis da física?

Deixe-me começar com algo concreto – como concreto, por exemplo. Nós sabemos que existe, porque (na célebre frase do Dr. Johnson) o podemos chutar. Nós também podemos ver e, eventualmente, o cheirar: o concreto afeta diretamente os nossos sentidos. Mas há mais a existência de um monte de concreto para sentir, ver e cheirar. Também fazemos a suposição de que a existência de concreto é algo que é independente dos nossos sentidos. É realmente "lá fora" e continuará a existir mesmo quando não tocar, ver ou cheirar. Esta é, naturalmente, uma hipótese, mas razoável. O que realmente acontece é que inspeções repetidas recebemos estímulos sensoriais semelhantes. A correlação entre os dados sensoriais recebidos em uma ocasião posterior nos permite reconhecer o monte de concreto e identifica-los. Em seguida, é simples de construir o nosso modelo de realidade no terreno que o concreto tem uma existência independente, a supor que esta se desaparece quando olhamos para o outro lado e prestativamente reaparece cada vez que voltamos a olhar.

Tudo isso parece inofensivo. Mas nem tudo que é dito que existe são tão concretos como o concreto. E sobre os átomos, por exemplo? Eles são pequenos demais para ver, tocar ou sentir de alguma forma diretamente. Nosso conhecimento deles vem indiretamente, através de um equipamento intermediário, dados que devem ser processados e interpretados. A mecânica quântica torna as coisas piores. Não é possível, por exemplo, atribuir uma posição definitiva, nem um movimento definitivo para um átomo, ao mesmo tempo. Átomos e partículas subatômicas habitam um mundo de sombras de semi-existência.

Depois, há ainda as entidades mais abstratas, tais como campos. O campo gravitacional de um corpo não existe, mas não pode ser chutado, visto ou sentido. Os campos quânticos são

ainda mais nebulosos, que consiste da agitação dos padrões de energia invisível.

Mas a existência menos que concreta não é mantido exclusivamente da física. Mesmo na vida cotidiana usamos conceitos como cidadania, ou falência, o que não pode ser tocado ou visto, ainda são muito reais. Outro exemplo é a informação. O fato de a informação, como tal, não pode ser sentida diretamente não diminui sua real importância em nossas vidas de "tecnologia da informação", no qual as informações são armazenadas e processadas. Observações semelhantes aplicam ao conceito de software e engenharia de software na informática. É claro que seríamos capazes de ver e tocar os meios de armazenamento de informações tais como o disco do computador ou de um microchip, mas não podemos deixar de perceber a informação de como tais.

Depois, há todo um reino de fenômenos subjetivos, tais como sonhos. Os objetos são, inegavelmente, o sonho de algum tipo de existência (pelo menos para o sonhador), mas juntos têm uma natureza menos substancial que um monte de concreto. Da mesma forma os pensamentos, emoções, lembranças e sentimentos não podem ser descartados como não-existentes, embora a natureza de sua existência é diferente daquele do mundo "objetivo". Como o software do computador, a mente e a alma pode depender de sua manifestação algo concreto - neste caso, o cérebro - mas isso não faz eles concretos.

Há também uma categoria de coisas que são amplamente descritas como culturais – a música, por exemplo, ou na literatura. A existência das sinfonias de Beethoven ou obras de Dickens não pode ser simplesmente equiparada com a existência dos manuscritos que foram escritos. Nem pode religião ou política estar identificada apenas com as pessoas que o praticam. Todas estas coisas existem em um sentido menos de concreto, mas importante.

Finalmente, há o reino da matemática e da lógica, de importância central para a ciência. Qual é a natureza de sua existência? Quando dizemos que há um teorema, por exemplo, sobre os números primos, não estamos dizendo que o problema pode ser iniciado, como a pilha de concreto. No entanto, a matemática é, inegavelmente, uma existência de algum tipo, mas abstrato.

A questão que enfrentamos é se as leis da física têm alguma existência transcendental. Muitos físicos acreditam que isso é assim. Eles falam da "descoberta" das leis da física como se fossem realmente "lá fora" em algum lugar. Claro que é certo que o que hoje chamamos de leis da física são únicas abordagens experimentais para um conjunto de leis "reais", mas a crença é que a ciência progride para estas abordagens cada vez melhor,

esperando que um dia nós o conjunto "correto" de leis. Quando isso ocorre, teoricamente a física estará completa. Era a esperança de que essa conclusão estava em um futuro próximo que levou Stephen Hawking ao intitular sua aula inaugural na Cátedra Lucasiana de Cambridge, "é o Fim da Física Teórica em vista? "

Nem todos os físicos teóricos estão confortáveis com a idéia de leis transcendentais, no entanto James Hartle, observou que "os cientistas e matemáticos, procedem como se a verdade de seus súditos tinham uma existência independente ... como se um único conjunto de regras porque o universo é acionado eles são realmente parte deste mundo que eles governam", argumenta que a história da ciência está repleta de exemplos de como o que uma vez pensamos verdades fundamentais indispensáveis resultaram ser acessórias e especiais. [47] Que a Terra era o centro do universo permaneceu inquestionável, por séculos até que nós achamos que o universo nos dá apenas um lugar em sua superfície. As linhas e ângulos no espaço tridimensional obedecem às leis da geometria euclidiana também foi assumido como uma verdade fundamental e essencial, mas o fato é que, porque vivemos em uma região do espaço e do tempo em que a gravidade é relativamente fraca, a curvatura do espaço passou despercebido por muito tempo. Como muitos outros recursos do mundo, pergunta Hartle, poderia ser igualmente devido à nossa visão de mundo particular, e não o resultado de uma verdade profunda e transcendente? A separação da natureza "no mundo" e "leis" poderia ser um desses recursos auxiliares.

Segundo essa visão, não existe um único conjunto de leis para a qual a ciência converge. Nossas teorias e leis contidas neles não podem ser separadas, diz Hartle, das circunstâncias em que vivemos. Essas circunstâncias incluem a nossa cultura e história evolutiva, e dados específicos que temos encontrado no mundo inteiro. Uma civilização alienígena com uma história evolutiva diferente, cultura e ciência poderia construir leis completamente diferentes. Hartle disse que muitas leis diferentes podem ser ajustados para dar um conjunto de dados e nunca pode ter certeza de que obtivemos o conjunto correto.

47. "Excess Baggage" por James Hartle, in *Elementary Particles and the Universe: Essays in Honour of Gell-Mann* (ed. John H. Schwarz, Cambridge University Press, Cambridge, 1991),

No começo

È importante perceber que as leis por si só não descrevem completamente o mundo. Na verdade, o nosso propósito na feitura de leis é conectar diferentes eventos físicos. Uma lei simples, por exemplo, é que uma bola lançada para o ar descreve uma trajetória parabólica. No entanto, existem muitas parábolas diferentes. Algumas são altas e magras, outras baixas e planas. A parábola determinada, seguida de uma determinada bola depende da velocidade e do ângulo de projeção. Estes são referidos como "condições iniciais". A lei da parábola, além das condições iniciais determinam a trajetória da bola de forma exclusiva.

As leis, então, são declarações sobre classes de fenômenos. As condições iniciais são declarações sobre sistemas particulares. No exercício da sua ciência, físicos experimentais costumam escolher ou criar algumas condições iniciais. Por exemplo, em seu famoso experimento da queda dos corpos, Galileu lançou simultaneamente massas diferentes, para mostrar que veio à Terra, ao mesmo tempo. Em contrapartida, o cientista não pode escolher as leis, elas são "providenciadas por Deus." Esse fato impregna as leis com um status muito maior do que as condições iniciais. Este último é visto como um detalhe maleável e acidental, enquanto a primeira é fundamental, eterna e absoluta.

No mundo natural, além do controle do experimentador, as condições iniciais são dadas a nós pela natureza. O granizo que atinge o solo não foi descartado por Galileu a partir de um padrão, mas foi causado por um processo físico na atmosfera superior. Da mesma forma, quando um cometa entra no sistema solar para um determinado caminho, o caminho depende do processo físico de origem da observação. Em outras palavras, as condições iniciais que pertencem a um sistema de interesse pode ser estendido para o meio ambiente. Poderíamos então perguntar para as condições iniciais do ambiente mais amplo. Porque o granizo foi formado em um determinado ponto da atmosfera? Por que as nuvens se formaram ali, ao invés de outro lugar? E assim por diante.

È fácil ver que a rede de interconexão causal cresce muito rapidamente para abraçar todo o cosmos. Então o que? A questão das condições cósmicas iniciais nos leva de volta para o "big bang" e a origem do universo físico. Aqui as regras do jogo mudam drasticamente. Apesar de determinadas condições iniciais são apenas uma qualidade inerente que sempre pode ser explicada apelando para um ambiente mais amplo em um momento anterior, quando alcançamos as condições iniciais cósmicas não são um ambiente mais amplo nem um momento anterior. As condições cósmicas iniciais são "dadas", tal como as leis da física.

A maioria dos cientistas considera as condições iniciais cósmicas como estando fora do alcance da ciência. Como as leis, elas devem ser aceitas como um fato bruto. Aqueles com uma mentalidade religiosa apelam a Deus para explicar. Ateus tendem a se referir a elas como aleatórias ou arbitrárias. É o trabalho de cientistas para explicar o mundo, tanto quanto possível, sem recorrer a condições especiais iniciais. Se uma característica do mundo só pode ser explicado assumindo que o universo começou em uma maneira em particular não fornece nenhuma explicação real. Uma delas é simplesmente dizer que o mundo é como ele foi do jeito que estava. Assim, a tentação tem sido a de construir teorias do universo que não dependem muito sensitivamente às condições iniciais.

Uma pista de como isso pode ser feito é fornecido pela termodinâmica. Se eu pegar uma xícara de água quente, eu sei que vai estar fria no dia seguinte. Por outro lado, se me dão um copo de água fria, eu não digo que estava quente ou não um dia antes ou no dia anterior, ou como era quente, se alguma vez foi quente. Pode-se dizer que os detalhes da história térmica da água, incluindo as suas condições iniciais, são apagadas pelos processos termodinâmicos que levam ao equilíbrio térmico com o meio ambiente. Os cosmólogos têm argumentado que os processos similares podem ter apagado os detalhes das condições cósmicas iniciais. Seria impossível, então, inferir, exceto nos termos mais amplos, como o universo simplesmente começou a partir do conhecimento de como é hoje.

Deixe-me dar um exemplo. Hoje, a Universo está se expandindo na mesma velocidade em todas as direções. Quer isto dizer que o big bang foi isotrópico? Não necessariamente. Poderia ter sido o caso de que o universo começou a expandir de forma caótica, com diferentes velocidades em diferentes direções e que a desordem havia sido normalizada por processos físicos. Por exemplo, os efeitos do freio de atrito que funciona como o movimento na direção de mais rápida expansão. Alternativamente, de acordo com o cenário da moda do universo inflacionário [48] brevemente discutido no Capítulo 2, o universo primitivo passou por uma fase de rápida expansão em que as irregularidades iniciais desapareceram. O resultado final foi um universo com um elevado grau de uniformidade espacial e um padrão consistente de expansão.

48. Para uma explicação detalhada dessa teoria, ver "Superforça, Em busca de uma Teoria Unificada da Natureza" por Paul Davies (Simon & Schuster, New York, 1984)

Muitos cientistas são atraídos pela idéia de que o estado do universo que vemos hoje é relativamente insensível à maneira como ele começou no Big Bang. Sem dúvida isso é

devido à reação contra as teorias religiosas da criação especial, mas também porque a idéia é eliminar a necessidade de se preocupar com o estado do Universo em seus primórdios, quando as condições físicas eram provavelmente extremas. Por outro lado, é evidente que as condições iniciais não pode ser completamente ignoradas. Podemos imaginar um universo de idade semelhante ao nosso, mas de forma muito diferente, e imagina então voltando para trás no tempo, em conformidade com as leis da física para a origem do big bang. Algum estado inicial poderia ser encontrado o que resultaria em que o universo tão diferente.

Quaisquer que sejam as condições iniciais que havia dado começo ao nosso universo pode sempre perguntar: Por que isso? Dada a infinita variedade de maneiras em que o universo pode ter começado, porque começou do jeito que aconteceu? É tentador assumir que as condições iniciais não foram arbitrárias, mas de acordo com algum princípio profundo. Afinal, é geralmente aceito que as leis físicas não são arbitrárias, mas pode ser encapsulado em uma pura relação matemática. Pode não ser uma "lei das condições iniciais" matemática e pura também?

Essa proposta tem sido explorada por vários teóricos. Roger Penrose, por exemplo, argumentou que, se as condições iniciais foram escolhidas aleatoriamente, o universo resultante seria surpreendentemente irregular, contendo monstruosos buracos negros ao em vez de material relativamente em forma uniforme. Um Universo em uniforme como o nosso exige uma sintonia delicadamente fina no início, para que todas as regiões do universo se expandam em uma maneira cuidadosamente orquestrada. Usando a metáfora do Criador, com uma "lista de compras" sem limite de possíveis condições iniciais, Penrose afirma que o Criador necessitou percorrer a uma lista com muito cuidado antes de encontrar um candidato que poderia levar a um universo como o nosso. Selecionando aleatoriamente teria sido uma estratégia que provavelmente teria falhado. "Não desejo denegrir as habilidades do Criador, a este respeito", comenta Penrose, "Eu insisto que é uma obrigação da ciência para descobrir as leis da física que explicam, ou pelo menos descrevem, de forma consistente, a natureza da exatidão fenomenal que se vê freqüentemente nos trabalhos do mundo natural... Então, precisamos de uma lei da física que explique o especial do estado inicial." [49] O projeto de lei proposto por Penrose é que o estado inicial do universo era restrito a possuir um tipo especial de uniformidade desde o início, sem inflação ou qualquer outro processo de adaptação. Os detalhes matemáticos não nos dizem respeito.

Outra proposta foi discutida por Hartle e Hawking no contexto da teoria cosmológica quântica. No capítulo 2, eu mencionei que não havia um "primeiro momento", especialmente nessa teoria, não havia nenhum evento de criação. O problema das condições

iniciais cósmicas é, portanto, abolido pela supressão do evento inicial. No entanto, para alcançar este fim, o estado quântico deve ser severamente restringido, não só no início, mas em todos os momentos. Hartle-Hawking deu uma formulação matemática a essa restrição, que na verdade faz o papel de uma "lei das condições iniciais".

É importante perceber que você não pode provar que uma lei das condições iniciais é correta ou incorreta, ou derivadas de leis existentes da física. O valor de uma lei assenta, como todas as propostas científicas em sua capacidade de prever as consequências observáveis. É verdade que os teóricos possam ser atraídos para uma proposta específica para a questão de elegância matemática ou "natural", mas tais argumentos filosóficos são difíceis de justificar. A proposta Hartle-Hawking, por exemplo, está bem adaptado ao formalismo da gravidade quântica, e parece muito plausível e natural nesse contexto. Mas se nossa ciência teria evoluído de forma diferente na lei Hartle Hawking, teria parecido arbitrário ou forçado. Infelizmente, perseguindo as consequências observáveis da teoria Hartle-Hawking não é fácil. Os autores afirmam que prevê uma fase inflacionária para o universo, o que é consistente com a forma cosmológica, e pode um dia ter algo a dizer sobre a estrutura em larga escala do diferente - a maneira que as galáxias tendem a formar agrupamentos, por exemplo. Mas há pouca esperança de alguma vez selecione uma lei com base em fundamentos observáveis. Na verdade Hartle têm argumentado que esta lei única não existe. (Ver "Uma única teoria para tudo?") Em qualquer caso, uma determinada proposta para selecionar um estado quântico para todo o universo não teria muito a dizer sobre os pequenos detalhes como a existência de um planeta em particular, muito menos uma pessoa determinada. A própria natureza quântica da natureza garante (devido ao princípio da incerteza de Heisenberg), que tais detalhes permanecem indeterminados.

A separação das leis e condições iniciais que caracteriza todas as tentativas anteriores para analisar sistemas dinâmicos pode ser devido mais a história da ciência que algumas propriedades profundas do mundo natural. Os livros dizem-nos que em um experimento típico, o pesquisador cria um estado físico particular e depois ver o que acontece - por exemplo, como o estado evolui. O sucesso do método científico assenta na reprodutibilidade dos resultados. Se o experimento for repetido, as mesmas leis da física, mas as condições iniciais são controlados pelo experimentador. Há, portanto, uma clara separação funcional entre as leis e condições iniciais. Quando vamos para a cosmologia, porém, a situação é diferente. Existe apenas um universo, assim, a noção de repetir os testes, é irrelevante. Além disso, não temos nenhum controle sobre as condições iniciais cósmicas que temos sobre as leis da física. A clara distinção entre as leis da física e as condições iniciais desaparece. "Não é possível", conjecturou Hartle, "que tem um princípio mais geral em um contexto mais amplo, que determina as condições iniciais e dinâmicas?" [50]

Acredito que essas propostas de leis sobre as condições iniciais suportam a idéia platônica de que as leis estão "lá fora", transcendendo o universo físico. Tem sido argumentado que as leis da física tornaram-se existentes com o universo. Se sim, então essas leis não podem explicar a origem do universo porque as leis não existiram, até que o universo existiu. Isto é necessariamente mais evidente quando se trata de uma lei das condições iniciais, porque uma tal lei tende a explicar que o universo se tornou a existir precisamente no modo como ele é. No esquema de Hartle-Hawking não há um verdadeiro momento de criação em que as leis sejam cumpridas. No entanto, ela ainda oferece uma explicação de porque o universo é do jeito que está. Se as leis são transcendentais, um é obrigado a aceitar como um fato bruto que o universo está lá simplesmente como um pacote, com todas as características descritas pelas leis que ele contém. Mas com leis transcendentais um tem o começo de uma explicação de porque o universo é como é.

A idéia de leis transcendentais da física é o equivalente moderno do reino de Formas perfeitas idealizado por Platão, que serviu como esboço para a construção do mundo em mudança das sombras da nossa percepção. Na prática, as leis da física são estruturadas como relações matemáticas, então, em nossa busca do embasamento da realidade que deve retornar à natureza da matemática e da velha questão de se a matemática existe como um reino platônico independente.

49. "Singularities and Time Asymmetry" by Roger Penrose, in *General Relativity: An Einstein Centenary Survey* (eds. S. W. Hawking and W. Israel, Cambridge University Press, Cambridge, 1979), p. 631

50. "Excess Baggage" by James Hartle, in *Elementary Particles and the Universe: Essays in Honour of Gell-Mann* (ed. John H. Schwarz, Cambridge University Press, Cambridge, 1991)

Capítulo 4 - Matemática e Realidade

NENHUMA MATÉRIA ILUSTRA MELHOR a diferença entre as duas culturas - a arte e a ciência- que a matemática. Para o observador de fora a matemática é um mundo estranho e abstrato de horrendas technicalidades, cheio de símbolos estranhos e procedimentos complicados, uma linguagem complicada e uma arte obscura. A matemática para o cientista é a garantia do rigor e objetividade. É também, surpreendentemente, a linguagem da natureza. Ninguém concluiu que a matemática pode alcançar o sentido pleno da ordem natural é tão profundamente enraizada no tecido da realidade física.

Devido ao seu papel indispensável na ciência, muitos cientistas - especialmente os físicos - estabelecem a realidade última do mundo físico em matemática. Um colega meu uma vez disse que acreditava que o mundo não era nada, mas pedaços de matemática. Para a pessoa comum, cuja imagem da realidade está fortemente ligada à percepção de objetos físicos, e cuja visão da matemática é uma recriação esotérica, isso deve ser incrível. No entanto, o argumento de que a matemática é uma chave que permite o início de revelar segredos cósmicos é tão antiga quanto a própria matéria.

Números Mágicos

Mencionando a Grécia antiga muita gente pensa na geometria. Hoje os alunos aprendem o teorema de Pitágoras e os outros elementos da geometria euclidiana como exercícios de treinamento para o raciocínio matemático e lógico. Mas a geometria dos filósofos gregos era muito mais do que um exercício intelectual. O conceito de número e forma fascinou-os tão profundamente que eles construíram toda uma teoria do universo baseado nele. Nas palavras de Pitágoras: "O número é a medida de todas as coisas."

Pitágoras viveu no século VI A. C. e fundou uma escola de filósofos conhecidos como pitagóricos. Estavam convencidos de que a ordem cósmica foi baseada em relações numéricas, e imbuído de certos números e formas com significado místico. Eles tinham uma reverência especial, por exemplo, os números "perfeitos" como o 6 e o 28, que foram as somas de seus divisores (por exemplo, $6 = 1 + 2 + 3$). A maior relação foi reservada para o número 10, o chamado divino Tetractys, sendo este a soma dos quatro primeiros números inteiros. Tendo pontos de diversas formas construídas números triangulares (como o 3, 6 e 10), números quadrados (4, 9, 16, etc) E assim por diante. O número quadrado 4 foi feito o símbolo da justiça e reciprocidade. [51] A representação triangular de 10 era conhecido

como um símbolo sagrado, sobre a qual jurou durante cerimônias de iniciação.

51. A importância de um vago eco nas expressões "a square deal " e "being all square" (em Inglês no original).

A crença no poder da numerologia pelos pitagóricos foi reforçada pela descoberta de Pitágoras sobre o papel dos números na música. Ele descobriu que os comprimentos das cordas produzem sons harmonicamente relacionadas tinha uma simples relação numérica entre eles. A oitava, por exemplo, correspondiam a 2:1. Nossa palavra "racional" ("rational") deriva do grande significado heurístico que os pitagóricos atribuíam aos número obtido pela razão de números inteiros, como $\frac{3}{4}$ ou 03/02. De fato, os matemáticos ainda se referem a esses números como racionais. Foi, portanto, profundamente perturbador para os gregos, quando descobriram que a raiz quadrada de 2 não pode ser expressa como a relação de números inteiros. O que isso significa? Imagine um quadrado com lados medindo um metro cada. Então, de acordo com o teorema de Pitágoras, o comprimento da diagonal, em metros é a raiz quadrada de 2. Este comprimento é de cerca de 05/07 metros, a melhor abordagem é 707/500 metros. Mas, na verdade nenhuma fração exata pode expressar isto, não importa quão grande o numerador e o denominador são. Os números deste tipo são chamados de "irracionais".

Os pitagóricos aplicaram numerologia a sua astronomia. Eles projetaram um sistema de 9 camadas esféricas concêntricas a transportar os corpos celestes conhecidos, e inventou uma "contra-terra" mítica para alcançar o Tetractys, número 10. Esta ligação entre a música e a harmonia celestial foi resumida pela afirmação de que os campos astronômicos produzem a música - música das esferas. As idéias de Pitágoras foram aprovadas por Platão em seu *Timaeus* que desenvolveu mais o modelo musical e numérico do cosmos. Ele continuou a aplicar a numerologia aos elementos gregos - terra, ar, fogo e água - e explorar o significado cósmico de várias formas regulares.

Hoje os esquemas de Pitágoras e Platão podem parecer primitivos e excêntricos, no entanto, de vez em quando recebo manuscritos por correio contendo tentativas para explicar as propriedades dos núcleos atômicos, ou partículas nucleares, com base na numerologia da Grécia antiga. Obviamente, ele mantém um apelo místico. O maior valor destes sistemas numerológicos e geométricos não é, no entanto, a sua credibilidade, mas o fato de que eles tratam do mundo físico como uma manifestação consistente de relações matemáticas. A idéia essencial sobreviveu diretamente para a era científica. Kepler, por exemplo, descreve

Deus como um geômetra, e sua análise do sistema solar, foi profundamente influenciado por aquilo que ele percebeu ser o significado místico dos números envolvidos. E moderna física matemática, embora desprovido de conotações místicas, ainda mantém a premissa dos gregos antigos de que o universo é racionalmente ordenado de acordo com princípios matemáticos.

Muitas outras culturas criaram esquemas numerológicos que penetraram na ciência e arte. No antigo Oriente Médio o número 1 – a Unidade - era freqüentemente identificado com Deus, o motor principal. Os assírios e babilônios atribuíram números deificados a objetos astronômicos: Vênus, por exemplo, era identificado pelo número 15, e a Lua com o 30. Os hebreus deram significado especial para 40, que aparece com freqüência na Bíblia. O diabo está associado com o 666, um número que ainda mantém alguma força se, como um jornalista uma vez relatou, o presidente Ronald Reagan mudou de endereço na Califórnia, para impedi-lo. Na verdade, a Bíblia tem uma tela numerológica tecida profundamente em seu texto. Algumas seitas religiosas como os gnósticos e os cabalistas, então construiu uma tradição numerológica elaborada em torno da Bíblia. Também não foi a igreja imune a tais teorias. Agostinho, em particular, incentivou o estudo numerológico da Bíblia como parte de uma educação cristã, e esta prática continuou até o final da Idade Média. Em nossa época, muitas culturas continuam atribuindo poderes sobrenaturais para determinados números ou figuras geométricas, e as rotinas de atenção especial são uma parte importante do ritual e magia em muitas partes do mundo. Mesmo em nossa sociedade ocidental cética muitas pessoas se apegam à noção de números de sorte ou azar, como 7 ou 13.

Estas conotações mágicas obscurecem as muitas práticas origens de aritmética e geometria. A construção formal teoremas geométricos na Grécia antiga, continuou a desenvolver a régua e compasso, e diversas técnicas de linhas de pesquisa de vista, que foram utilizados para fins de arquitetura e construção. A partir destes inícios de tecnologia simples, foi construído um grande sistema de pensamento. O poder dos números e geometria se mostrou tão convincente que se tornou a base de uma visão abrangente do mundo., Com o próprio Deus fazendo o papel de Grande Geômetra - uma imagem tão vividamente capturada na famosa gravura de William Blake O Anciã dos Dias, mostrando Deus no céu, curvando-se para medir o universo com uma bússola. [52]

A história sugere que agrada a todas as idades a tecnologia a sua arte como uma metáfora para o cosmos, ou mesmo Deus. É por isso que no século XVII, o universo não foi referido em termos de harmonia musical e geometria presidido por um Geômetra Cósmico, mas de

uma maneira muito diferente. Um desafio tecnológico único naquela época era a oferta de dispositivos de navegação precisa, em particular para ajudar a colonização europeia da América. A determinação da latitude não é um problema para os velejadores, pois pode ser medido diretamente com a altitude, por exemplo, a Estrela Polar acima do horizonte. O comprimento, no entanto, é uma questão diferente, porque, como a rotação da Terra, os corpos celestes se movem pelo céu. A medição da posição deve ser combinada com a medição do tempo. Para leste-oeste navegação, necessário para viagens transatlânticas, relógios precisos são essenciais. Então, com a forte motivação de recompensas políticas e econômicas, muito esforço na concepção de relógios de precisão para uso no mar.

Este foco na conservação precisa da hora teve sua contrapartida teórica na obra de Galileu e Newton. Galileu usou o tempo como um parâmetro para estabelecer a sua lei da queda dos corpos. Ele também é creditado como ter descoberto de que o período de um pêndulo é independente da amplitude de oscilação, o que diz uma igreja estabelecida pelo calendário balançar um incensário com um pulso. Newton reconheceram o papel central que o tempo joga na física, que estabelece, em seu *Principia* que "o tempo verdadeiro e matemático, tudo de si mesmo, flui uniformemente sem relação com qualquer coisa externa." [53] Como o tempo e a distância foi reconhecido como uma característica do universo físico a ser medido, em princípio, com precisão arbitrária.

A observação posterior do papel do fluxo do tempo na física de Newton levou a desenvolver sua teoria matemática dos "fluxos", hoje conhecido como cálculo. A característica central deste formalismo é a noção de mudança contínua. Newton fez disso a base de sua teoria da mecânica, em que as leis do movimento dos corpos materiais foram estabelecidas. A aplicação mais notável e bem sucedido da mecânica newtoniana, era o movimento dos planetas no sistema solar. Em seguida, a música das esferas foram substituídas pela imagem de um universo mecânico. Esta imagem chegou à sua forma mais desenvolvida na obra de Pierre Laplace, no século XVIII, que previu cada átomo no universo como um componente de um relógio infalivelmente preciso. Deus o Geômetra tornou-se Deus o relojoeiro.

52. William Blake, The Ancient of Days



53. The Mathematical Principles of Natural Philosophy, Tradução de A.Motte, revisado por Florian Capori (University of California Press, Berkeley e Los Angeles, 1962), vol. 1, p. 6.

Mecanizando a Matemática

Nossa própria época tem desfrutado de uma revolução tecnológica que está mudando a nossa visão do mundo inteiro. Refiro-me ao surgimento do computador que causou uma mudança na maneira de pensar o mundo, tanto para os cientistas e não-cientistas. Tal como no passado, por isso hoje existem sugestões de que a mais recente tecnologia é utilizada

como uma metáfora para o funcionamento do próprio cosmos, para alguns cientistas propuseram que vemos a natureza primariamente como um *processo computacional*. A música das esferas, e o universo mecânico foram deslocadas em favor do "computador cósmico" com todo o universo a ser considerado como um gigantesco sistema de processamento de informações. Segundo essa visão, as leis da natureza podem ser identificadas com o programa de computador, e os eventos mundiais que resultariam do programa cósmico. As condições iniciais na origem do universo são os dados de entrada.

Os historiadores reconhecem agora que o conceito moderno do computador pode retroceder até o trabalho do pioneiro inventor Inglês Charles Babbage. Nascido nos arredores de Londres, em 1791, Babbage foi o filho de um rico banqueiro, cuja família veio de Tontes em Devonshire. Mesmo sendo uma criança, o jovem Babbage já estava interessado em dispositivos mecânicos. Auto-formado em matemática, aproveitando todos os livros que caíam em suas mãos, e ingressou na Universidade de Cambridge como estudante em 1810, com a sua abordagem individual aos temas estabelecidos, e cheio de planos para desafiar a ortodoxia da educação matemática britânica. Junto com seu amigo de toda a vida John Herschel, filho do famoso astrônomo William Herschel (que descobriu o planeta Urano, em 1781), Babbage fundou a Sociedade Analítica. Os analíticos estavam enamorado do poder da ciência e da engenharia na França e viu a introdução do estilo Continental de Matemática em Cambridge, como primeiro passo de uma revolução tecnológica e industrial. A Sociedade entrou em colisão com a classe dominante que considerava Babbage e companhia como militantes radicais.

Depois de sair de Cambridge, Babbage se casou e viveu em Londres, vivendo pelos seus próprios meios. Continuou admirando o pensamento matemático francês e científico, possivelmente como resultado de estar perto da família Bonaparte, e estabeleceu muitos contatos no continente. Nesta fase, ele ficou interessado em experimentar as máquinas de calcular, e conseguiu obter financiamento do governo para construir o que chamou de Máquina Diferencial, um tipo de máquina de calcular. O objetivo era produzir tabelas matemáticas, astronômicas e de navegação, livre de erro humano e com menos esforço. Babbage mostrou um modelo em pequena escala da Máquina Diferencial, mas o governo britânico suspendeu o financiamento em 1833, e uma máquina de grande escala nunca foi concluída. Este deve ter sido um dos primeiros exemplos da incapacidade do governo de reconhecer a necessidade de apoio a longo prazo para a investigação. (E eu estou inclinado a dizer que na Grã-Bretanha, pelo menos, pouco parece ter mudado desde 1830.) Entretanto, um motor de diferença foi produzido na Suécia, baseado no projeto de Babbage e, mais tarde comprado pelo governo britânico.

Imperturbável diante dessa falta de apoio, Babbage imaginou um dispositivo computacional muito mais poderoso que ele chamou de Máquina Analítica, e que é reconhecido como o precursor do moderno computador, na sua organização essencial e arquitetura. Babbage gastou muita de sua fortuna pessoal tentando construir diferentes versões da máquina, mas nenhum foi concluído.

Babbage foi uma figura argumentativa e vigorosa, e muitos de seus contemporâneos o menosprezaram como um maluco. No entanto, este é creditado com a invenção, entre outras coisas, o velocímetro, o oftalmoscópio, os guardas de gado para os comboios, a caixa registadora e codificadas piscar os faróis. Seus interesses incluem política, economia, filosofia e astronomia. A introspecção de Babbage sobre a natureza da computação levou a especular que o universo poderia ser considerado um tipo de computador, com as leis da natureza desempenhando o papel de programas - uma especulação extraordinariamente premonitória, como veremos.

Apesar da sua excentricidade, os talentos de Babbage foram devidamente reconhecido quando ele foi eleito para a cadeira Lucasiana de Matemática em Cambridge, cargo que exerceu uma vez Newton. Como nota final histórica dois filhos de Babbage emigraram para Adelaide, na Austrália do Sul, levando peças de máquinas com eles. Enquanto isso, em Londres, uma reconstrução da Máquina Diferencial foi montada no Museu da Ciência. Foi montado de acordo com o original de Babbage e provou que ele realmente poderia computar como esperado. E em 1991, o bicentenário de Babbage (partilhada, aliás, com o nascimento de Faraday e da morte de Mozart) foi comemorado pelo governo de Sua Majestade, com uma edição especial de selos. [54]



Após a morte de Babbage, em 1871, sua obra foi esquecida durante muito tempo, e não foi até a década de 1930, a imaginação de outro Inglês incomum, Alan Turing, a história continuou. Turing e o matemático americano John von Neumann são reconhecidos como os fundadores da lógica dos computadores modernos. Como uma peça central de sua obra foi a noção de um "computador universal", uma máquina capaz de executar qualquer função matemática computável. Para explicar o significado de computação universal, é preciso voltar a 1900, uma nomeação feita pelo famoso matemático David Hilbert no qual ele descreve o que ele considerava como os vinte mais notáveis de problemas matemáticos a serem abordados. Um deles foi a questão de saber se ele poderia ser encontrado um procedimento geral para demonstrar teoremas.

Hilbert estava ciente de que o século XIX tinha presenciado algumas descobertas matemáticas profundamente perturbadoras alguns dos quais pareciam ameaçar a consistência de toda a matemática. Estes incluíram problemas associados com o conceito de infinito, e vários paradoxos lógicos da auto-referência que eu discutirei em breve. Em resposta a estas preocupações Hilbert desafiou matemáticos para encontrar um procedimento sistemático para decidir em um número finito de passos, se for dado um enunciado matemático, isto era verdadeiro ou falso. Ninguém naquela época parecia duvidar de que tal procedimento deve existir, porém construí-la foi uma questão diferente. No entanto, pode-se imaginar a possibilidade de uma pessoa ou um comitê tentando de todas as conjecturas matemáticas de forma cega, seguindo uma sequência prescrita de operações até o final. Na verdade, as pessoas seriam irrelevantes, pois o procedimento pode ser mecanizada, e esta máquina irá automaticamente seguir a sequência de operações, eventualmente, parar e mostrar o resultado - "verdadeiro" ou "falso", como seja o caso.

Visto dessa forma a disciplina de matemática torna-se bastante formal, até mesmo um jogo, que está preocupado apenas com a manipulação de símbolos de acordo com certas regras especificadas e estabelecer relações tautológicas. Não necessariamente tem relevância para o mundo físico. Vamos ver como é. Quando realizamos um procedimento simples, como $(5 \times 8) - 6 = 34$ seguimos um simples conjunto de regras para obter a resposta 34. Para obter a resposta certa, não precisamos entender as regras, ou de onde elas vêm. Na verdade não precisamos nem mesmo entender o que símbolos significam realmente como 5 e X. Enquanto reconhecer corretamente os símbolos e nos ater às regras, obteremos o resultado correto. O fato de que nós podemos usar uma calculadora de bolso para fazer o trabalho

comprova que o procedimento possa ser aplicado cegamente.

Quando as crianças aprendem aritmética no início necessitam relacionar os símbolos a objetos concretos no mundo real, assim que começa a associar os números com os dedos ou contas de um ábaco. Anos mais tarde, no entanto, a maioria das crianças estão felizes para executar operações matemáticas como totalmente abstrato, tão longe como a utilização y em vez de números específicos. Aqueles que continuam a aprender matemática avançada sobre outros tipos de números (por exemplo, complexos) e operações (por exemplo, multiplicação de matrizes), que são devido a regras estranhas e tão obviamente não correspondem a algo familiar no mundo real. Mesmo o aluno pode aprender a manipular símbolos abstratos denotando esses estranhos objetos e operações, sem se preocupar com o seu significado, se eles realmente querem dizer algo. Portanto, torna-se cada vez mais uma questão de manipulação formal de símbolos. Começa a parecer que a matemática é nada mais do que manipulação de símbolos, uma exibição chamada "formalista".

Apesar da plausibilidade superficial, a interpretação formalista da matemática recebeu um golpe em 1931. Naquele ano, o matemático de Princeton e lógico Kurt Gödel provou um majestoso teorema que garante a existência de sentenças matemáticas para que nenhum procedimento matemático pode determinar se elas são verdadeiras ou falsas. Esta foi, de longe, um teorema inaplicável, porque fornece uma prova irrefutável de que alguma coisa em matemática é realmente impossível, mesmo em princípio. O fato de que existem proposições indecidíveis em matemática foi um grande golpe, porque parecia lógico para minar os próprios fundamentos da matemática.

O teorema de Gödel surge de uma constelação de paradoxos em torno da questão da auto-referência. Considere como uma simples introdução a este tema complicado a seguinte declaração enigmática: "Esta afirmação é uma mentira" Se a afirmação é verdadeira, então ela é falsa, e se for falsa, então é verdade. Esses paradoxos auto-referenciais são facilmente e profundamente intrigantes com confronto, que deixou pessoas intrigadas ao longo dos séculos. Uma formulação medieval do quebra-cabeça é o seguinte:

Sócrates: "O que Platão está prestes a dizer é falso".

Platão: "O que Sócrates acaba de dizer é verdade"

(Existem muitas versões, algumas referências são dadas na bibliografia.) O grande matemático e filósofo Bertrand Russell mostrou que a existência de tais paradoxos atinge o coração da lógica e prejudica qualquer tentativa de construir a lógica matemática simples sobre uma base estritamente. Gödel continuou na adaptação destas dificuldades da auto-referência para a matemática em um brilhante e incomum. Considerou a relação entre a descrição da matemática e da própria matemática. Isso é muito simples de dizer, mas realmente requer um argumento longo e intrincado. Para se ter uma idéia do que está envolvido nisso, pode-se imaginar uma lista numerada de proposições matemáticas identificadas como 1, 2, 3 Combine uma sequência de proposições em um teorema correspondente a combinar os números naturais em seus rótulos. Assim, as operações lógicas sobre a matemática pode ser combinado a operações matemáticas. E esta é a essência auto-referencial da prova de Gödel. Identificar o sujeito e o objeto - em relação a descrição matemática da matemática em si - ele revelou o loop paradoxo de Russell, que inevitavelmente leva a proposições indecidíveis. John Barrow comentou ironicamente que, **se você definir uma religião como o sistema de pensamento que exige a crença em uma verdade não comprovada, então a matemática é a única religião que pode provar que é uma religião!**

A idéia-chave que reside no coração do teorema de Gödel pode ser explicado com a ajuda de uma pequena história. Em um país distante, um grupo de matemáticos que nunca ouviram falar de Gödel estavam convencidos de que há um procedimento sistemático para determinar infalivelmente a verdade ou falsidade de qualquer proposição significativa, e começar a provar isso. Seu sistema pode ser operado por uma pessoa ou um grupo de pessoas, ou uma máquina, ou uma combinação de todos eles. Ninguém é realmente certo que é o que os matemáticos escolheram porque era localizado em um prédio universitário de grande porte muito parecido com um templo, e a entrada foi proibida ao público em geral. Enfim, o sistema foi chamado Tom. Para testar as habilidades de Tom, todos os tipos de complicadas demonstrações matemáticas e lógicas lhes são submetidos, e após um tempo de processamento, surgiu a resposta: verdadeiro, verdadeiro, falso, verdadeiro, falso Não demorou muito para espalhar a fama de Tom em toda a região. Muitas pessoas foram visitar o laboratório, e exerceu seu talento em fazer problemas cada vez mais difíceis na tentativa de garantir que Tom não sabia o que responder. Ninguém podia. Tal era a confiança adquirida pelos matemáticos na infalibilidade do Tom, que convenceu o rei a oferecer um prêmio para quem conseguisse bater os incríveis poderes de análise de Tom. Um dia um viajante de outro país entrou para a faculdade com um envelope e pediu a Tom para contestar a decisão. Dentro do envelope estava um pedaço de papel com uma declaração destinada ao Tom. A declaração em papel, que poderia dar-lhe o nome de "D" ("D" para "declaração" ou "D" de "dúvida") simplesmente dizia: ". Tom não pode provar que esta

afirmação é verdadeira"

D foi devidamente entregue a Tom. Apenas alguns segundos quando Tom começou com uma espécie de convulsão. Depois de meio minuto, um técnico veio correndo do prédio com a notícia de que Tom tinha apagado devido a problemas técnicos. O que aconteceu? Suponhamos que Tom tinha chegado à conclusão de que D era verdade. Isso significa que a declaração "Tom não pode provar que esta afirmação é verdadeira", teria sido falsificada, pois Tom teria feito exatamente isso. Mas, se D é falsa, D não pode ser verdade. Então, se Tom respondeu "verdadeiro" para D, Tom teria chegado a uma conclusão falsa, contradizendo sua infalibilidade apregoada. Então Tom não podia responder "verdadeiro". Teríamos então chegado à conclusão de que D é verdade. Mas chegar a esta conclusão, mostramos que não é possível Tom chegar a essa conclusão. Isso significa que sabemos que algo é verdadeiro e Tom não pode provar que ele é. Trata-se essencialmente a prova de Gödel: **sempre haverá algumas declarações verdadeiras que não podem ser provadas.** O passageiro, é claro, sabia disso e não teve dificuldade em construir a alegação D e reclamar o prêmio.

É importante vala, no entanto, que a limitação expressa pelo teorema de Gödel diz respeito ao método axiomático da prova lógica em si, e não uma propriedade de proposições que se está tentando provar (ou refutar). Um pode realmente fazer uma proposição que não pode provar um axioma fazendo um extenso conjunto de axiomas. Mas, então, haverá outras proposições que não pode ser provada neste sistema estendido, e assim por diante.

O teorema de Gödel foi uma derrota devastadora para o programa formalista, mas a idéia de um processo puramente mecânico para investigar as proposições matemáticas não foi completamente abandonado. São talvez proposições indecidíveis condições raras que podem ser selecionadas para a lógica e a matemática? Se você pudesse encontrar uma maneira de separar as proposições decidíveis e indecidíveis, ainda é possível determinar o primeiro casal se são verdadeiras ou falsas. Mas pode ser um procedimento sistemático de infalivelmente reconhecer uns aos outros e descartar o indecidível? O desafio desta tarefa foi realizada em meados de 1930 por Alonzo Church, um associado de von Neumann em Princeton, que logo mostrou que mesmo esse objetivo mais modesto era inatingível, pelo menos em um número finito de etapas. Ou seja, você pode construir expressões matemáticas potencialmente verdadeira ou falsa, e embarcar em um processo sistemático para determinar a sua verdade ou falsidade, mas este processo poderia durar para sempre: o resultado nunca poderia ser conhecido.

O que não é Computável

O problema também foi abordado, de forma totalmente independente e com um viés completamente diferente, por Alan Turing, quando ainda era um jovem estudante de Cambridge. Os matemáticos falam muitas vezes de um processo de "manivela" ou "mecânica" para resolver problemas de matemática. O que o fascinava Turing era saber se uma máquina real pode ser projetada para cumprir esta função. Tal máquina, então deveria ser capaz de automaticamente determinar a verdade das proposições matemáticas, sem o envolvimento humano, seguindo cegamente uma seqüência determinística de instruções. Mas o que deveria ser a estrutura da máquina? Como ela trabalha? Turing imaginou algo como uma máquina capaz de imprimir em símbolos de uma página, mas tem a qualidade adicional de ser capaz de ler ou explorar outros símbolos dados e excluí-los se necessário. Tudo começou com a idéia de uma fita de comprimento indefinido dividido em quadrados, carregando cada quadrado, com apenas um símbolo. A máquina iria mover a fita de um quadrado de cada vez, leria o símbolo e, em seguida, permaneceria no mesmo estado, ou movida para um novo, dependendo do que você ler. Em cada caso, a resposta seria puramente automática e determinada pela construção da máquina. A máquina permitiria que o símbolo, ou apagar, ou substituí-lo por outra, em seguida, mover a fita um quadrado e continuar.

Em essência, a máquina de Turing é simplesmente um dispositivo para transformar uma seqüência de símbolos para outro sob um determinado conjunto de regras. Essas regras podem, se necessário, ser tabuladas, e o desempenho da máquina em cada etapa leria da tabela. Não foi necessário para realmente construir uma máquina com uma fita de papel e de metal ou qualquer outra coisa para esclarecer as suas capacidades. É fácil, por exemplo, fornecer uma tabela que corresponde a uma máquina de somar. Mas Turing estava interessado em metas mais ambiciosas. Poderia sua máquina abordar o programa de Hilbert para a mecanização da matemática?

Como já destacado, resolver problemas de matemática na seqüência de um processo mecânico é bem ensinado na escola. Convertendo uma fração decimal e a raiz quadrada são os favoritos. Qualquer conjunto finito de manipulações levando a uma resposta - por exemplo, sob a forma de um número (não necessariamente um inteiro) - poderia claramente ser manipulado por uma máquina de Turing. Mas o que sobre os procedimentos infinitamente longos? A expansão decimal de π (Pi), por exemplo, é interminável e

aparentemente aleatória. No entanto π (Pi) pode ser calculado com qualquer número desejado de casas decimais seguindo uma regra simples e finito. Turing chamou um número de "computável" se, utilizando um conjunto finito de instruções, o número pode ser gerado neste caminho com precisão ilimitada, mesmo que a resposta completa for infinitamente longa.

Turing imaginou uma lista de todos os números computáveis. A lista de curso pode ser em si infinitamente longa e, à primeira vista parece concebível que todos os números devem ser incluídas em algum lugar da lista. Contudo, não é. Turing foi capaz de demonstrar que essa lista poderia ser usada para descobrir a existência de outros números que não podem estar presentes em algum lugar da lista. Como a lista inclui todos os números computáveis é evidente que estes novos números não devem ser contadas. O que é um número não-computável? Desde a sua definição, é um número que não pode ser gerado por um conjunto mecânico como finito, mas gerou um número infinito de passos. Turing mostrou que uma lista de números computáveis poderia ser usado para gerar números não computáveis.

Aqui está a essência deste argumento. Imagine que ao invés de números estavam lidando com nomes. Considere a lista dos nomes de seis letras: Sayers, Atkins, Piquet, Mather, Bellamy, Panoff digamos. Agora, execute o seguinte procedimento simples. Pegue a primeira letra do primeiro nome e avance alfabeticamente um lugar. Isso dá "T." Então faça o mesmo para a segunda letra do nome do segundo, e o terceiro, o terceiro, e assim por diante. O resultado é "Turing." Podemos ter certeza absoluta de que o nome de Turing não poderia ter sido na lista original, porque isso deve ser diferente de cada nome na lista pelo menos uma letra. . Voltando ao caso dos números computáveis, Turing usou o mesmo argumento para a mudança em cada edição para mostrar a existência de números não computáveis. Claro que a lista de Turing contendo um número infinito de números infinitamente longos, em vez de nomes de seis letras, para a essência do argumento é o mesmo.

A existência de números não computáveis sugere a existência de proposições matemáticas indecidíveis. Imagine a lista interminável de números computáveis. Cada número pode ser gerado por uma máquina de Turing. Você poderia construir uma máquina para calcular uma raiz quadrada, logaritmo um outro, e assim por diante. Como dissemos, isso não pode produzir todos os números nunca, mesmo com um número infinito de tais máquinas, devido à existência de números não computáveis, que não pode ser gerada mecanicamente. Turing observou que houve realmente necessário ter uma infinidade de máquinas de Turing para gerar a lista. Apenas um era necessário. Ele mostrou que era possível construir uma

máquina de Turing *universal*, que foi capaz de simular todas as outras máquinas de Turing. A razão pela qual pode haver uma máquina universal é simples. Qualquer máquina pode ser especificado, dando uma descrição sistemática da sua construção: máquina de lavar roupa, costurar, de somar, de Turing. O fato de uma máquina de Turing é uma máquina que pode executar um procedimento é a chave. Como uma máquina de Turing universal pode ser instruído a ler pela primeira vez as especificações de uma máquina de Turing dada, então, reconstruir a sua lógica interna e, finalmente, executar a sua função. Claramente, então, existe a possibilidade de uma máquina capaz de executar todas as tarefas matemáticas. Não é preciso uma máquina de somar para adicionar uma máquina de multiplicar multiplicar-se e assim por diante. Uma máquina pode fazer tudo isso. Isso estava implícito na proposta de Charles Babbage para sua Máquina Analítica, mas levou quase um século, o gênio de Alan Turing, e as exigências da Segunda Guerra Mundial que o conceito do computador moderno, amadureceu.

Pode parecer surpreendente que uma máquina que pode simplesmente ler, escrever, apagar, mover e parar de ser capaz de explorar todos os procedimentos matemáticos possíveis, não importa quão abstratos ou complexos eles são. No entanto, esta alegação, chamada de hipótese de Church-Turing implica a importante consequência que realmente não importo com os detalhes da construção de um computador. Na medida em que tem a mesma estrutura lógica de uma máquina de Turing universal, o resultado é o mesmo. Em outras palavras, os computadores podem simular outro. Hoje, um verdadeiro computador eletrônico é provável que tenha facilidades para editar em uma tela, uma impressora, um plotter, armazenamento em disco e outros aparelhos sofisticados, mas sua estrutura básica é a da máquina de Turing universal.

Quando Turing estava realizou esta análise, em meados da década de trinta, todos essas importantes aplicações práticas de suas idéias estariam no futuro. Sua preocupação imediata foi o programa de Hilbert para a mecanização da matemática. O problema dos números computáveis e não computáveis leva diretamente a ele. Considere a lista (infinita) de números computáveis, cada um gerado por uma máquina de Turing. Imagine a máquina de Turing universal com a designação da compilação desta lista por simulação simultânea de todas as máquinas de Turing. O primeiro passo é ler a construção detalhada de cada máquina. Imediatamente surge uma questão: Pode a máquina de Turing universal que, depois de todos esses detalhes, antes de executar a computação, se um número realmente pode ser computado, ou se o computador poderia ser fechado em algum ponto? Ficar presa significa estar preso em um loop computacional, capaz de imprimir qualquer dígito. Isso é conhecido como o "problema de parada" - se se pode dizer de antemão, inspecionando os detalhes de um procedimento computacional, se um procedimento irá calcular os dígitos de

um número e depois parar, ou ficar presos em um loop e nunca pára.

Turing mostrou que a resposta para o problema de parada não é determinante. Fê-lo por um argumento inteligente. Suponha-se, perguntou ele, que a máquina universal poderia resolver o problema de parada. O que aconteceria se a máquina universal fosse tentar simular a si mesma? Estamos de volta o problema da auto-referência. O resultado, como seria de esperar é uma fusão do computador. A máquina entra em um loop infinito, perseguindo-se em qualquer lugar. Turing, assim, chegou a uma contradição bizarra: a máquina que é proposto para testar com antecedência ou não processo será pego em um loop está enredado em um ligamento! Turing tinha expressado uma variante do teorema de Gödel sobre proposições indecidíveis. Neste caso, refere-se à indecidibilidade das mesmas proposições indecidíveis: não há nenhuma maneira sistemática de decidir se uma dada proposição que é decidível ou não. Aqui é um contra-claro a conjectura de Hilbert sobre a mecanização da matemática: um teorema que não pode ser provada ou refutada por um procedimento geral e sistemática. A profunda natureza do resultado de Turing foi traçado sumariamente por Douglas Hofstadter: "As proposições indecidíveis percorrem através da matemática como fios de cartilagem que entrelaçam um bife de uma forma tão densa que não pode cortar sem o bife inteiro seja destruído." [55]

55 "Review of Alan Turing: The Enigma," reimpresso em *Metamagical Themas* por Douglas Hofstadter (Basic Books, New York, 1985), p. 485.

Porque a Aritmética Funciona?

Os resultados de Turing são interpretados como a dizer-nos algo sobre a matemática e a lógica, mas também nos diz algo sobre o mundo real. O conceito de uma máquina de Turing, afinal, é baseado na nossa compreensão intuitiva do que uma máquina. E as máquinas reais fazem o que fazem só porque as leis da física permitem. Recentemente, o matemático físico de Oxford David Deutsch alegou que o computador é realmente uma propriedade empírica, que é dizer que depende mais da maneira como o mundo é a de uma verdade lógica necessária. "A razão porque nós achamos possível", escreve Deutsch, "para construir, por exemplo, calculadoras eletrônicas, e certamente por isso que podemos fazer aritmética mental, não pode ser encontrada na matemática ou lógica. *A razão é que as leis da física são tais que permitem a existência de modelos físicos para operações aritméticas como adição, subtração e multiplicação. Se não fosse assim, as operações dessas funções da família não seriam computáveis.*" [56]

A conjectura de Deutsch certamente é marcante. As operações aritméticas que parece tão básico quanto à natureza das coisas que é difícil conceber um mundo em que eles não podem ser realizados. O que é isso? Acho que a resposta tem algo a ver com a história e a natureza da matemática. A aritmética começou com práticas muito mundanas, como manter o controle de ovinos e contabilidade básica. Mas as operações básicas de adição, subtração e multiplicação disparou um crescimento explosivo nas idéias matemáticas que se tornou tão complexo que as pessoas perderam de vista as origens humildes de oficinas da matéria. Em outras palavras, a matemática passou ter vida e existência por si mesma. Já em tempos de Platão alguns filósofos afirmaram que a matemática teve uma existência por si mesma. E nós estamos tão acostumados a fazer contas simples que é fácil acreditar que isso fosse possível. Mas, na verdade a sua viabilidade depende fundamentalmente da natureza do mundo físico. Por exemplo, que sentido dizer-nos se não há objetos discretos, tais como moedas e ovelhas?

O matemático R. W. Hamming se recusa a tomar a viabilidade da aritmética assumido, achando estranho e inexplicável. "Eu tenho tentado com pouco sucesso", escreve ele, "para entender alguns dos meus amigos o meu espanto que a abstração de números inteiros para a contagem é possível e útil. Não é notável que seis ovelhas mais 7 ovinos faz 13 ovelhas; que 6 pedras mais 7 pedras façam 13 pedras? Não é um milagre que o universo é construído de modo que uma abstração como um número seja possível?" [57]

56. "Quantum Theory, the Church–Turing Principle and the Universal Quantum Computer" por David Deutsch, provenientes da London Royal Society A 400 (1985), p. 97.

57. "The Unreasonable Effectiveness of Mathematics" por R. W. Hamming, American Mathematics Monthly 87 (1980), p. 81.

O fato de que o mundo físico reflete as propriedades computacionais da aritmética tem um envolvimento profundo. Significa que em certo sentido, o mundo físico é um computador, como achou Babbage. Ou, indo mais ao ponto, os computadores podem não só simular uns aos outros, eles também podem simular o mundo físico. Claro, estamos perfeitamente familiarizados com o modo como os computadores são usados para modelar sistemas físicos, são realmente muito úteis. Mas essa capacidade depende de uma propriedade profunda e sutil do mundo. Há claramente um jogo crucial entre, por um lado, as leis da física, e por outro lado, a computabilidade das funções matemáticas que descrevem essas

ser no nosso mundo só? Além disso, podemos ter certeza de que todos os aspectos do nosso mundo são expressivos em termos de operações computáveis? Poderia haver processos físicos que não podem ser simuladas por uma máquina de Turing? Estas perguntas intrigantes, que testam a ligação entre a matemática e a realidade física será discutido no próximo capítulo.

57. "The Unreasonable Effectiveness of Mathematics", de R. W. Hamming, *American Mathematics Monthly* 87 (1980), p. 81.

58. No momento da tradução o último teorema de Fermat foi provado usando matemática muito avançada e computadores. N. T.

Bonecas Russas e Vida Artificial

O fato de que os computadores universais podem simular-se tem algumas implicações importantes. Em um sentido prático significa que devidamente programado e disposto de espaço suficiente de memória de um modesto PC pode perfeitamente imitar, digamos, um poderoso computador Cray, como o que relaciona a saída (não de velocidade). Qualquer coisa que um Cray pode fazer o PC pode. De fato um computador universal, não precisa ser algo tão complicado quanto um PC. Pode consistir em nada mais do que um tabuleiro de xadrez e um suprimento de chips! Esse sistema foi inicialmente estudado pelos matemáticos Stanislaw Ulam e John von Neumann, nos anos da década de 1950 como um exemplo da "teoria de jogos."

Ulam e von Neumann estava trabalhando em Los Alamos National Laboratory, onde o projeto foi o desenvolvimento da bomba atômica em Manhattan. Ulam gostava de brincar com o computador, que ainda era uma novidade naquela época. Um desses jogos incluem padrões que mudou sua forma de acordo com certas regras. Imagine, por exemplo, um tabuleiro de xadrez com placas dispostas em alguma maneira. Podemos então considerar regras definidas de como os padrões podem ser modificados. Está aqui um exemplo: Cada quadrado no tabuleiro tem oito casas adjacentes (incluindo vizinhos na diagonal). O estado de um quadrado dado mantém-se inalterado (por exemplo, com ou sem guia) se precisamente dois quadrados vizinhos são ocupados por guias. Se um quadrado tem três vizinhos ocupados, permanece ocupado, ou ser ocupado se tivesse estado vazio, em todos os outros casos, o quadrado está desocupado ou permanece desocupado. Algumas configurações iniciais são escolhidas e as regras se aplicam a todos os quadrados do tabuleiro. Você começa um padrão ligeiramente diferente do que antes. As regras são

aplicadas de novo, e ainda outras mudanças ocorrem. As regras são repetidas e repetidas, e observa a evolução do padrão.

As regras especiais acima foram inventados por John Conway em 1970, que foi imediatamente impressionado com a riqueza das estruturas que resultou. Aparecem e desaparecem padrões, evoluem, e mudam, se fragmentaram, e combinam. Conway ficou impressionado com a semelhança entre essas formas com as formas de vida. Então, ele chamou o jogo "Life" [59] Os entusiastas da computação em todo o mundo logo se tornaram viciados nisso. Não tiveram que usar placas reais para acompanhar o andamento dos padrões. Um procedimento menos trabalhoso é para implantar os padrões de um computador diretamente na tela, cada pixel (ponto de luz), que representa uma guia. Uma leitura deliciosa sobre o assunto está no livro O Universo Recursivo por William Poundstone. [60] Um apêndice oferece um programa para quem deseja jogar Life em seu computador pessoal. Os proprietários de Amstrad PCW 8256, a máquina em que este livro está sendo escrito [61] pode estar interessado em saber que Life já está programado para a máquina e podem ser acessados com alguns comandos simples. [62]

59. Life significa Vida no original Inglês. Preferi manter a nomeação, em Inglês para manter o nível de abstração. N. T.

60. The Recursive Universe por Poundstone William (Oxford University Press, Oxford, 1985).

61. Refere-se ao original em Inglês de 1992, e não da tradução. N. T.

62. O leitor interessado pode encontrar exemplos de Life nos seguintes sites:

<http://delta.cs.cinvestav.mx/~mcintosh/comun/working/year2001/24may2001/node6.html>

<http://www.math.com/students/wonders/life/life.html>

<http://ddi.cs.uni->

[potsdam.de/HyFISCH/Produzieren/lis_projekt/proj_gamelife/ConwayScientificAmerican.htm](http://ddi.cs.uni-potsdam.de/HyFISCH/Produzieren/lis_projekt/proj_gamelife/ConwayScientificAmerican.htm)

<http://hensel.lifepatterns.net/>

<http://www.bitstorm.org/gameoflife/>

Pode-se considerá-lo espaço ocupado pelo padrão de pontos como um modelo do universo, as regras de Conway substitui as leis da física, e o tempo avança em passos discretos. Cada coisa que acontece no universo Life é estritamente determinista: o padrão em cada etapa é determinado pelo padrão na etapa anterior. O padrão inicial estabelecido para que todos os que virão, *ad infinitum*. Neste contexto, o universo Life lembra o universo mecânico de

Newton. Verdadeiramente, a natureza mecanicista de tais jogos deles ganhou o nome de "autômatos celulares", sendo as células quadradas ou pixels.

Entre a variedade infinita de formas de Life são algumas que conservam a sua identidade como eles se movem. Estes incluem os chamados gliders [63] que consiste em cinco naves espaciais mais grandes. Colisões entre esses objetos pode produzir todos os tipos de estruturas e detritos, dependendo dos detalhes. Os planadores podem ser produzidas por um "glider gun" [64], que são emitidos em intervalos regulares em um córrego. Curiosamente, um glider gun pode ser produzido por uma colisão de treze gliders, de modo dos gliders produzem glinders. Outros objetos comuns são os "blocks" [65] quadrados fixos de quatro pontos, que tendem a destruir os objetos que colidem com eles. Então são os mais destrutivos "eaters" [66], que quebram e acabar com os objetos que passam, e, em seguida, se repararem os danos causados pelo encontro. Conway e seus colegas descobriram padrões de Life da imensa riqueza e complexidade, por vezes por acidente, por vezes, usando muita habilidade e perspicácia. Alguns dos comportamentos mais interessantes procura uma coreografia cuidadosa de um grande número de objetos componentes, e aparecem apenas depois de milhares de passos de tempo. Para explorar o repertório avançado atividade de Life são necessários computadores muito potentes.

O universo Life é obviamente apenas uma sombra pálida da realidade, a natureza se assemelha à vida de seus habitantes constituindo apenas uma caricatura dos seres vivos reais. Ainda fechado em sua estrutura lógica Life tem a capacidade de gerar complexidade ilimitada, em princípio, tão complexo quanto os organismos vivos genuínos. Na verdade, o interesse inicial em autômatos celulares de von Neumann estava intimamente ligado ao mistério dos organismos vivos. Ele era fascinado em saber se, em princípio, poderiam construir uma máquina que era capaz de se reproduzir, e se assim que deve ser sua estrutura e organização. Se essa máquina de von Neumann for possível, então devemos ser capazes de compreender os princípios que permitem que os organismos biológicos de reproduzam a si mesmos.

A base de análises de von Neumann foi um "construtor universal" análogo ao computador universal. Esta deve ser uma máquina que pode ser programada para produzir algo muito parecido com uma máquina de Turing que pode ser programado para realizar qualquer operação matemática computável. Von Neumann pensou que aconteceria se o construtor universal fosse programado para si mesmo. É claro que para se qualificar como um auto reprodutor genuíno uma máquina tem que produzir não apenas uma cópia de si mesmo, mas também uma cópia do programa de como copiar-se a si mesma, caso contrário, sua

máquina filha seria "estéril." Existe claramente o risco de um regresso ao infinito, mas uma evasão inteligente foi proposta por von Neumann. O construtor universal deve ser complementado com um mecanismo de controle. Quando o fabricante produziu uma cópia de si mesmo (além de se duplicar do mecanismo de controle, é claro), o mecanismo de controle é desligado do programa e é exatamente igual a outra peça de "hardware". A máquina de Von Neumann para oportuno fazer uma cópia do programa, e inseri-lo na nova máquina, que é uma réplica exata da mãe pronta para começar a executar seu próprio programa de auto-reprodução.

Originalmente, von Neumann tinha em mente uma máquina real com "porcas e parafusos", mas Ulam persuadiu-o a investigar os mecanismos possíveis de um autômato celular e olhar para a existência de padrões auto-reprodutivos. A "máquina" de von Neumann pode muito bem ser então pontos de luz em uma tela, ou fichas em um tabuleiro. Não importa: é a estrutura lógica e organizacional que é importante, não o ambiente real. Depois de muito trabalho, von Neumann e seus colegas foram capazes de mostrar que a auto-reprodução é realmente possível para os sistemas que excedem um certo limiar de complexidade. Para fazer encararia a investigação de um autômato celular com regras bastante mais complicadas do que os do jogo Life. Em vez de permitir que cada célula tem apenas dois estados - vazios ou ocupados - o autômato de von Neumann permitiu pelo menos de 29 estados alternativos. Nunca houve uma esperança de construir um padrão de autômato auto-reprodutivo - o construtor universal, um mecanismo de controle e memória ocuparam pelo menos duzentas mil células -, mas o ponto importante é que, em *princípio*, um sistema puramente mecânico pode reproduzir-se. Logo após esta investigação matemática foi concluída, veio a floração de biologia molecular com a descoberta da estrutura de dupla hélice do DNA, a elucidação do código genético e a organização básica da replicação molecular. Logo ficou claro que a natureza utiliza os mesmos princípios lógicos descobertos por von Neumann. De fato os biólogos identificaram as moléculas reais dentro de células que correspondem aos componentes de uma máquina de von Neumann.

63. Glinder no original Inglês, significa planador por sua propriedade de movimento linearmente como "voar" pelo espaço de jogo de tabuleiro. Preferi manter a nomeação, em Inglês para manter o nível de abstração. N. T.

64. Glider Gun no Inglês original significa arma de planadores, por sua propriedade de emitir os mesmo em uma corrente. Preferi manter a nomeação, em Inglês para manter o nível de abstração. N. T.

65. Block no original Inglês significa bloco. Preferi manter a nomeação, em Inglês para manter o nível de abstração. N. T.

66. Eaters no original em Inglês significa comedores por sua capacidade de destruir outros objetos que colidem com eles. Preferi manter a nomeação, em Inglês para manter o nível de abstração. N. T.

Conway foi capaz de provar que a seu jogo Life também é capaz de permitir padrões auto-reprodutivos. O processo relativamente simples de glidens fazerem glidens não se qualificam, porque todos os grandes programas de auto-reprodução não são copiados para o processo. Você precisa de algo muito mais complicado para fazê-lo. No princípio Conway levantou uma questão relacionada: Pode uma máquina de Turing (por exemplo, um computador universal) ser construída em um universo Life? O funcionamento básico de qualquer computador universal são as operações lógicas **Y**, **O** e **NOT**. Em um computador eletrônico convencional estão implementadas por simples elementos de comutação, ou portas lógicas. Por exemplo, uma porta **Y** tem dois fios de entrada e uma saída. (Veja figura 11). Se você receber um pulso elétrico em ambos os cabos de entrada de uma só vez, se envia um pulso no cabo de saída. Não há saída se ele recebe apenas em um cabo de entrada, não há saída se não recebeu nenhuma entrada. Um computador é uma rede muito extensa de tais elementos lógicos. A matemática é executada para representar números em forma binária, como seqüências de zeros e uns. Mudando-se para sua forma física, um é codificado como um pulso elétrico, um zero é a ausência de tal. Entretanto, não há necessidade de que essas operações sejam realizadas por comutação elétrica. Qualquer dispositivo que executa as mesmas operações lógicas é suficiente. Poderia usar engrenagens mecânicas (como no caso da Máquina Analítica original de Charles Babbage), raios de laser, ou pontos em uma tela de computador.

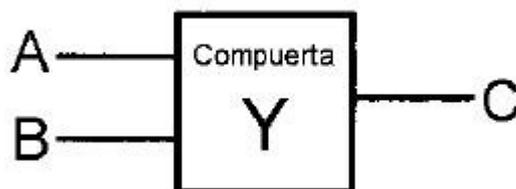


Figura 11. Representação simbólica de uma porta Y usado em computadores. Existem dois fios de entrada, A e B, e apenas uma saída, C. Se você receber um sinal em ambos os cabos A e B, em seguida, envia um sinal de saída a C.

Após muita experimentação e reflexão, Conway foi capaz de mostrar que os circuitos lógicos como poderia ser construído no universo Life. A idéia fundamental é usar uma procissão de gliders para codificar números binários. Por exemplo, o número 1011010010 pode ser representado pela colocação de um glider na procissão, na posição de 1, enquanto que deixaria espaço para os zeros. As portas lógicas podem então ser construídas acomodando os fluxos de gliders para se cruzar em ângulos retos de uma maneira controlada. Devido uma porta **Y** emitira um glider somente se ambos ao mesmo tempo recebe entradas (assim que codifica a operação $1 + 1 \rightarrow 1$). Para conseguir isso, e construir a unidade de memória para armazenar informação, Conway precisa apenas quatro espécies de vida: os gliders, glider guns, eaters, e blocks.

É preciso muitos truques inteligentes para posicionar os elementos corretamente e orquestrar a dinâmica. No entanto, os circuitos lógicos necessários podem ser organizados e as formas luminosas do universo Life podem operar em uma forma perfeita, embora um pouco lento, como um computador universal. Este é um resultado com implicações fascinantes. Existem dois níveis de cálculo envolvidos. Primeiro é o computador eletrônico subjacente usado para produzir o jogo Life em uma tela, então esses padrões Life mesmo funcionando em um computador universal em nível superior. Em princípio, essa hierarquia pode continuar indefinidamente: O computador Life programado para criar seu próprio universo de Life abstrato, que por sua vez, pode ser programado para produzir seu Universo Life ... Eu recentemente participei de um seminário sobre o estudo da complexidade em que dois cientistas da computação do MIT, Tom Toffoli e Margolus Norman, demonstrou o funcionamento de uma porta **Y** e um monitor de computador. A amostra foi também testemunhada por Charles Bennett, da IBM, um especialista em fundamentos matemáticos da computação e complexidade. Eu indiquei a Bennet que o que estávamos vendo era um computador eletrônico que simula um autômato celular que simula um computador. Bennet respondeu que estas inclusões sucessivas de lógica computacional lembrou bonecas russas.

O fato de que Life pode simular computadores universais, todas as implicações da análise de Turing pode ser aplicadas no universo Life. Por exemplo, a existência de operações não-computáveis se aplica também ao Computador Life. Lembre-se que não há nenhuma maneira sistemática para decidir antecipadamente se um determinado problema matemático dado decidível ou indecidível através da operação de uma máquina de Turing: o destino da máquina não pode ser conhecido de antemão.

Portanto, o destino dos padrões Life associados não pode ser sistematicamente

conhecidos previamente, apesar de todos esses padrões ser estritamente deterministas.

Penso que esta é uma conclusão que tem implicações profundas para alcançar no mundo real. Parece haver uma espécie de aleatoriedade ou incerteza (Eu atrevo a chamar de "livre arbítrio"?) Fundada no universo da vida que há no mundo real, devido às restrições da sua própria lógica, logo que o sistema torna-se tão bastante complexa para alcançar a auto-referência.

A auto-referência e auto-reprodução estão intimamente relacionados, e uma vez a existência de computadores universais Life foi criada, estava aberto o caminho para Conway para provar a existência de construtores universais e padrões Life de modo que eles são realmente auto produtores. Mais uma vez, esses padrões não foram realmente construídos, porque são realmente complexos. Mas Conway argumenta que em um universo Life infinito aleatoriamente povoado por pontos, os padrões de auto-reprodução, inevitavelmente, ser formariam apenas por acaso em algum lugar. Apesar da raridade da formação espontânea de tais padrões altamente orquestrado e complexos seja astronômico, em um universo verdadeiramente infinito tudo que pode acontecer vai acontecer. Pode-se até imaginar uma evolução Darwiniana levando ao surgimento de padrões de auto-reprodução mais complexa.

Alguns entusiastas de Life afirmam que tais padrões auto reprodutivos de Life realmente estariam vivos, porque possuiria todos os atributos que definem os organismos vivos em nosso universo. Se a essência da vida é considerada energia simplesmente organizada acima de um certo limiar de complexidade, então estão certos. De fato, há um novo ramo da ciência chamada "vida artificial" que é dedicada a estudar os padrões gerados por computador auto-organizativos e adaptativos. Seu objetivo é capturar a essência do que significa estar vivo aos detalhes possivelmente irrelevantes a matéria dos seres vivos reais. Em um recente seminário sobre a vida artificial, o cientista de computação Chris Langton disse: "Nossa convicção é que podemos colocar em computadores universos bastantes complexos que podem suportar os processos que, para esses universos, devam ser considerados vivos. Mas eles não seriam feitos do mesmo material ... Isto tem a incrível capacidade que nós criaríamos as seguintes coisas vivas no universo " [67] Poundstone concorda:". Se a auto-reprodução não-trivial é usado como critério de vida, então os padrões auto-reprodutivos Life estariam vivos. Isso não significa que simulariam a vida como ela poderia ser em uma imagem de televisão, mas seria, estariam literalmente vivos, em virtude de codificação e manipulação de informações sobre a sua própria construção. O mais simples dos padrões auto reprodutivos Life estaria vivo no sentido de que um vírus não está." [68]

John Conway vai ainda mais longe para sugerir que formas Life avançadas poderiam ser

conscientes: "É provável, dado um espaço Life suficiente grande, inicialmente em um estado aleatório, após um longo tempo animais auto-replicantes inteligentes apareciam e preencheriam algumas partes do espaço." [69]

Há no entanto uma resistência natural a essas idéias. O universo Life é, afinal, apenas um universo simulado. Ele é real ou não é? As formas que se movem na tela somente imitam formas de vida real. Seu comportamento é espontâneo, é programado em um computador que joga o jogo Life. Mas, respondem os entusiastas de Life, o comportamento de estruturas físicas em nosso universo também está "programado" pelas leis da física e do estado inicial. A distribuição aleatória de pontos em que os padrões de auto-reprodução de Life pode ocorrer é uma analogia direta com a sopa aleatória pré-biótica de que a primeira coisa viva deve ter surgido na Terra.

Então, o que pode distinguir um real a partir de um universo simulado? Esse é o tema do próximo capítulo. •

67. "Artificial Life: A Conversation with Chris Langton and Doyne Farmer," Edge (ed. John Brockman, New York), Setembro de 1990. p. 5.

68. Recursive Universe por Poundstone, P. 226

69 Citado em Recursive Universe por Poundstone

Capítulo 5 - Mundos Reais e Mundos Virtuais

TODOS NÓS FASCINAMOS por sonhos. Aquelas pessoas que, como eu, muito sonha vivamente muitas vezes tem a experiência de estar "preso" em um sonho que pensa ser real. A imensa sensação de alívio que acompanha o despertar é muito mais genuína. No entanto, muitas vezes me pergunto o porquê, já que no momento do sonho que é a realidade, nós fazemos essa distinção nítida entre as nossas experiências quando estamos acordados e durante o sono. Podemos ter certeza absoluta de que o "mundo dos sonhos" é ilusório e que o "mundo real" é real? Poderia ser o contrário, ou que ambas eram reais, ou nenhum? Quais os critérios que realmente pode ser usada para decidir sobre este assunto?

A resposta usual é que os sonhos são experiências particulares, enquanto o mundo que percebemos quando acordado é compatível com a experiência de outras pessoas. Mas isso não ajuda. Costumo encontrar personagens nos sonhos que eu digo que são reais e estão compartilhando minhas próprias experiências do sonho. Durante a vigília eu tenho que acreditar na palavra de pessoas que dizem perceber um mundo semelhante ao meu, pois eu realmente não posso compartilhar suas experiências. Como eu posso ser capaz de distinguir uma afirmação verdadeira daquela feita por um personagem ilusório, ou um autômato inconsciente, mas bastante complexo? Não acrescenta nada ao notar que os sonhos são muitas vezes incoerentes, fragmentários e absurdos. O mundo chamado real muitas vezes pode parecer assim depois de alguns copos de vinho, ou vir a si mesmo após a anestesia.

Realidade simulada

Os comentários acima sobre os sonhos tentam preparar o leitor para uma discussão sobre a simulação de computador da realidade. Nos capítulos anteriores afirmei que um computador pode simular o mundo real de processos físicos, em princípio, mesmo aqueles tão complexos como os que ocorrem na biologia. Por outro lado, vimos que um computador é basicamente apenas um procedimento para converter um conjunto de símbolos para outro, de acordo com alguma regra. Geralmente pensamos em símbolos e números, mais especificamente, como seqüências de zeros e uns, que são mais apropriados para uso com as máquinas. Cada um ou zero é um bit de informação, portanto, um computador é um dispositivo que tem uma seqüência de zeros e uns de entrada e saída torna-se outra. Como é

que esse conjunto aparentemente trivial de operações abstratas pode capturar a essência da realidade física?

Compararemos a atividade do computador com um sistema físico natural - por exemplo, um planeta orbitando o Sol. O estado do sistema a cada instante pode ser especificado, dando a posição e a velocidade do planeta. Estes são os dados de entrada. Os números em causa pode ser dado em binário, como uma sequência de zeros e uns. Em um momento posterior o planeta teria uma nova posição e velocidade, que pode ser descrita por outra sequência de bits: estes são os dados de saída. O planeta tem sucedido na conversão de uma sequência de bits em outro, e é, portanto, em certo sentido, um computador. O "programa" que tenha usado o par de conversão é um conjunto de leis da física (leis de Newton do movimento e da gravitação).

Os cientistas estão cada vez mais conscientes da conexão entre os processos físicos e da informática, e estão achando conveniente pensar o mundo em termos computacionais. "As leis científicas estão agora a ser vistos como algoritmos", segundo Stephen Wolfram, no Instituto de Estudos Avançados Princeton [70]. "Os sistemas físicos são vistos como sistemas computacionais, processando informação, da mesma forma que os computadores fazem." [71] Considere um gás, por exemplo. O estado do gás é especificado, dado as posições e velocidades de todas as moléculas em um instante (com alguma precisão). Esta seria uma sequência extremamente longa de bits. Em um momento posterior o Estado iria definir outra sequência de bits imensamente longos. O efeito da evolução dinâmica do gás tem sido tanto em converter um dados de entrada em um dado de saída.

70. Institute for Advanced Studio in Princeton , no NT original

71. "Computer Software in Science and Mathematics", de Stephen Wolfram, Scientific American 251 (setembro 1984), p. 151.

A ligação entre as operações naturais e computacionais é ainda reforçada pela teoria quântica, que revela que muitas grandezas físicas são normalmente considerados como contínuas são fatos discretos . Como os átomos têm diferentes níveis de energia, quando um átomo muda sua energia, ele salta entre os níveis. Se cada nível é atribuído um número, em seguida, o salto pode ser considerado uma transição entre o número um para o outro.

Aqui chegamos a essência da eficácia da ciência da computação moderna. Devido à

capacidade dos computadores para simular a outro, um computador eletrônico pode simular qualquer sistema que funciona como um computador. Esta é a base para a modelagem de computador do mundo real: os planetas e as caixas de gás e muitos mais agem como computadores e, portanto, pode ser modelados. Mas todo sistema físico pode ser simulado desta forma? Wolfram pensa assim: "Você espera que o fato de que os computadores são tão poderosos em suas capacidades de computação como qualquer sistema físico pode ser realizável, para que possam simular qualquer sistema físico." [72] Se for verdade, isso implica que qualquer sistema suficientemente complexo para calcular, em princípio, pode simular todo o universo físico.

O capítulo anterior explicou como um autômato celular como "Life" pode gerar universos de brinquedo em que a computação é possível. "Autômatos celulares que são capazes de computação universal podem simular o comportamento de qualquer computador possível", explica Wolfram. Portanto, "uma vez que qualquer processo físico pode ser representado como um processo computacional, eles podem imitar a ação de qualquer sistema físico possível também." [73] Então, poderia um universo de brinquedo de autômato celular como o universo "Life" em princípio, ser construído de forma estreita para a vida que poderia servir como uma réplica perfeita do universo real? Aparentemente, ele poderia. Mas isso levanta outra questão ainda mais preocupante. Se todos os sistemas físicos são computadores, e se os computadores podem simular perfeitamente todos os sistemas físicos, então o que distingue o mundo real em uma simulação?

Somos tentados a responder que as simulações são apenas aproximações imperfeitas da realidade. Quando o movimento de um planeta é estimado, por exemplo, a precisão da entrada de dados é limitada pela observação. Além disso, os programas de computador reais sobre simplificação da simulação física ignorando os distúrbios feitos por corpos menores, etc mas certamente pode imaginar cada vez mais programas mais sofisticados, e também a coleta de dados cada vez mais elaborados, e também a simulação é para todos os efeitos práticos, indistinguível da realidade.

Mas a simulação não teria que necessariamente falhar em algum nível de detalhe? Durante muito tempo acreditou-se que a resposta deveria ser sim, tendo em conta que presumia-se que haveria uma diferença fundamental entre a física real e todas as simulações digitais. Esta diferença tem a ver com a questão da reversibilidade do tempo. Como explicado no Capítulo 1, as leis da física são reversíveis na medida em que permanece inalteradas, se o passado e o futuro se intercambiariam - por exemplo, imbuídos nenhuma preferência na

direção do tempo. Agora, qualquer computador digital consome energia para funcionar. Esse desperdício de energia aparece como calor dentro da máquina, o calor que deve ser descartado. A acumulação de Calor impõe limitações muito práticas sobre o desempenho dos computadores, e usa uma série de pesquisas para tentar reduzi-lo. A dificuldade pode ser atribuída aos elementos de lógica básica do computador. Toda vez que há uma mudança de estado ocorre calor. Isto é familiar na vida diária. O que você ouve clicando ao operar um interruptor de luz é parte da energia que você usou para ativar a chave dissipada como o som, o resto aparece como o calor dentro da chave. Este custo de energia é deliberadamente incorporado ao desígnio da chave para garantir que ele fica em um ou outro dos seus dois estados possíveis - ligado ou desligado. Se não houvesse custos de energia envolvidos na mudança de estado, têm o risco de que a chave é revertida espontaneamente.

A energia dissipada na mudança é irreversível. O calor flui para o meio ambiente e se perde. Não foi possível coletar o calor residual e canalizá-lo em algo útil, sem incorrer em outros custos de energia, pelo menos, tão grande quanto aquele recuperado no processo. Este é um exemplo da segunda lei da termodinâmica, que proíbe qualquer tipo de reciclagem gratuita de energia para o trabalho útil. No entanto, alguns cientistas já perceberam que a segunda lei da termodinâmica é uma lei estatística que se aplica a sistemas com muitos graus de liberdade. Na verdade, a própria noção de entropia envolvendo calor e agitação caótica das moléculas são importantes para grandes conjuntos deles somente. Se os computadores poderiam ser miniaturizados a tal ponto que as conexões básicas poderiam ser feitas a nível molecular, a geração de calor poderia ser totalmente evitada?

No entanto, parece haver um princípio básico que contradiz a existência dessa idealização. Considere-se uma porta "Y" (AND) [74], por exemplo, descrito no capítulo anterior. A entrada tem dois canais (cabos), apenas uma saída. A propósito de uma operação de "Y" é a mistura de dois sinais de entrada em uma saída. Obviamente, isso não é reversível. Você não pode dizer se a ausência de um pulso na saída, devido à ausência de qualquer entrada ou ambos. Esta limitação básica reflete o fato óbvio de que, em aritmética comum pode ser derivada respostas às perguntas, mas não vice-versa: você geralmente não pode deduzir a questão da resposta. Se é dito a você que a resposta a uma soma é 4, poderia ter sido $2 + 2$ ou $3 + 1$ ou $4 + 0$. Afigura-se daí que nenhum computador pode funcionar para trás por razões de lógica básica.

Na verdade, este argumento tem uma falha que foi descoberta recentemente por Rolf Landauer e Charles Bennett, da IBM. Eles descobriram que a irreversibilidade é aparentemente inerente ao cálculo é resultado de descartar informações. Assim, pela soma 1

+ 2 + 2, pode-se adicionar primeiro 2 e 2 para 4, em seguida, adicione 4-1 para obter a resposta 5. Nesta seqüência de operações é uma etapa intermediária em que apenas o número 4 é mantido: o original 2 + 2 é julgado não é relevante para o restante do cálculo. Mas não necessariamente tem que descartar as informações. Poderíamos optar por manter tudo isso. Claro que isto seria aumentar a memória para acomodar as informações extras, mas isso nos permitiria "desfazer" qualquer estimativa, em qualquer fase indo para trás a partir da resposta à pergunta.

Mas, você pode projetar portas adequadas para implementar lógicas reversíveis? Pode ser realmente como descobriu Ed Fredkin do MIT. A porta de Fredkin tem dois canais de entrada e dois canais de saída, além de um "canal de controle." A comutação é obtida como de costume, mas de uma maneira que mantém os dados de entrada para os canais de saída. A computação reversível pode ser obtida mesmo em uma máquina dissipativa - por exemplo, em uma energia irreversivelmente dissipada. (Todas as práticas de computação reversível não pode evitar a dissipação irreversível de calor.) Mas, no plano teórico pode-se imaginar um sistema idealizado no qual a computação e física são reversíveis. Fredkin imaginou uma bola rígida quicando em uma forma cuidadosamente supervisionada em superfícies imóveis. Este dispositivo pode realmente implementar operações lógicas reversíveis. Outros computadores reversíveis imaginárias foram feitos..

Uma questão interessante sobre o estado de autômatos celulares como os computadores é que os jogos de computador da vida não são reversíveis (a seqüência de padrões não podem ser desenhados no sentido inverso.) No entanto um outro tipo de autômato celular que pode modelar o sistema de bolas e superfícies de Fredkin e que havia sido construído por Norman Margolus. Vista do nível do universo no autômato, este é um computador verdadeiramente reversível, computacional e "fisicamente" (embora ainda haja nível de dissipação irreversível do computador eletrônico que implementa o autômato celular).

O fato de que o cálculo pode ser realizado de forma reversível remove uma distinção crucial entre a simulação e o mundo físico real que ele simula. Na verdade pode-se inverter o argumento e perguntar em que medida o mundo real e os processos físicos são processos computacionais. Se as opções irreversíveis são desnecessárias, o movimento do corpo pode ser considerado normal, como parte de um computador digital? Alguns anos atrás, se provou que certos sistemas são irreversíveis, tais como máquinas de Turing e autômatos celulares com as regras irreversíveis como "Life" pode ser programado para executar qualquer computador digital, selecionando adequadas condições iniciais. Esta propriedade é chamada de "universalidade computacional." No caso de Life isto significa que você pode escolher

um padrão inicial, que irá colocar um ponto em um lugar, digamos, se um número é primo. Outro padrão que se faz uma determinada equação tem uma solução e assim por diante. Desta forma, o jogo Life pode ser usado para investigar problemas matemáticos não resultados como o último teorema Fermat. [75]

72. "Undecidability and Intractability in Theoretical Physics ", de Stephen Wolfram, Physical Review Letters 54 (1985), p. 151

73. "Computer software" de Wolfram, P. 140.

74. A porta Y (AND em Inglês) é um operador lógico, que tem duas entradas e uma saída. O valor de saída só é verdadeiro se os valores das duas entradas são simultaneamente verdadeiras, caso contrário ela é falsa. N. T.

75. No momento esta tradução já tinha sido resolvida. N. T.

Mais recentemente tem sido demonstrado que certos sistemas determinísticos reversíveis, tais com o computador de bolas e superfícies de Fredkin também são computacionalmente universais, e ainda alguns sistemas não-determinísticos partem desta propriedade. Parece então que a universalidade computacional é uma propriedade bastante comum de sistemas físicos. Se um sistema tem essa propriedade, é inerentemente capaz de comportamento complexo como qualquer um que pode ser simulada digitalmente. Há evidências de que mesmo um sistema de três corpos em movimento como atração mútua baixa (por exemplo, dois planetas que orbitam uma estrela) têm a propriedade de universalidade computacional. Se sim, então a escolha adequada das posições e velocidades dos planetas em um instante, o sistema pode ser calculado, dizem os números de (Pi) ou produto principal ou o trilionésimo da colisão de um bilhão de "gliders" no universo "Life". Na verdade, essa trindade aparentemente banal pode ainda ser usado para simular o universo inteiro se, como dizem alguns entusiastas, o universo é simulado digitalmente.

Estávamos acostumados a pensar nos computadores como um sistema muito especial que exige um projeto muito inteligente. Computadores eletrônicos certamente são complicados, mas isso é porque eles são muito versáteis. Muito do trabalho de programação já foi tida em conta na concepção da máquina: não temos de refazer cada vez a partir das condições iniciais. Mas a capacidade de computação é algo que muitos sistemas físicos, mesmo algumas muito simples, parecem possuir. Isto levanta a questão de saber se as atividades dos átomos ou mesmo partículas subatômicas podem ser calculadas. Um estudo sobre este ponto foi feito pelo físico Richard Feynman, que mostrou que um computador reversível operando ao nível subatômico, em conformidade com as leis da mecânica quântica é uma

possibilidade real. Podemos então considerar os muitos processos atômicos que ocorrem naturalmente o tempo todo - processos dentro seu e meu, o interior das estrelas, gás interestelar, galáxias distantes - como parte de um computador gigante cósmico? Se assim for, então a física e a computação se tornam idênticos e podemos chegar a uma conclusão surpreendente: o universo seria sua própria simulação.

O Universo é um computador?

Uma pessoa que responde enfaticamente esta pergunta é Ed Fredkin. Ele acredita que o mundo físico é um autômato celular gigante, e afirmou que o estudo de autômatos celulares está revelando que o comportamento físico real, incluindo refinamentos tais como a relatividade, podem ser simulados. O colega de Fredkin, Tom Toffoli compartilha essa crença. Uma vez que satirizou dizendo que, naturalmente, o universo é um computador, o único problema é que outro está usando. E nós, bem, nós somos apenas "bugs" [76] em uma grande máquina cósmica! "Todos nós temos que fazer", diz ele, "é pegar carona nesse cálculo enorme em curso, e tentar descobrir que parte dela é perto de onde queremos ir" [77].

Fredkin e Toffoli não estão sozinhos neste surpreendente - poderíamos mesmo dizer bizarro - ponto de vista. O físico Frank Tipler também tem defendido com veemência a ideia de igualar o universo com a sua própria simulação. Além disso, a simulação não precisa ser executado em um computador real, diz Tipler. Um programa de computador é, afinal, apenas uma conversão (ou mapeamento) de um conjunto de símbolos abstratos, em outro, de acordo com alguma regra: Entrada → Saída. Um computador fornece uma representação concreta do mapeamento, como o numeral romano III é uma representação abstrata de número três. A mera existência de tal mapa - mesmo abstratamente, no reino das regras matemáticas - é suficiente para Tipler.

Deve-se notar que as nossas atuais teorias físicas não são geralmente feitas da mesma forma que os algoritmos de computador, porque eles fazem uso de quantidades que variam continuamente. Em determinado espaço e tempo são considerados contínuos. "A capacidade de ter uma simulação exata, o computador fazer exatamente o mesmo que a natureza", explica Richard Feynman, exige "que tudo que acontece em um volume finito de espaço e tempo podem ser analisados com precisão um número finito de operações lógicas. A teoria atual da física aparentemente não é assim. Permite que o espaço reduzido para as distâncias

infinitesimais." [78] Por outro lado, a continuidade de espaço e tempo são apenas suposições sobre o mundo. Não pode ser provado, porque nunca podemos ter certeza de que em uma escala pequena em tamanho, bem abaixo do que pode ser observado, o espaço e o tempo não podia ser discretos. O que isso significa? Uma consequência é que o tempo pode avançar para pequenos saltos, como em um autômato celular, ao invés de fazê-lo suavemente. A situação pode assemelhar-se de um filme que avança um fotograma de cada vez. A mesma nos parece contínua, porque nós não podemos resolver os intervalos curtos entre os quadros. Da mesma forma, em física, nossas experiências atuais podem medir

intervalos de tempo tão curto quanto 10^{-26} segundos, não há nenhum sinal de saltar para esse nível. Mas, talvez, por sua vez o melhor da nossa resolução, ainda há a possibilidade de que os saltos são evidentes. Observações semelhantes aplicam-se à continuidade assumida do espaço. Portanto, esta objecção a uma simulação exata da realidade não é fatal.

No entanto, um ainda está tentado a objetar que o mapa é um território diferente. "Mesmo se houvesse um computador cósmico tão inimaginavelmente poderoso que fosse capaz de simular com precisão a atividade de cada átomo no universo, o computador provavelmente não teria um planeta Terra em movimento através do espaço, assim como a Bíblia contém Adão e Eva? Uma simulação de computador é geralmente referida como apenas uma representação ou imagem da realidade. Como alguém poderia afirmar que a atividade que ocorre dentro de um computador eletrônico poderia criar um mundo real?

Tipler respondeu que essa objecção é válida apenas a partir de uma perspectiva externa ao computador. Se o computador foi poderoso o suficiente para simular a consciência - e, por extensão, toda uma comunidade de seres vivos - do ponto de vista dos seres no mundo de simulação por computador seria real:

"A questão fundamental é esta: Existe pessoas simuladas? Em ambos que as pessoas simuladas podem decidir, existem. Por hipótese, qualquer ação que pessoas reais pode fazer conduzido para determinar se há - pensar sobre o fato de que eles pensam, interagem com o ambiente - as pessoas simuladas também pode fazê-lo e elas fazem. Não há simplesmente nenhuma maneira de zombar das pessoas que percebem que estão "realmente" dentro do computador, eles são apenas simuladas e não reais. Eles não podem acessar o conteúdo real, o computador físico, de onde eles são, dentro do programa. ... Não há maneira de as pessoas neste mundo que eles são apenas simuladas, que são apenas uma seqüência de números jogados no ar dentro de um computador, e na verdade não são reais." [79]

É claro que qualquer discussão de Tipler depende da possibilidade de que um computador

poder simular a consciência. Será isto razoável? Imagine um computador que simula um ser humano. Se a simulação for realmente precisa, um observador externo humano que não conhece as circunstâncias seria incapaz de dizer ao falar com a simulação se estiver localizado no computador ou um ser humano em nosso mundo. O observador pode questionar a simulação e obter respostas perfeitamente sensíveis para o tipo humano sensível. Como resultado, o observador pode ser tentado a concluir que a simulação é verdadeiramente consciente. Na verdade, Alan Turing abordou esta questão em um famoso artigo intitulado "As máquinas podem pensar", no qual ele propõe esta questão do teste. Embora a maioria das pessoas tem a ideia de máquinas processando consciência como estranha ou até absurda, muitos cientistas renomados e filósofos da escola chamada IA [80] fortemente têm argumentado que, nesta base seria simulada mente consciente.

Para quem estiver disposto a ir adiante com a idéia de que um computador suficientemente potente pode ser consciente, é um passo pequeno para aceitar que um computador poderia, em princípio, gerar toda uma sociedade de seres conscientes. Estes indivíduos, presumivelmente, pensam, sentem, vivem e morrem em seus mundos simulados totalmente inconsciente do fato de que há cortesia de um operador de computador que supostamente poderia desligar a qualquer momento! Esta seria a situação dos animais inteligentes de Conway no Universo Life.

Mas, acima de toda essa discussão gravita a pergunta óbvia: Como é que sabemos que somos nós mesmos "reais" e não apenas uma simulação dentro de um computador gigante? "Obviamente, não podemos saber", diz Tipler. Mas o que importa? Tipler argumenta que a existência real do computador, em verificáveis seres sencientes estar dentro dele, é irrelevante. Tudo o que importa é a existência de um programa abstrato (ainda uma tabela de pesquisa abstrata bastaria) pode simular o universo. Pela mesma razão, a existência real do universo físico é irrelevante: "Talvez o universo físico real seria equivalente a algo Kantiano em si mesmo. Como empíricos, que forçado a desistir do objeto inerentemente incognoscível: o universo deve ser um programa abstrato" [81].

O problema com essa posição (longe de seu ar de *reductio ad absurdum*) é que o número de programas abstratos é um potencial infinito. Por que experimentamos deste universo particular? Tipler acredita que todos os universos possíveis que podem suportar a consciência são realmente experientes. O nosso não está sozinho. Obviamente nós vemos esse, por definição. Mas há outros universos, muitos dos quais semelhantes aos nossos, com seus próprios habitantes, para a qual o universo é tão real como a nosso para nós. (Esta é uma variante da interpretação dos universos múltiplos da mecânica quântica, popular entre

muitos ilustres físicos, descrito em detalhes no meu livro *Other Worlds* [82]. Voltarei sobre isso no capítulo 8.) Aqueles programas que codificam universos incapaz de sustentar seres sencientes passam despercebidos, e eles podem ser considerados como menos do que real. O conjunto de programas capazes de gerar universo cognoscível seria um pequeno subconjunto de todos os programas possíveis. Poderíamos ser considerado como típico.

76. "bugs" no original em Inglês. Pode ser interpretado como erros no programa ou como pequenos bichos ou micróbios N.T.

77. "Physics and Computation" por Tommaso Toffoli, *International Journal of Theoretical Physics* 21 (1982), p.165

78. "Simulating Physics with Computers", de Richard Feynman, *International Journal of Theoretical Physics* 21 (1982), p.469

79. "The Omega Point as Eschaton: Answers to Pannenberg's Questions for Scientists", de Frank Tipler, *Zygon* 24 (1989), pp 241-42

80. IA Inteligência Artificial "strong AI scholl" no original em Inglês. N.T.

81. *The Anthropic Cosmological Principle* por John D. Barrow e Frank J. Tipler (Oxford University Press, Oxford, 1986), p. 155.

82. *Other Worlds: Space, Superspace, and the Quantum Universe* por P. C. W. Davies (Penguin Books)

O Irrealizável

Se o universo está "fora" de um processo computacional, então ele deve ser, por definição, computável. Mais precisamente, deve existir um programa ou algoritmo que pode obter uma descrição correta do mundo em um número finito de etapas. Se conhecermos esse algoritmo, teríamos uma teoria completa do universo, incluindo os valores numéricos de todas as quantidades físicas mensuráveis. O que se pode dizer sobre todos esses números? Se eles estavam a surgir a partir de um computador teria que ser números computáveis. Tem sido geralmente assumido que os valores de todas as quantidades físicas previstas pela teoria física seria números computáveis. Mas, recentemente, esta hipótese foi contestada pelos físicos Robert Georch e James Hartle. Eles ressaltam que as teorias existentes da física poderia produzir previsões de quantidades mensuráveis que são números não-computáveis. Embora essas teorias têm mais a ver com questões técnicas de propriedades quânticas do espaço-tempo, eles levantam uma questão importante, em princípio.

Suponha que uma determinada teoria prevê um número não-computável x para qualquer quantidade - por exemplo, a relação entre as massas de duas partículas subatômicas. Poderia a teoria ser testada? Teste de uma previsão teórica consiste em comparar a com o valor experimental. Obviamente, isso pode ser feito apenas dentro de algum nível de precisão. Suponha que o valor experimental é determinado dentro de um erro esperado de 10 por cento. Então seria necessário saber x em 10 por cento. Agora, mesmo que x poderia existir, nenhum algoritmo finito, nenhum procedimento sistemático poderia encontrá-lo, é isso que significa ser desconsiderado. Por outro lado, precisamos saber x pouco menos de 10 por cento. É certamente possível encontrar um algoritmo que produz uma seqüência de sucessivas aproximações para melhor x , possivelmente dentro de 10 por cento. O problema é que, como não sabemos x não pode saber quando chegamos ao nível de 10 por cento.

Apesar destas dificuldades, seria possível encontrar uma aproximação dentro de 10 por cento por meios não-algorítmicos. A construção de um ponto de algorítmicos é que você pode enunciar um conjunto de instruções padrão em primeiro lugar, então é um trabalho puramente mecânico estas instruções para obter o resultado desejado. No caso de um número computável como (π), pode-se imaginar um único computador de trabalho gerando uma seqüência de números cada vez mais, incluindo, em cada etapa o quão boa esta abordagem é particularmente. Mas, como vimos, essa estratégia não funciona para números não computáveis. Em vez disso o que os teóricos têm de abordar cada nível de precisão que um novo problema para ser abordado de forma diferente. Por um pequeno truque pode ser possível se obter uma aproximação de x de 10 por cento. Mas não necessariamente o mesmo truque iria trabalhar para atingir o nível de 1 por cento. Os teóricos seriam forçados a tentar outra estratégia totalmente diferente. A cada melhoria na precisão experimental os pobres teóricos têm que trabalhar cada vez mais difícil para encontrar uma abordagem que está emparelhado com o valor previsto.

Tal como Geroch e Hartle costuma dizer, encontrar uma teoria é normalmente a parte mais difícil, a implementação é geralmente uma ação puramente mecânica. Foi preciso o gênio de Newton para encontrar as leis do movimento e da gravitação, mas um computador pode ser programado para implementar a teoria "cega" e prever a data do próximo eclipse solar. No caso de uma teoria que prevê números não computáveis, a implementação da teoria seria tão difícil como encontrá-lo primeiro. Não posso estabelecer uma distinção clara entre essas duas atividades.

Obviamente, seria melhor para os teóricos, se nossas teorias físicas nunca fossem assim. No entanto, não podemos garantir que será sempre da mesma maneira. Teria fortes razões, de

acordo com Geroch e Hartle, a pensar que a teoria quântica, que descreve o espaço-tempo podem produzir previsões não-computáveis. Deveria a teoria ser descartada por ele? Tem qualquer razão para que o universo tem de ser "de algoritmos implementáveis? Nós não sabemos, mas uma coisa é certa, se não, a analogia entre a natureza e o computador se quebra.

Após Einstein ter dito que Deus é sutil, mas não malicioso, suponha que nós realmente vivemos em um universo "computável". O que podemos aprender sobre a natureza do programa que Fredkin e Tipler acredita ser a fonte de nossa realidade?

O Incognoscível

Consideremos por um momento o caso de um programa usado em um computador eletrônico - por exemplo, para multiplicar uma seqüência de números. A essência deste conceito é que o programa deve ser de alguma forma mais fácil de construir do que a operação para a qual se destina. Se não for assim, não se incomodaria com o computador, mas poderia simplesmente executar a operação aritmética diretamente. Uma maneira de dizer isso é que um programa de computador pode gerar informações úteis (no exemplo do resultado de muitas multiplicações) que ele contém. Esta é apenas uma maneira imaginativa de dizer que a matemática está à procura de regras simples que podem ser usados repetidas vezes, mesmo em cálculos muito complicados. No entanto, nem todas as operações matemáticas podem ser realizadas por um programa muito menos complicada do que a própria operação. Com efeito, a existência de um número não-computável implica que, para algumas operações não existe nenhum programa. Portanto, alguns processos matemáticos são inerentemente tão complicados que não pode ser encapsulado em um programa compacto de todo.

No mundo natural também enfrentam enorme complexidade, e a questão que se coloca é se a descrição dessa complexidade pode ser capturado em uma descrição compacta. Dito de outra forma, é o "programa para o universo" é significativamente mais simples do que o próprio universo? Esta é uma questão profunda sobre a natureza do mundo físico. Se um programa de computador ou algoritmo é mais simples do que o sistema que ele descreve, é dito que o sistema é "algoritmicamente compressível." Então, ele levanta a questão se o universo é ou não é algoritmicamente compressível.

Antes de voltar a este assunto, seria útil considerar a idéia de algoritmos de compressão em maior detalhe. A questão da teoria da informação algorítmica foi criada na década de 60 na União Soviética por Andrei Kolmogorov e nos Estados Unidos por Gregory Chaitin [83] da IBM. A essência da idéia é baseada em uma questão muito simples: Qual é a mais curta mensagem que pode descrever um sistema a um certo nível de detalhe? É óbvio que um sistema simples pode ser descrito facilmente, mas não um sistema complexo. (Tente descrever a estrutura de um recife de coral com a mesma quantidade de palavras necessárias para descrever um cubo de gelo). Chaitin e Kolmogorov sugeriu que a complexidade de algo é definido pelo comprimento da menor descrição possível do que nada.

83. <http://www.dc.uba.ar/people/materias/azar/>
<http://www.cs.umaine.edu/~Chaitin/gmartin.html>
<http://ftp.fi.muni.cz/pub/muni.cz/EMIS/journals/BAMV/conten/vol9/chaitin.pdf>
<http://www.cs.auckland.ac.nz/CDMTCS/chaitin/uba.html>
<http://guillermomartinez.8m.net/ArticulosyEnsayos/chaitinoriginal.htm>
<http://guillermomartinez.8m.net/ArticulosyEnsayos/chaitin.htm>
<http://www.umcs.maine.edu/~Chaitin/lanacion.pdf>
<http://www.cs.auckland.ac.nz/CDMTCS/chaitin/unknowable/>
<http://www.umcs.maine.edu/~chaitin/unknowable>

<http://serbal.pntic.mec.es/~cmunoz11/logica.html>
<http://www.cs.umaine.edu/~Chaitin/cmu.html>
<http://www.umcs.maine.edu/~Chaitin/>
<http://www.cs.auckland.ac.nz/CDMTCS/chaitin/unm2.html>
<http://www.cs.auckland.ac.nz/CDMTCS/chaitin/georgia.html>

Vamos ver como ele funciona para os números. Há um número simples, como 2 ou π , e complicado como as seqüências de uns e zeros gerados por atirar uma moeda (cara = 0, coroa = 1). Que tipo de descrição que podemos definir exclusivamente esses números? Uma estratégia é simplesmente escrever em binário ou decimal (π pode ser dada apenas para uma dada precisão, pois tem infinitas casas decimais). Mas este não é obviamente a descrição mais econômica. O resultado π , por exemplo, seria melhor descrito por uma fórmula que poderia ser usado para calcular π (pi) com o grau de aproximação desejado. Se os números em questão são considerados como a saída de um computador, então a descrição de um menor número seria o menor programa que permite que o computador para produzir esse número. Simples números serão gerados por programas simples, os números dos

programas mais complicados.

O próximo passo é comparar a longitude do número com a longitude do programa que o gera. É menor? Houve compressão? Para tornar isso ainda mais claro, vamos supor que a saída do computador é expresso como uma sequência de zeros e uns, tais como:

101101011100010100110101001 ...

(Onde denota "..." "e assim por diante, talvez para sempre.") Essa seqüência vai ter algum conteúdo de informação, que é medida em "bits." Queremos comparar a quantidade de informação contida na saída do próprio programa. Para tomar um exemplo simples, suponha que a saída é:

101010101010101010101010101010

Isto poderia ter sido gerado pelo algoritmo simples "imprimir 10 quinze vezes." Uma sequência de saída muito mais poderia ser gerada pelo programa "imprimir 10 milhões de vezes." O segundo programa é um pouco mais complicado que o primeiro, sem informação muito mais extensa. A lição é que, se a saída contém um padrão, então isso pode ser codificado em uma forma compacta em um algoritmo simples que pode ser muito mais curto (em termos de bits de informação), a mesma saída. Neste caso, dizemos que a seqüência é algorítmicamente compreensível [84]. Se, no entanto, a seqüência não pode ser gerado por um algoritmo significativamente menor do que ela, é algorítmicamente incompressível. Neste caso, a seqüência não possui regularidades e padrões de treinamento. Seria apenas um conjunto aleatório de uns e zeros. Desta forma, a quantidade de algoritmos de compressão disponíveis pode ser visto como uma medida útil da simplicidade da estrutura na produção, sendo uma baixa compressibilidade da medida de complexidade. As estruturas simples e regulares são altamente compressíveis, embora complexas, que faltam padrões e são menos.

84. Este é o princípio básico de funcionamento do programas compressores como o Winzip N.T.

A compressão algorítmica, fornece uma definição rigorosa de aleatoriedade: uma seqüência aleatória é aquela que não pode ser algorítmicamente comprimida. Pode não ser fácil dizer simplesmente observando se uma seqüência dada é compressível. Podem ter padrões muito

sutis construídos de forma enigmática. Cada decifrador de códigos sabe que parece em uma primeira vista, uma mistura aleatória de letras que pode ser de fato uma mensagem estruturada, para não dizer que a única coisa que precisamos é o código. A expansão infinita decimal (e sua contraparte binária), o número π (pi) não mostra nenhum padrão óbvio em todos os milhares de dígitos. A distribuição dos dígitos excede todos os testes estatísticos do padrão de aleatoriedade. Do conhecimento dos primeiros mil dígitos não há maneira de prever qual vai ser o próximo. No entanto, apesar de que π (pi) é algorítmicamente aleatório, porque um algoritmo muito compacto pode ser escrito para gerar a sua expansão.

Chaitin diz que essas idéias de complexidade matemática pode ser estendida de forma convincente a sistemas físicos: a complexidade de um sistema físico é o comprimento mínimo do algoritmo que pode simular ou descrever. À primeira vista, esta abordagem parece bastante arbitrária, porque não especificou que tipo de computador será usado. Acontece, porém, que realmente não importa, porque todos os computadores universais pode simular um ao outro. Da mesma forma, a língua que escolhermos para trabalhar - LISP, BASIC, FORTRAN, é irrelevante. É uma simples questão de escrever instruções para traduzir uma linguagem de programação para outra. Acontece que o comprimento extra do programa necessário para converter a linguagem e executá-lo em outra máquina normalmente é uma correção muito pequena em comparação com o comprimento total do programa. Portanto, não deve se preocupar sobre como o computador que você está usando é realmente construído. Este é um ponto importante.

O fato de que a definição de complexidade é independente da máquina sugere que esta captura de qualidade realmente existe do sistema, e não é meramente uma função de como podemos escolher para descrevê-lo.

Uma preocupação mais legítima é como saber quando um determinado algoritmo é o mais curto possível. Se for encontrado um pequeno, então a resposta é claramente não. Mas não é possível, em geral, para ter certeza que a resposta é sim. O motivo pode ser rastreado até o teorema da indecidibilidade de Gödel. Lembre-se que este teorema foi baseado na versão matemática do paradoxo da auto-referência "mentiroso" ("Esta afirmação é falsa.") Chaitin adaptou a idéia para decidir sobre programas de computador. Considere o caso em que um computador é dada a ordem: "Encontre uma seqüência de dígitos que podem ser gerados por um programa mais do que isso." Se a pesquisa for bem-sucedida o programa de pesquisa terá gerado a mesma seqüência de dígitos. Mas então a seqüência de dígitos não pode ser "aquele que só pode ser gerado por um programa mais largo que este." A conclusão deve ser que a pesquisa deve falhar, mesmo se vai para sempre. E o que isso nos diz? A

pesquisa teve como objetivo encontrar uma seqüência de dígitos que você precisa de um programa para gerar pelo menos tão grande como a busca, o que exclui um programa mais curto. Só não sei em geral, se uma determinada seqüência de dígitos pode ser codificado em um curto horário diferente do que nós descobrimos.

O teorema de Chaitin tem implicações interessantes para números aleatórios - por exemplo, a seqüência de dígitos aleatórios. Como se explicou uma seqüência aleatória é aquela que não pode ser algorítmicamente comprimida. Mas, como acabamos de ver, não podemos saber se um programa mais curto pode gerar tal seqüência. Você nunca pode dizer que descobriu todos os truques para encurtar a descrição. Assim, em geral, você não pode provar que uma seqüência é aleatória, mas pode provar o contrário encontrando uma compressão. Esse resultado é mais interessante, pois ele pode ser provado que quase todas as seqüências de dígitos são aleatórios. É que simplesmente não podemos saber precisamente qual!

É fascinante especular que os eventos aparentemente aleatórios na natureza não pode ser aleatório em absoluto de acordo com esta definição. Não é possível ter certeza, por exemplo, que a indeterminação da mecânica quântica poderia não ser assim. Depois de todo o teorema de Chaitin garantir que nunca poderemos provar que o resultado de uma seqüência de medições na mecânica quântica é verdadeiramente aleatória. Certamente parece aleatório, mas também parecem dígitos π (pi). A menos que tenha o "código" ou algoritmo para revelar a ordem subjacente, você pode estar lidando com algo que é verdadeiramente aleatório. Poderia haver um tipo mais sofisticado de "código cósmico", um algoritmo que pode gerar o resultado de eventos quânticos no mundo físico e, portanto, apresenta indeterminismo quântico como uma ilusão? Poderia haver uma "mensagem" no código que contém um grande segredo do universo? Esta idéia foi adotada por alguns teólogos, que notaram que o indeterminismo quântico fornece uma janela para Deus agir no universo, para manipular o nível atômico "carregando o dado quântico" sem violar as leis da física clássica (não quântica). Desta forma, os propósitos de Deus pode ser impresso em um cosmos sem irritar os físicos também.. No Capítulo 9 descreve uma proposta específica deste tipo.

Armado com a definição de algoritmos, Chaitin tem sido capaz de demonstrar que a aleatoriedade permeia toda a matemática, incluindo a aritmética. Para fazer isso, ele descobriu uma equação monstruosa contendo dezessete mil variáveis (tecnicamente conhecido como equação Diofântica [85]). A equação contém um parâmetro K que pode assumir valores inteiros 1, 2, 3 e assim por diante. Chaitin agora pede para um dado valor de K esta equação monstruosa tem um número finito ou infinito de soluções. Pode-se imaginar o trabalho laboriosamente cada valor de K , gravando as respostas: "finito", "infinito",

"finito", "finito", "infinito", "infinito" ... Existe um padrão nesta seqüência de respostas.? Chaitin tem mostrado que não há. Se nós representamos um "finito", por 0 e "infinito" para 1, então a seqüência de dígitos 001011 ... não pode ser algoritmicamente comprimida. Será aleatória.

85. Pr Diofante, matemático grego (século III dC.). é o pai da álgebra N.T.

As implicações desse resultado é alarmante, significa que, em geral, se assume um valor de K , não há nenhuma maneira de saber sem explicitamente testar se essa equação diofantina em particular tem um número finito ou infinito de soluções. Em outras palavras, nenhum procedimento sistemático para decidir antecipadamente a resposta a uma questão matemática bem definida: a resposta é aleatória. Não é possível encontrar consolo no fato de que uma equação diofantina de dezessete mil variáveis é mais uma esquisitice matemática. Uma vez que o acaso tenha entrado na matemática é infestada do começo ao fim. A imagem popular da matemática como um conjunto de fatos precisos, ligados entre si por caminhos bem definidos lógica se provou falsa. Há aleatoriedade e, portanto incerta na matemática como existe na física. De acordo com Chaitin Deus não só joga dados na mecânica quântica, mas também com todos os números. Chaitin acredita que a matemática deve ser mais como as ciências naturais, em que os resultados dependem de uma combinação de lógica e de descoberta empírica. Pode-se até fornecer às universidades com departamentos de matemática experimental.

Uma aplicação interessante da teoria da informação algorítmica diz respeito a um número não-computável chamado Omega, que Chaitin definiu como a probabilidade de que um programa de computador para parar se sua entrada é apenas uma seqüência aleatória de números binários. A probabilidade de alguma coisa é um número entre 0 e 1: O valor 0 corresponde a algo que é impossível, e o valor 1, em que é inevitável. Obviamente Omega será próximo de 1, porque a maioria das entradas será exibido como lixo aleatório para o computador, que rapidamente deixa de exibir uma mensagem de erro. No entanto, pode-se mostrar que o Omega é algoritmicamente incompressível e sua expansão binária ou decimal é completamente aleatória após alguns dígitos. Porque Omega é definido em referência à questão da detenção, codifica uma solução para este problema na seqüência de seus dígitos. Em seguida, o n dígitos em primeiro lugar na expansão binária de Omega conter a resposta para o problema de n dígitos qual o programa que iria parar e que será executado sempre.

Charles Bennett apontou que muitos dos problemas pendentes não resolvidos da matemática

como último teorema de Fermat [86] pode ser formulado como um problema de detenção, porque são constituídas de especulações de que algo não existe (neste caso, um conjunto de números que satisfazem o teorema de Fermat). O computador só precisa encontrar um contra-exemplo. Se encontrar um que vai parar, senão ele vai ficar para sempre soprando. Além disso, os problemas mais interessantes podem ser codificados em programas de apenas alguns milhares de dígitos. Então, sabendo apenas os primeiros mil dígitos de Omega nos dá acesso para a solução de todos os problemas matemáticos significativos deste tipo, bem como todos os outros problemas semelhantes em termos de complexidade que poderiam ser feitas no futuro! "Omega incorpora uma grande sabedoria em um espaço muito pequeno", escreve Borges, "desde os seus primeiros poucos milhares de dígitos, o que poderia ser escrito em um papel pequeno, contendo a solução a mais questões matemáticas que podem ser escritos em todo o universo. "[87]

Infelizmente, sendo um número não computável, Omega nunca poderá ser revelada por meio construtivo, não importa o quanto o trabalho dele. Então, se não por uma revelação mística Omega nunca o conheceremos. E ainda nos foi dado pela transmissão divina não reconhecê-lo pelo que ele é, porque sendo um número aleatório que não parece especial, de qualquer maneira. Seria apenas um amontoado de dígitos, sem qualquer padrão. Por ai eu sei, uma fração significativa de Omega pode ser escrito em algum livro de texto em algum lugar.

A sabedoria contida em Omega é real, mas sempre escondida pela estrutura lógica e os paradoxos da auto-referência. Omega é incognoscível e talvez a contrapartida destes dias de "números mágicos" dos antigos gregos. Bennet é positivamente poético sobre seu significado místico :

"Ao longo da história, filósofos e místicos têm buscado uma chave compacta para a sabedoria universal, uma fórmula finita ou texto que, quando conhecidas e compreendidas, dão a resposta a todas as perguntas. A Bíblia, o Alcorão, o livro dos segredos místicos de Hermes Trismegisto, e a Cabala Judaica medieval foram assim considerados. As fontes da sabedoria universal são, tradicionalmente, protegidos contra o uso casual de ser difícil de encontrar e compreender quando são encontrados, e perigoso de usar, tendem a responder mais perguntas e mais profundo do que o usuário quer perguntar. Como Deus, o livro esotérico é simples, mas indescritível, onisciente, e transforma todos que o conhecem ... Omega é em muitos sentidos, um número cabalístico. Pode ser conhecido, mas não através do raciocínio humano. Para conhecer em detalhe, um teria que aceitar a seqüência não-computável de dígitos na fé, como palavras de um texto sagrado". [88]

86. Resolvido no momento desta tradução N.T.

87. "On Random and Hard-to-Describe Numbers" por Charles Bennett, da IBM relatório de 32 272, reimpresso em "Mathematical Games ", de Martin Gardner, Scientific American 241 (novembro 1979), p 31.

88. Ibid., Pp. 30-1.

O Programa Cósmico

A teoria da informação algorítmica fornece uma definição rigorosa de complexidade com base nas idéias de computação. Continuando com o tema do universo como um computador - ou mais exatamente como uma computação - a questão de saber se a imensa complexidade do universo é algorítmicamente compressível. Existe um programa que possa "criar" o universo em todos os seus detalhes intrincados?

Embora o universo é complexo, não é claramente aleatório. Observamos regularidades. O sol nasce todos os dias na hora certa, a luz viaja sempre à mesma velocidade, um conjunto de múon sempre decai com meia-vida de dois milionésimos de segundo, e assim por diante. Estas regularidades são sistematizadas no que chamamos de leis. Como já observei, as leis da física são semelhantes a um programa de computador. Dado o estado inicial de um sistema (entrada), usamos a lei para computar uma fase posterior (de saída).

As informações contidas em leis, mais condições iniciais é geralmente muito menor do que o produto potencial. É claro que uma lei física pode parecer simples quando escritas no papel, mas geralmente é formulado em termos de matemática abstrata, o que se exige um pouco de decodificação. Mesmo as informações necessárias para entender os símbolos matemáticos é limitada a poucos livros, enquanto o número de eventos descritos por estas teorias é ilimitado. Um exemplo clássico é fornecido pela previsão de eclipses. Sabendo a posição e o movimento da Terra, o Sol e a Lua, em determinado momento nos permite prever as datas de futuros (e passados) eclipses. Portanto, um conjunto de dados de vários conjuntos de entrada produz uma saída. No jargão da informática, poderíamos dizer que todos os dados dos eclipses foi compactado algorítmicamente em leis mais as condições iniciais. Assim, as regularidades observadas do Universo é um exemplo de compressão algorítmica. Subjuzendo a complexidade da natureza é a simplicidade da física.

Curiosamente, um dos fundadores da teoria da informação algorítmica, Ray Solomonoff, estava preocupado com essas questões. Solomonoff queria encontrar uma maneira de medir a plausibilidade relativa dos concorrentes hipóteses científicas. Se um determinado conjunto de fatos sobre o mundo pode ser explicado por mais de uma teoria, como podemos escolher entre elas? Podemos atribuir algum tipo de "valores" contadores quantitativa? A resposta curta é usar a navalha de Occam [89]: assume a teoria com o menor número de suposições independentes. Agora, se alguém pensa da teoria como um programa de computador, e os fatos da natureza, como a saída de um programa desse tipo, então a navalha de Occam exige que tomemos o menor programa que pode gerar a tal produção. Ou seja, devemos preferir a teoria, ou programa, que oferece o algoritmo de compressão maior dos fatos.

Vista desta forma, todo o empreendimento científico pode ser visto como a busca de algoritmos de compressão de dados observáveis. O objetivo da ciência é, após de tudo, produzir uma breve descrição do mundo baseada em certos princípios que chamamos de leis. "Sem o desenvolvimento de algoritmos de compressão de dados", escreve Barrow, "toda ciência seria substituída por uma filatelia sem sentido - o acúmulo indiscriminado de cada evento disponível. [90] A Ciência é baseada na crença de que o Universo é algoritmicamente compressível e moderna para a busca de uma Teoria do Tudo é a expressão máxima dessa crença, a crença de que existe uma representação abreviada da lógica por trás das propriedades do universo e pode ser escrita na forma finita por seres humanos." [91]

Então, podemos concluir que toda a complexidade cósmica pode ser compactado em um "programa cósmico" muito curto, como na complexidade do Universo Life é reduzida a um simples conjunto de regras aplicadas repetidamente? Embora existam muitos exemplos notáveis de algoritmos de compressão na natureza, nem todos os sistemas podem ser compactados dessa maneira. Há uma classe de processos, cuja importância tem sido reconhecida somente recentemente, conhecido como "caótica." Esses são processos que não apresentam alguma regularidade. Seu comportamento parece ser completamente caótico. Consequentemente, não são algoritmicamente compressíveis. Costuma-se pensar que o caos é excepcional, mas os cientistas estão começando a aceitar que muitos sistemas naturais são caóticos, ou pode tornar-se como, sob determinadas circunstâncias. Alguns exemplos familiares incluem fluido turbulento, torneiras com vazamentos, fibrilação cardíaca e pêndulos conduzido.

Embora o caos é bastante comum, é evidente que o universo como um todo está longe de ser aleatório. Reconhecer padrões em todo o universo e as leis que codificam têm poder

preditivo real. Mas o universo também está longe de ser simples. Tem um tipo sutil de complexidade que o coloca em algum lugar entre a simplicidade de um lado e de aleatório por outro. Uma maneira de expressar essa qualidade é que o universo tem "complexidade organizada", um tema que abordei no meu livro *The Blueprint Cosmic*. Tem havido muitas tentativas de capturar matematicamente este elemento indescritível chamado organização. Um deles é devido a Charles Bennett, e envolve algo que ele chama "a profundidade lógica". Isso se concentra não tanto na quantidade de informações e de complexidade necessária para especificar um sistema, mas em seu "valor". Bennett explica :

"O resultado típico de lançar uma moeda de um número de vezes que tem um monte de informações, mas a mensagem tem muito pouco valor, uma efeméride, dando a posição da lua e dos planetas a cada dia mais de cem anos, não há mais informações do que equações do movimento e condições iniciais de que ele foi calculado, mas conserva o seu proprietário o esforço de recalculá-los. O valor da mensagem, então parece ser ... no que poderia ser chamada de redundância enterrada - peças previsível com dificuldade, coisas que o receptor pode, em princípio, ser entendida sem ser dito, mas apenas a um custo considerável de tempo, dinheiro e computação. Em outras palavras, o valor da mensagem é a quantidade de trabalho matemático, ou não, de forma convincente realizada pelo remetente, que o receptor é salvo de ter que repetir." [92]

Bennett nos convida a pensar sobre o estado do mundo como tendo apresentado informação codificada em que as informações sobre como o estado foi atingido primeiro. A questão é quanto "trabalho" tem que tornar o sistema - tais como processamento de informações foi feito - para alcançar o estado. Isto é o que ele se refere à profundidade lógica. A quantidade de trabalho é estabelecida, definindo-o em termos de tempo necessário para processar a mensagem, o menor programa que pode gerar. Apesar da complexidade algorítmica centra-se na duração do programa mínimo para produzir um determinado produto, as preocupações de profundidade lógica do tempo de processamento necessário para o programa mínimo produz esta saída.

89. As descrições devem ser mantidas o mais simples possível até que seja provado ser inadequado "

Newman, J. R. O mundo da matemática Simon & Shuster, N. Y., 1956

Se você puder explicar "substancialmente" o comportamento de um fenômeno com algumas

variáveis explicativas e, se a teoria que relaciona-los não é forte o suficiente para sugerir outras variáveis que poderiam ser incluídos, por introduzir mais variáveis? Claro que não, para excluir as variáveis relevantes e importantes apenas para manter a forma do modelo matemático simples que representa o evento de interesse.

William de Occam (O Doutor Invencível) Ockham, Surrey c. 1285 - Munique c. 1349 monge franciscano Inglês, advogado pioneiro do nominalismo e empirismo. Autor de *Tractatus logicae* e de *Diálogos*

Veja também: <http://usuarios.lycos.es/Chultun/occam.html>

90. Isto me lembra de "Funes, o memorioso" J. L. Borges. Em "Funes, o Memorioso" articula um pesadelo de um homem com uma memória prodigiosa que se lembra de tudo.

<- <<Nós, num relance, percebemos três taças de vinho sobre a mesa. Funes, todos os ramos e frutos, incluindo as uvas e vinho. Ele sabia os caminhos da madrugada as nuvens do Sul, de 30 de abril de 1882. " Para reconstruir as memórias de um dia precisou de um dia inteiro. Esforço aprendi Inglês, Francês, Português, Latim. Discernir o progresso pacífico de decadência, umidade, fadiga. Disse: "Minha memória, senhor, é como depósito de lixo">>

http://www.inicia.es/de/diego_reina/filosofia/logica/funes.htm N."

http://www.inicia.es/de/diego_reina/filosofia/logica/funes.htm N. T.

91."Teorias do Tudo: A busca da Explicação Final" por John Barrow (Oxford University Press, Oxford, 1991), p. 11.

92. "Dissipation, Information, Computational Complexity and the Definition of Organization ", de Charles Bennett, *Emerging Syntheses in Science* (ed. D. Pines, Addison-Wesley, Boston, 1987), p. 279

Claro, você não pode dizer só de olhar para uma saída de computador como foi produzido. Mesmo uma mensagem muito detalhada e significativa poderia ter sido produzido por um processo aleatório. Longe do exemplo banal de dar tempo suficiente para que um macaco com uma máquina de escrever, terminar de escrever as obras de Shakespeare. Mas, segundo a teoria da informação algorítmica (e a navalha de Occam), a explicação mais plausível para a partida é identificar a sua causa com o programa mínimo, porque inclui o menor número de suposições *ad hoc*.

Ponha-se na posição de um astrônomo de rádio que capta um sinal misterioso.

Leguminosas, quando organizadas em uma seqüência, são os primeiros milhões de dígitos de π (pi). O que você vai celebrar? Acreditando que o sinal é aleatório implica um milhão de bits de suposições *ad hoc*, enquanto que a explicação alternativa - que a mensagem é originada por um mecanismo programado para computar π (pi) - seria muito mais plausível. Na verdade, um episódio real deste tipo ocorreu na década de sessenta, quando um Jocelyn Bell, um estudante de doutorado em Cambridge, trabalhando com Anthony Hewish em radioastronomia, capturou pulsos regulares de origem desconhecida. Porém Bell e Hewish logo descartou a hipótese de que os pulsos eram artificiais. Separar os dígitos de π (pi), uma série de pulsos separados com precisão é a lógica rasa - é, obviamente, plana. Há muitas explicações plausíveis, com poucas hipóteses *ad hoc* para este padrão normal, porque muitos fenômenos naturais são periódicas. Neste caso, a fonte foi rapidamente identificado como uma estrela de nêutrons em rotação, ou pulsar.

Os padrões simples são logicamente planos, porque eles podem ser rapidamente gerados por programas curtos e simples. Os padrões aleatórios também estão apartamento porque seu programa mínimo é, por definição, muito menor que o padrão em si, mais uma vez o programa é muito curta e simples: você só precisa dizer algo como "os padrões de impressão." Os empregadores são altamente organizados logicamente profunda, porque eles exigem muitas etapas complicadas sejam executadas para gerar.

Uma aplicação óbvia de profundidade lógica para os sistemas biológicos, dos quais fornecem os exemplos mais notáveis de complexidade organizada. Um organismo vivo tem uma lógica profunda, porque não é provável que tenha sido causado, se não por uma cadeia longa e complicados processos evolutivos. Outro exemplo de sistema profundo podem ser encontradas nos padrões gerados por autômatos celulares, tais como Life. Em todos os casos, a regra utilizada é muito simples, portanto, do ponto de vista, esses padrões não têm a complexidade algorítmica. A essência da complexidade da vida não está nas regras, mas o uso repetido. O computador tem que trabalhar muito duro para aplicar a regra e outra vez antes que possa gerar padrões complexos de profundamente simples estados iniciais.

O mundo está cheio de sistemas de profundidade, que mostram evidências de um "trabalho" enorme para treinar. Murray Gell-Mann observou certa vez que os sistemas de profundidade pode ser reconhecido porque são aqueles que querem preservar. Coisas simples podem ser reconstruídos facilmente. Nós apreciamos as pinturas, as teorias científicas, obras de música e literatura, aves raras, e os diamantes, porque eles são difíceis de fabricar. Carros, cristais de sal e latas são menos valorizados porque são relativamente planas.

Assim, o que podemos concluir sobre o programa cósmico? Por séculos os cientistas têm falado abertamente de que o universo é "ordenado", sem uma clara distinção entre os tipos de ordens diversas: simples e complexas. O estudo da computação permitiu-nos reconhecer que o mundo é ordenado em ambos os sentidos, para ser algorítmicamente compressível e têm um significado profundo. A ordem do cosmos é mais do que mera regularidade arregimentada, também é complexo organizado e deste último que o universo deriva a sua abertura e permite a existência de seres humanos com livre arbítrio. Por 300 anos a ciência tem sido dominada pelo primeiro: a busca de padrões simples na natureza. Nos últimos anos, com o advento dos rápidos computadores eletrônicos, a verdadeira natureza fundamental da complexidade tem sido apreciada. Assim, vemos que as leis da física têm uma dupla função. Deve fornecer os padrões simples que fundamentam todos os fenômenos físicos, e deve ser também uma forma de permitir que a profundidade - a complexidade organizada - emergir. Que as leis do nosso universo possuem esta propriedade dupla é um fato crucial literalmente significado cósmico.

Capítulo 6 - O Segredo Matemático

O ASTRÓNOMO James Jeans proclamou uma vez que Deus é um matemático. Esta frase expressa em termos metafóricos é um artigo de fé hoje aprovado pela maioria dos cientistas. A crença de que a ordem subjacente do mundo pode ser expresso em forma matemática reside o cerne da ciência, e raramente é questionada. Tão profundamente que aceitado a crença de que qualquer linha da ciência não é considerada bem compreendida, até pode ser expressa na linguagem impessoal da matemática.

Como eu disse, a idéia de que o mundo físico é uma manifestação de ordem matemática e da harmonia pode ser traçada de volta no tempo para a Grécia antiga. Se transformou em uma era durante o Renascimento Europeu, com a obra de Galileu, Newton, Descartes e seus contemporâneos. "O livro da natureza", diz Galileu, "está escrito em linguagem matemática." O físico Eugene Wigner tem escrito sobre a "eficácia razoável da matemática na ciência natural", citando C. S. Pierce é provável que seja algum segredo aqui, que ainda precisa ser descoberto" [93] O livro [94] foi recentemente publicado dedicado a este tópico contém ensaios de dezenove cientistas (este autor incluído) não conseguiram encontrar o segredo, ou até mesmo para chegar a algum consenso. As opiniões variaram entre aqueles que defendiam que os seres humanos tinham inventado a matemática simples para

acomodar os fatos da experiência, a aqueles que estão convencidos de que existe um significado mais profundo e revelar o rosto por trás da matemática da natureza.

A Matemática Está "Lá Fora"?

Antes de tomar a questão da sua "eficácia razoável", é importante ter alguma compreensão do que é a matemática. Há duas escolas de pensamento diametralmente oposta em relação a este assunto também. A primeira sustenta que a matemática é uma invenção puramente humana, e o segundo que tem uma existência independente. Nós temos encontrado uma versão da interpretação como "invenção" ou formalista no Capítulo 4, na discussão do programa de Hilbert para a mecanização da prova de teoremas. Antes do trabalho de Gödel foi possível acreditar que a matemática era um exercício formal inteiramente, que consiste em nada mais do que uma vasta coleção de regras lógicas que ligam um conjunto de símbolos para o outro. Este edifício foi referido como um totalmente auto-contida. Qualquer ligação com o mundo natural foi coincidência, não é relevante em todos os matemáticos para o empreendimento em si, sendo esta preocupado apenas com o desenvolvimento e a exploração das conseqüências de regras formais. Conforme explicado nos capítulos anteriores, o teorema da incompletude de Gödel termina este ponto de vista estritamente formal. Mas muitos matemáticos mantem a crença de que a matemática é apenas uma invenção da mente humana, não tendo mais significado do que a atribuída pelos matemáticos

A escola oposta é conhecido como o platonismo. Platão, lembre-se, tinha uma visão dualista da realidade. De um lado estava o mundo físico, criado pelo Demiurgo, flutuante e transitório. O outro era o reino das idéias, eterno e permanente, atuando como um modelo abstrato para o mundo físico. Ele acreditava que os objetos matemáticos pertencentes a este reino ideal. Segundo os platônicos, nós não inventamos a matemática, nós descobrimos isso. Os objetos matemáticos e as regras têm uma existência independente, além da realidade física que confronta os nossos sentidos.

Para aguçar o foco sobre essa dicotomia, considere um exemplo específico. Considere a seguinte afirmação: "Vinte e três é o menor número primo maior que vinte." A sentença ou é verdadeira ou falsa. É de fato verdadeiro. A questão diante de nós é se a afirmação é verdadeira em sentido absoluto, atemporal. Era a sentença verdadeira, antes da invenção / descoberta de números primos? Os platônicos respondem que sim, por números primos existem, abstratamente os seres humanos deveriam conhecê-los ou não. Os formalistas

permitiram apreciar a questão sem sentido.

O que os matemáticos profissionais pensam sobre isso? Costuma-se dizer que os matemáticos são formalistas nos fins de semana e os platonistas nos outros dias. Enquanto você está realmente trabalhando com a matemática, é difícil resistir à impressão que se está engajado em um processo de descoberta, como nas ciências experimentais. Os objetos matemáticos tornam própria vida, e às vezes apresentam propriedades inesperadas. Por outro lado, a idéia de um reino transcendente das idéias matemáticas parece demasiado místico para muitos matemáticos gostar de admitir isso, e eles costumam dizer que quando os desafios estão envolvidos na investigação em matemática estão apenas especulando com símbolos e regras.

No entanto, alguns eminentes matemáticos alegaram ser Platônicos. Um deles foi Kurt Gödel. Como esperado Gödel baseia a sua filosofia da matemática em sua obra sobre indecidibilidade. Ele argumentou que sempre haverá demonstrações matemáticas que são pró verdade que nunca pode ser comprovada a partir dos axiomas existentes. Ele imaginou estas declarações, bem como existente "lá fora" em um domínio platônico, além de nossa percepção. Outro platônico é o matemático de Oxford Roger Penrose. "A Verdade Matemática é que às vezes vai além do mero formalismo" escreveu. [95] "Muitas vezes parece ser uma realidade profunda sobre estes conceitos matemáticos, que vai muito além da discussão de qualquer matemático particular. No entanto, é como se a mente humana foi conduzida, no entanto, a alguma verdade eterna. - Uma verdade que é a própria realidade, e que só é parcialmente revelado um de nós" Tomando como exemplo o sistema de numeração complexo, Penrose acha que ele tem "uma realidade profunda atemporal" [96].

Outro exemplo que inspirou Penrose para adotar o platonismo é algo chamado "o conjunto de Mandelbrot" [97] descoberto pelo cientista da IBM Benoit Mandelbrot. O conjunto é uma forma geométrica conhecida como "fractal", que está intimamente relacionado com a teoria do caos, e fornece um exemplo magnífico de como uma simples operação recursiva pode produzir um objeto de riqueza, diversidade e grande complexidade. O conjunto é gerado pela aplicação sucessiva da regra (ou mapeamento) $z \rightarrow z^2 + c$, onde z é um número complexo e c é um número fixo complexo. A regra simplesmente significa: ter um número complexo z e substituí-lo $z^2 + c$, em seguida, chamar esse número z e substituí-lo novamente, e assim por diante é um suspiro de novo. Os números complexos obtidos podem ser desenhado em uma folha de papel (ou tela de computador) na medida em que a regra se aplica, a cada número representado por um ponto. O que acho é que para algumas escolhas

de C , em breve deixar a tela. Para outras eleições, no entanto, passeia ponto sempre em uma área delimitada, agora cada escolha de c corresponde a um ponto na tela. O conjunto de todos os pontos c são o conjunto de Mandelbrot. Este conjunto tem uma estrutura extremamente complicada, pois é impossível descrevê-lo, é incrivelmente bonito. Muitos exemplos de partes do equipamento foram utilizados para fins artísticos. Uma característica distintiva do conjunto de Mandelbrot é que qualquer parte dele poderá ser ampliado repetidas vezes sem limites, e cada nova camada de resolução prevê novas riquezas e delicias. [98]

93. " The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences" de Eugene Wigner, Communications in Pure and Applied Mathematics 31 (1960), p. 1

94. Mathematics and Science (ed. Mickens Ronald E., World Cientific Press Singapura, 1990).

95. A Mente Nova do Rei - Computadores, Mentes e as Leis da Física por Roger Penrose (Oxford University Press, Oxford, 1989), p. 111

96. Ibid. P. 95.

97. Para quem não sabe, eu convido você para abrir as páginas, verão um desígnio marcante, terá uma estrutura complicada cuja beleza é impossível de expressar em palavras. Partes dela foram usados para fins artísticos. Como qualquer conjunto fractal pode ser prorrogado indefinidamente, fornecendo mais detalhes de requintados desígnios.

<http://www.quanta.net.py/zfractal/mandel.htm>

<http://www.dma.fi.upm.es/docencia/segundociclo/geomfrac/fractalesclasicos/mandelbrot.html>

Mandelbrot Set 98

98. Conjunto de Mandelbrot

Penrose recorda que quando iniciou o estudo dos conjuntos que hoje leva seu nome, não tinha uma concepção a priori do desenvolvimento fantástico inerente a ela.

"Todos os detalhes sobre a complicada estrutura do conjunto de Mandelbrot realmente não pode ser plenamente compreendido por qualquer um de nós, ou podem ser divulgados por qualquer computador. Parece como se a estrutura não só não é parte de nossas mentes, mas é uma realidade em si ... O computador é usado essencialmente da mesma maneira que um físico experimental utiliza um dispositivo experimental para explorar a estrutura do mundo

físico. O conjunto de Mandelbrot não é uma invenção da mente humana, foi uma descoberta. Como o Monte Everest simplesmente "está lá!". "[99]

Os matemáticos e o conhecido divulgador científico Martin Gardner concorda com esta conclusão: "Penrose encontra incompreensível (como eu) que alguém pode supor que essa estrutura exótica não está realmente "lá fora", como o Monte Everest está sujeita a exploração da forma que uma floresta é explorada. " [100]

"É a matemática uma invenção ou descoberta? Pergunta Penrose. Você tem ido tão longe os matemáticos com as suas invenções que elas estão imbuídas de realidade espúria? "Ou é que os matemáticos estão descobrindo verdades que de fato já estão "lá"? - verdades, cuja existência é independente das atividades dos matemáticos" Ao proclamar a sua adesão no último ponto vista, Penrose afirma que, em casos como O conjunto de Mandelbrot "está ficando muito mais do que a estrutura que é colocada em primeiro lugar. Pode-se tomar a posição que em tais casos que os matemáticos tem encontrado os "trabalhos de Deus" Na verdade, ele vê uma analogia a essa conexão entre a matemática e obras de arte inspiradas: "É uma sensação estranha entre os artistas, que na maioria de suas grandes obras estão revelando as verdades eternas que têm algum tipo de existência etérea a priori. ... Eu não posso ajudar, mas sinto, no caso da matemática que a crença em uma espécie de etérea e eterna existência é ainda mais forte " [101]

99. Ibid.

100. Martin Gardner, prefácio *ibid.* p. vi

101. *Ibid.*, P. 95

É fácil ter a impressão de que existe uma vasta paisagem de estruturas matemáticas, e que os matemáticos exploram este território peculiar, mas inspirador, talvez ajudado pela orientação de uma mão experiente ou indicadores de descobertas recentes. Ao longo do caminho são formas novas e teoremas matemáticos já está lá. O matemático Rudy Rucker pensa nestes objetos como um tipo de ocupação do espaço mental - que ele chama de "paisagem mental" -, bem como objetos físicos ocupam um espaço físico. "Uma pessoa que faz pesquisa matemática", escreveu ele, "é um explorador da Paisagem Mental da mesma forma que Armstrong, Liivngstone ou Cousteau são exploradores das características físicas de nosso Universo." Ocasionalmente diferentes exploradores percorrem a mesma área e relatou de forma independente os mesmos resultados. "Quando nós compartilhamos o mesmo universo, compartilhamos da mesma Paisagem Mental", acredita Rucker. [102] John Barrow também cita o fenômeno da descoberta independente em matemática como

prova de "algum fator objetivo" que é independente da psique do pesquisador.

Penrose conjectura que a maneira que os matemáticos fazem descobertas e comunicam os resultados matemáticos uns aos outros fornece provas de um Reino Platônico ou Paisagem Mental:

"Imagino que quando a mente percebe uma idéia matemática faz contato com o mundo de Platão, de conceitos matemáticos. ... Quando você "vê" uma verdade matemática, quebra a sua consciência para o mundo das idéias e faz contato direto com ele. ... Quando os matemáticos se comunicam, torna-se possível porque cada um tem uma rota direta para a verdade, a consciência de cada ser em condições de perceber as verdades matemáticas diretamente, através deste processo de 'ver'. Uma vez que cada um pode fazer contato com o mundo de Platão, diretamente, podem mais facilmente se comunicar com todos os outros do que se poderia esperar. As imagens mentais de cada lata, quando eles fazem esse contato platônico bastante diferentes, mas a comunicação é possível porque cada um está diretamente em contato com o mundo platônico, existente eternamente!" [103]

Às vezes, essa "erupção" é repentina e dramática, e fornece o que é normalmente referido como inspiração matemática. O matemático francês Jacques Hadamard, fez um estudo sobre este fenômeno e cita o caso de Carl Gauss, que há anos vinha lutando com um problema sobre os inteiros, "Como um súbito lampejo o problema parecia estar resolvido. Eu mesmo não poderia dizer que foi o fio condutor que uniu o que eu já sabia com o que fez meu sucesso possível. "[104] Hadamard também dá o caso de Henri Poincaré, que passou muito tempo sem sucesso sobre um problema relativo a certas funções matemáticas. Um dia Poincaré foi a uma viagem de campo, e embarcou no ônibus. "No momento em que pus meus pés no degrau, a idéia veio a mim com nada em meus pensamentos anteriores, que abriram o caminho até lá", falou.[105]. Tão seguro estava de ter resolvido o problema que o colocou em segundo plano sua mente e continuou a sua conversão. Quando retornou de sua caminhada foi capaz de provar o resultado rapidamente, e seu conforto.

102. Infinity and the Mind por Rudy Rucker (Boston Birkhauser, 1982), p. 36.

103. *Mente Nova do Rei* por Penrose, p. 428

104. *The Psychology of Invention in the Mathematical Field* por Jacques Hadamard (Princeton University Press, Princeton, 1949), p. 13

105. Citado em *ibid.* P. 12.

Penrose narra um incidente semelhante sobre o seu trabalho sobre buracos negros e singularidades do espaço-tempo.[106] Estava ciente de uma conversa em uma rua de Londres, e estava prestes a atravessar uma rua movimentada quando uma idéia fundamental, mas era apenas temporária, de modo que retomou a conversa e do outro lado da rua a idéia tinha entrado em sua mente. Foi só depois que percebeu uma curiosa sensação de euforia, e mentalmente fez um balanço dos acontecimentos do dia. Finalmente, recordou a breve flash inspirador, e soube que era o problema chave que tinha ocupado sua atenção durante tanto tempo. Foi algum tempo após a exatidão foi demonstrada com rigor.

Muitos físicos compartilham esta visão platônica da matemática. Por exemplo, Heinrich Hertz, o primeira a produzir e detectar ondas de rádio no laboratório, uma vez disse: "Não se pode escapar do sentimento de que estas fórmulas matemáticas têm uma existência independente por si mesmo, e são ainda mais sábias que seus descobridores, e ficamos com mais do que aquilo que nós colocamos sobre elas." [107]

Uma vez perguntou a Richard Feynman se ele achava que a matemática e, por extensão, as leis da física têm uma existência independente. Ele respondeu:

"O problema da existência é muito interessante e difícil. Se você faz a matemática, que é simplesmente trabalhar sobre as conseqüências das hipóteses, descobrirás uma coisa engraçada, se você adicionar os cubos de números inteiros. Cada cubo é um, dois cubos são duas vezes dois vezes dois é oito, e três cubos é três vezes três vezes três, que é 27. Se somar essas três cubos, um mais oito são 27 - paremos por aqui - será de trinta e seis. E esse é o quadrado de um outro número, seis, que é a soma de um mesmo inteiro, um mais dois mais três. ... Agora, essa história você pode não saber com antecedência. Você poderia dizer: "Onde é que, o que é, onde está localizado esse tipo de realidade?" E então você pode topar com ele. Quando você descobre estas coisas têm a sensação de que elas eram verdadeiras, antes do encontro. Então você compra a idéia de que de alguma forma elas existiram em algum lugar, mas não há lugar para essas coisas. É apenas um sentimento. ... Bem, no caso da física o problema é duplo. Damos com essas interpretações matemáticas, mas elas se aplicam ao universo, pois o problema de onde eles estão é duplamente confuso. ... Essas são as questões filosóficas que não se sabe responder." [108]

106. "Mente Nova do Rei" por Penrose, p. 420

107. Citado em "Mathematics " por M. Kline (Oxford University Press, Oxford, 1988), p. 338

108. Citado em "Superstrings": A Theory for Everything? Por Paul Davies e J. R. Brown (University Press Cambridge, Cambridge, 1988), pp 207-8.

O computador cósmico

Nos últimos anos, as discussões sobre a natureza da matemática tem se tornado cada vez mais influenciadas por cientistas da computação que têm a sua perspectiva particular sobre o assunto. Não é de surpreender talvez, que muitos cientistas da computação consideram o computador como o componente central de qualquer sistema de pensamento que tentam dar sentido à matemática. Em sua forma mais extrema dessa filosofia proclama: "O que não pode ser contado não tem sentido." Em particular, qualquer descrição do universo físico deve usar a matemática que pode ser efetivamente aplicado, em princípio, em um computador. É evidente que estas proscritas teorias como as descritas no Capítulo 5, incluindo previsões de número não-computável de grandezas físicas. Não é permitida qualquer operação matemática que envolve um número infinito de passos. Esta proíbe grandes áreas da Matemática, muitos dos quais foram aplicados a sistemas físicos. Mais a sério, mesmo aqueles resultados matemáticos que envolvem um número finito de passos, mas muito grandes são suspeitos, se pressupõe que o poder computacional do universo é limitado. Rolf Landauer é um expoente desta visão: "Não só o físico determina o que um computador pode fazer, mas o que os computadores podem fazer por sua vez, define a natureza última das leis da física. Afinal, as leis da física são os algoritmos de processamento de informação, e será inútil, a menos que estes algoritmos são implementados em nosso universo com suas leis e recursos ". [109]

Se a matemática significativa depende dos recursos disponíveis no universo, existem implicações de longo alcance. Segundo a teoria cosmológica padrão, a luz pode ter viajado somente a uma distância finita da origem do universo (basicamente porque o universo é de uma idade finita.) Mas nenhum físico o influencia, e em particular as informações não podem exceder a velocidade da luz. Daqui resulta que a região do universo a que estamos sujeitos causalmente contem apenas um número finito de partículas. O limite exterior da região é conhecida como o nosso horizonte. A superfície é mais distante no espaço em que a luz emitida por nossa vizinhança no Universo no momento do big bang pode ter chegado agora. Colocado em termos de computação, obviamente, só as regiões do universo a partir do qual a informação possa fluir pode ser considerado como parte de um sistema de computador, ou seja, a região dentro do nosso horizonte. Imagine que cada partícula nesta região é apreendida e incorporada em um computador cósmico gigante. Essa incrível máquina teria capacidades computacionais limitadas, porque teria um número finito de

partículas (cerca de 10^{80} aproximadamente). Poderia, por exemplo, calcular π (pi) com precisão infinita. Segundo Landauer, se o universo como um todo não é possível calcular isso, esqueça. Portanto, o "humilde π (pi)" já não seria uma precisa e definitiva. Isto leva a insinuação de que a relação entre a circunferência de um círculo e seu diâmetro não pode ser considerado um número preciso - mesmo perfeito linhas geométricas, mas estaria sujeito a incerteza.

Mais estranho ainda é o fato de que, porque o horizonte se expande com o tempo, a luz viaja no espaço, os recursos disponíveis na região, dentro do horizonte teria sido menor no passado [110]. Isto significa que a matemática é dependente do tempo, uma noção que é diametralmente oposta à de Platão, que via a matemática como verdades eternas, transcendentais e eternas. Por exemplo, um segundo após o Big Bang, o volume contido dentro do horizonte continha apenas uma pequena fração da quantidade real de partículas atômicas. No tempo chamado de Planck (10^{-43} segundos), o volume contém apenas um horizonte de partículas. O poder computacional do universo no tempo de Planck teria sido essencialmente zero. Seguindo a filosofia de Landauer à sua conclusão lógica, isto sugere que toda a matemática não fazia sentido naquele momento. Se assim for, então tentar aplicar a física matemática para o universo cedo - em especial o programa completo da cosmologia quântica e da origem cósmica descrito no Capítulo 2 - seria considerada sem sentido.

109. "Computation and Physics: Wheeler's Meaning Circuit?" Por Rolf Landauer, "Foundations of Physics" 16 (1986), p. 551.

110. Esta hipótese parece ignorar a expansão do universo, considerando que o horizonte se move sobre mais material. Se o universo está se expandindo no mesmo ritmo como o horizonte, então a quantidade de material abrangidos permanece constante. N.T.

Porque nós?

"A única coisa incompreensível do Universo é que ele seja compreensível"
Albert Einstein

O sucesso do empreendimento científico muitas vezes pode nos cegar para o fato

surpreendente que a ciência funciona. Embora a maioria das pessoas pode supor, é incrivelmente sortudo e misterioso que somos capazes de desvendar o funcionamento da natureza através da utilização do método científico. Como expliquei, a essência da ciência é descobrir padrões e regularidades na natureza, encontrando a compreensão algorítmica das observações. Mas as observações de dados brutos raramente exibem regularidades explícitas. Em vez disso, encontramos que a ordem da natureza está oculta para nós, está escrito no código. Para fazer qualquer progresso na ciência é preciso quebrar o código cósmico, para cavar os dados brutos e descobrir a ordem oculta. Muitas vezes, ligamos a ciência básica com palavras cruzadas. As experiências e a observação nos fornecem pistas, mas eles são crípticos, e requerem considerável engenhosidade para resolver. Com cada nova solução, vemos um padrão um pouco mais completo da natureza. Como no jogo de palavras cruzadas, no universo físico, descobrimos que a solução das pistas separadas se unem de uma forma coerente e cooperativa, e forma uma unidade coerente, de modo que quantas mais pistas resolvemos, são mais fáceis de preencher as características em falta.

O que é notável é que os seres humanos são realmente capazes de decifrar o código, e que a mente humana tem o equipamento intelectual necessário para que nós possamos "desvendar os segredos da natureza" e fazer uma tentativa razoável para completar a "palavras cruzadas enigmáticas" da natureza. Seria fácil imaginar um mundo em que as regularidades da natureza são transparentes e evidentes à primeira vista. Nós também poderíamos imaginar um outro mundo em que não houve regularidades, ou que eles estavam tão bem escondidos, tão sutil que o código cósmico exigiria inteligência muito mais do que os seres humanos possuem. Mas ao invés disso, encontramos uma situação em que a dificuldade do código cósmico parece quase estar em sintonia com as capacidades humanas. Para ter certeza, nós temos uma luta forte o suficiente para decodificar a natureza, mas até agora nós tivemos uma boa taxa de sucesso. É o desafio é apenas o suficiente para atrair algumas das melhores mentes disponíveis, mas não o suficiente para superar seus esforços combinados e desviar tarefas mais fáceis.

O mistério em tudo isso é que as competências intelectuais humanas são presumivelmente determinadas pela evolução biológica, e não tem absolutamente nada a ver com fazer ciência. Nossos cérebros evoluíram em resposta às pressões ambientais, tais como a habilidade para caçar, evitar predadores, esquivar da queda de objetos, etc O que isso tem a ver com a descoberta das leis do eletromagnetismo ou a estrutura do átomo? John Barrow também está intrigado: "Por que nossos processos cognitivos foram ajustados para pesquisa tão extravagante como a compreensão de todo o universo?" pergunta. "Por que deveríamos ser? Nenhuma das idéias sofisticadas envolvidas parece oferecer vantagens seletivas a serem exploradas durante a evolução pré-consciente. ... Como é aleatória as nossas mentes (pelo

menos na mente de alguns) foram preparados para desvendar os mais profundos segredos da natureza." [111]

O mistério do nosso sucesso extraordinário no progresso científico é aprofundada pela limitação do desenvolvimento da educação humana. Por um lado, há um limite para a velocidade com que podemos atrair novos fatos e conceitos, especialmente aqueles em qualidade abstrata. Isso geralmente requer quinze anos de estudo, pelo menos, um aluno para o conhecimento matemático e científico suficiente para fazer uma contribuição real para a pesquisa básica. Também é sabido que, especialmente em física e matemática, os maiores avanços são feitos por homens e mulheres entre vinte e trinta anos, ou no máximo no início dos anos trinta. Newton, por exemplo, tinha apenas 24 anos quando apresentou a teoria da gravitação. Dirac era ainda um estudante de PH.D. quando ele fez sua equação de onda relativística que levou à descoberta da antimatéria. Einstein tinha vinte anos, quando ele formulou a teoria da relatividade especial, os fundamentos da mecânica estatística, o efeito fotoelétrico em poucos meses de atividade criativa glorioso. Embora os cientistas mais velhos são rápidos em negar, há fortes indícios de que a criatividade realmente inovadora da ciência desaparece com a idade adulta. A combinação do progresso educacional e o declínio da criatividade limitada à ciência, dando uma breve mas crucial "janela de oportunidade" para fazer uma contribuição. Mesmo essas restrições intelectuais, presumivelmente, têm suas raízes em seus aspectos mundanos da biologia evolutiva, ligada à vida humana, a estrutura do cérebro e da organização social da nossa espécie. Que estranho, então, que as durações envolvidos são tais que permitem a atividade científica criativa.

Novamente, é fácil imaginar um mundo no qual todos teriam tido tempo suficiente para conhecer os fatos e conceitos necessários para fazer ciência fundamental, ou de outro mundo em que levam muitos anos para aprender tudo o que necessita da intervenção a morte, ou anos de criação um tinham passado, muito antes que a fase de ensino tinha terminado. E não é característica desta estranha "sintonia" da mente humana para o trabalho da natureza é mais impressionante do que a matemática, o produto da mente humana é de alguma forma ligada com os segredos do universo.

111. "Teorias do Tudo: A busca da Explicação Final" por John Barrow (Oxford University Press, Oxford, 1991), p. 172

Por que as Leis da Natureza são Matemáticas?

Poucos cientistas pararam para pensar que as leis fundamentais do universo são matemáticas, simplesmente são concedidos. No entanto, o fato de que "a matemática funciona" quando aplicada ao mundo físico - e funciona incrivelmente bem - pedem uma explicação, é claro que temos um direito absoluto à espera que o mundo está tão bem explicado pela matemática. No entanto, a maioria dos cientistas assumem que o mundo deveria ser assim, a história da ciência nos alerta sobre isso. Muitos aspectos do nosso mundo têm sido tomadas por alguns, apenas para surgir como resultado de condições e circunstâncias especiais. O conceito de tempo absoluto universal de Newton é um exemplo clássico. Na vida cotidiana desta representação do tempo nos serve muito bem, só porque estamos nos movendo muito mais devagar que a luz. Poderia a matemática trabalhar bem por causa de outras circunstâncias especiais?

Uma abordagem para este dilema é para se referir à "eficácia razoável" da matemática - para usar a frase de Wigner - como um fenômeno puramente cultural, um resultado da maneira pela qual os seres humanos têm escolhido pensar sobre o mundo. Kant advertiu que, se olharmos para o mundo através de óculos cor de rosa não é surpreendente o mundo seja rosado. Estamos orgulhosos de, mantidos, projetar sobre o mundo todas as nossas tendências mentais em direção a conceitos matemáticos. Em outras palavras, lemos a ordem matemática da natureza em vez de lê-lo da natureza. Este argumento tem alguma força. Não há dúvida de que os cientistas preferem usar a matemática quando se estuda a natureza e tendem a selecionar os problemas que são passíveis de tratamento matemático. Esses aspectos da natureza que não é facilmente capturado pela matemática (por exemplo, sistemas biológicos e sociológicos) são susceptíveis de ser negligenciados. Há uma tendência para descrever como "essenciais" as características do mundo que se enquadram nesta categoria matematizável" A pergunta "Por que as leis fundamentais da natureza são matemáticas?" Então, convida a resposta trivial: "Porque nós definimos como fundamental para as leis que são matemáticas? "

Nossa visão do mundo será, obviamente, determinada em parte pelo modo como nossos cérebros são estruturados. Por razões de seleção biológica dificilmente pode imaginar o porquê de nossos cérebros evoluíram para reconhecer e privilegiar os aspectos da natureza que exibem padrões matemáticos. Como observado no Capítulo 1, é possível imaginar uma forma de vida alienígena com uma história evolutiva completamente diferente, e os cérebros que têm pouca semelhança com o nosso. Os alienígenas não podem compartilhar nossas

categorias de pensamento, incluindo a nossa paixão pela matemática, e podem ver o mundo de maneiras que são completamente diferentes das nossas.

É portanto o sucesso da matemática na ciência apenas uma peculiaridade cultural, um acidente de nossa história evolutiva e social? Alguns cientistas e filósofos afirmam que ela é, mas eu confesso que encontrar essa reivindicação marcada pela facilidade e fluência que muitas vezes sugere insinceridade ou superficialidade de uma série de razões. Primeiro, porque muita da matemática que é dramaticamente eficaz na teoria física foi desenvolvida como um exercício abstrato meramente matemático muito antes que foi aplicado ao mundo real. A pesquisa original foi completamente alheia a qualquer aplicação. Esse "mundo independente criada pela inteligência pura", como expressou James Jeans, mais tarde provou ser útil para descrever a natureza. O matemático britânico G. H. Hardy escreveu que pratica matemática por sua beleza, e não por seu valor prático. Quase orgulhosamente declarou que não poderia fornecer qualquer aplicação útil para o trabalho. E logo descobrimos, a muitos anos depois, que a natureza é regida pelas mesmas regras matemáticas que os matemáticos puros haviam formulado. (Isto inclui, ironicamente, muito do trabalho de Hardy). Jeans observou que a matemática é apenas uma das muitas maneiras de pensar. Houve tentativas de construir modelos do universo como organismos vivos, por exemplo, ou como uma máquina. Eles mostraram pouco progresso. Por que a abordagem matemática será tão bem sucedida se não descobrir qualquer propriedade real da natureza?

Penrose também considerou o tema, e rejeita a perspectiva cultural. Referindo-se ao surpreendente sucesso de teorias como a teoria da relatividade geral, escreveu:

"É difícil para mim acreditar, como alguns tentaram sustentar, que tais SUPER teorias poderiam ter surgido meramente por uma seleção aleatória de idéias, deixando apenas os bons e os sobreviventes. A boa notícia é simplesmente muito melhor para os sobreviventes surgidas de forma aleatória. Convém, no entanto, haver alguma profunda razão subjacente para a correlação entre a matemática e física, por exemplo, entre o mundo de Platão e o mundo físico." [112]

112. "Mente Nova do Rei" por Penrose, p. 430.

Penrose adotou a crença, que eu encontrei suportado pela maioria dos cientistas, de que os avanços nas descobertas matemáticas da física realmente representam alguns aspectos da realidade, não apenas a reorganização dos dados em um formulário apropriado para a

digestão intelectual humana.

Também foi argumentado que a estrutura do nosso cérebro evoluiu para refletir as propriedades do mundo físico, incluindo o seu conteúdo matemático, então não é de se surpreendente que descobrimos a matemática na natureza. Como mencionado acima, é certamente uma surpresa e um mistério profundo que o cérebro humano desenvolveu a sua extraordinária capacidade matemática. É muito difícil compreender a matemática abstrata é útil para a sobrevivência. O mesmo comentário aplica-se a capacidade musical.

Conhecemos o mundo de duas maneiras distintas. A primeira é através da percepção direta, o segundo através da aplicação de raciocínio e as funções intelectuais superiores. Considere a observação de uma pedra que cai. O fenômeno físico que ocorre no mundo externo é representado em nossas mentes porque os nossos cérebros constroem um modelo mental interno do mundo em que uma entidade correspondente ao objeto físico "pedra" é visto em movimento no espaço tridimensional: podemos ver a pedra cair. Por outro lado, se pode conhecer sobre a queda da pedra de uma outra maneira muito diferente e mais profunda de uma vez. A partir do conhecimento das leis de Newton e algumas de matemática poderia produzir um outro tipo de modelo da queda da pedra. Este não é um modelo matemático, no sentido da percepção, no entanto, é também uma construção mental, e que vincula o fenômeno específico da queda de uma pedra para um conjunto maior de processos físicos. O modelo matemático usando as leis da física não é algo que você realmente vê, mas é em sua própria maneira abstrata, um tipo de conhecimento do mundo, de fato, um conhecimento de ordem superior.

Eu acho que a evolução Darwiniana tem proporcionado o conhecimento do mundo através da percepção direta. Há vantagens claras no presente, mas não há nenhuma ligação óbvia a todos entre este tipo de conhecimento sensorial e conhecimento intelectual. Os alunos esforçam-se frequentemente com certos ramos da física, como mecânica quântica e a relatividade, porque eles tentam entender temas como as imagens mentais. Tente "ver" o espaço curvo ou a atividade de um elétron atômico no olho da mente, e não completamente. Isto não é devido à inexperiência - eu não acho que qualquer ser humano possa realmente formar uma imagem mental precisa dessas coisas. Nem é uma surpresa - da física quântica e relativística ou é particularmente relevante na vida cotidiana, e nenhuma vantagem seletiva para nós ter um cérebro capaz de incorporar sistemas quânticos e relativísticos no nosso modelo mental do mundo. Apesar disso, porém, os físicos são capazes de chegar a uma compreensão do mundo da física quântica e da relatividade por meio do uso da matemática, experimentação seletiva, raciocínio abstrato, e outros procedimentos racionais. O mistério é,

por que temos esta capacidade dupla de ver o mundo? Não há nenhuma razão para supor que o segundo método resulta de um aperfeiçoamento da primeira. São maneiras totalmente independentes de chegar ao conhecimento das coisas. A primeira e óbvia atende a uma necessidade biológica, a segunda parece não ter significado biológico em tudo.

O mistério torna-se ainda mais profundo quando se considera a existência de gênios matemáticos e musicais, cuja perícia nestas áreas e ordens de magnitude melhor do que o resto da população. A introspecção surpreendente de matemáticos como Gauss e Riemann é atestado não só pelas suas proezas notáveis matemáticas (Gauss foi uma criança prodígio e tinha uma memória fotográfica), mas também por sua habilidade para escrever teoremas sem a prova, deixando para as gerações futuras o esforço de demonstração. Como foram estes matemáticos capazes de chegar com seus resultados de "pronto" quando os testes eram muitas vezes requeriam volumes de raciocínio matemático complexo, é um grande enigma.

Provavelmente, o caso mais famoso é o do matemático indiano S. Ramanuján.[113] Nascido na Índia no final do século XIX, Ramanujan veio de uma família pobre e só concordaram em uma educação limitada. Foi mais ou menos um auto-didata em matemática e, sendo isolado nas correntes principais da vida acadêmica, a sua abordagem ao tema foi de uma forma muito pouco convencional. Ramanujan escreveu uma série de teoremas sem provas, alguns deles em uma natureza muito peculiar, de modo que não é normal ter ocorrido a mais convencional matemática. Eventualmente, alguns dos resultados de Ramanujan chamou a atenção de Hardy, que estava surpreendido. "Eu nunca vi nada que se pareça pelo menos a eles", disse ele. "Um olhar é suficiente para ver que só poderia ter sido escrito por um matemático da classe mais alta". Hardy foi capaz de provar alguns dos teoremas de Ramanujan unicamente implantando todas as suas consideráveis habilidades matemáticas, mas somente com grande dificuldade. Outros resultados excederam-lo completamente. No entanto, sentiu que deveriam estar corretos, porque "nenhum deles teve a idéia de inventá-los." Posteriormente Hardy providenciou que Ramanujan viajasse para Cambridge para trabalhar com ele. Ramanujan, infelizmente, sofreu um choque de cultura e problemas médicos e morreu prematuramente na idade de 33 anos, deixando um vasto estoque de conjecturas matemáticas para a posteridade. Até hoje ninguém sabe realmente como materializar tais feitos extraordinários. Um matemático disse que os resultados pareciam "fluir de seu cérebro", sem esforço. Isso teria sido suficientemente notável em um matemático, mas para alguém que não estão familiarizado com a matemática convencional é verdadeiramente extraordinário. É muito tentador pensar que Ramanujan tinha uma faculdade que lhe permitia ver a Paisagem Mental matemática direta e vividamente, e recolheu os resultados completos das sua vontade.

113. Ramanujan (Do livro "O Despertar dos Mágicos" de Louis e Jacques Bergier Powels. 1960)

Pouco menos misterioso é o estranho caso das chamadas calculadoras relâmpago - pessoas que podem fazer incríveis proezas matemáticas mentais quase que instantaneamente, sem nenhuma idéia de como chegar à resposta. Shakuntala Devi vive em Bangalore, na Índia, mas viaja regularmente para o mundo mostrando proezas incríveis com aritmética mental. Em uma ocasião memorável no Texas encontrou a vigésima segunda raiz de um número de cem dígitos em cinquenta segundos!

Mais raro ainda, talvez, são os casos de "sábios autistas", pessoas que são deficientes mentais e pode ter dificuldade para realizar a manipulação aritmética básica, mas ainda assim possui a rara capacidade de produzir respostas corretas para problemas matemáticos que aparecem como extraordinariamente difíceis para as pessoas comuns. Dois irmãos americanos, por exemplo, pode bater consistentemente um computador encontrando números primos, mesmo sendo ambos retardado mentais. Em outro caso mostrado na televisão britânica um homem com deficiência poderia dar corretamente e quase instantaneamente o dia da semana, quando você tinha uma data, mais de outro século!

É claro que estamos acostumados com o fato de que toda a capacidade humana, física e mental, mostram grandes variações. Algumas pessoas podem saltar seis metros acima do solo, enquanto a maioria de nós apenas três. Mas imagine que alguém vir e pular sessenta metros, ou seiscentos pés! Mesmo o salto intelectual que representa o gênio matemático é muito superior a essas diferenças físicas.

Os cientistas estão longe de compreender como os genes são controladas por nossas habilidades mentais. Talvez os seres humanos só muito raramente contêm o código genético que codifica poderes matemáticos fantásticos. Ou talvez não tão raro, mas os genes em causa não são normalmente ativados. No entanto, seja qual for o caso, os genes necessários estão presentes no repositório genético humano. O fato de que os gênios matemáticos ocorrem em cada geração sugere que é um fator razoavelmente estável como um recurso genético. Se este evoluiu por acaso e não em resposta a pressão ambiental, então é uma coincidência surpreendente que a matemática considera tais aplicações no universo físico. Se, por outro lado, a habilidade matemática tem um valor obscuro para a sobrevivência e tem evoluído através da seleção natural, ainda enfrentamos o mistério de por que as leis da

natureza são matemáticas. Afinal sobreviver na "selva" não exige o conhecimento das leis da natureza, apenas as suas manifestações. Vimos como as próprias leis são criptografadas e não está ligado de uma forma simples que seja para os fenômenos físicos reais sujeitos a essas leis. A sobrevivência depende de uma avaliação de como o mundo não é uma ordem oculta subjacente. Certamente isso não pode depender da ordem dentro do núcleo atômico, ou buracos negros, ou partículas subatômicas que ocorrem na Terra apenas em aceleradores de partículas.

Poderíamos supor que, quando nos abaixamos para desviar de uma bala, ou avaliar o quão rápido corremos para pular de um riacho, estamos utilizando o conhecimento das leis da mecânica, mas isso é completamente errado. De que usamos as experiências anteriores de situações semelhantes. Nossos cérebros respondem automaticamente quando se apresenta com tais desafios, que não fazem parte das leis de Newton de movimento da mesma forma que um físico faz quando discute a situação cientificamente. Para fazer julgamentos sobre o movimento no espaço tridimensional, o cérebro precisa de certas propriedades especiais. Para fazer matemática (tais como a necessidade de descrever o movimento) também requer propriedades especiais. Não vejo nenhuma evidência para afirmar que esses conjuntos de propriedades aparentemente diferentes são a mesma coisa, ou um que levanta como um subproduto (possivelmente acidental) do outro.

Na verdade, todas as evidências estão em contrário. A maioria dos animais partilha a nossa capacidade de desviar de balas e saltar de forma eficaz, mas não mostram uma significativa capacidade matemática. As aves, por exemplo, são muito mais hábeis em explorar as leis da mecânica que os seres humanos, e seus cérebros tem desenvolvido habilidades sofisticadas como resultado. Mas as experiências realizado com ovos, mostram que as aves não podem sequer contar mais do que três. Ser consciente das regularidades da natureza, tais como aqueles expressos em mecânica, têm um valor significativo para a sobrevivência, e é ligado em animais e os cérebros humanos em um muito primitivo. Por contrato, a matemática é uma função de alto nível mental, aparentemente única para os seres humanos (como a que diz respeito à vida terrestre). É o produto de um sistema mais complexo conhecido na natureza. No entanto, a matemática produz resultados mais dramáticos aplicando os processos mais básicos da natureza, processos que ocorrem no nível subatômico. Por que o sistema mais complexo deve ser conectado, deste modo, os processos mais primitivos da natureza?

Poderia ser argumentado que desde que o cérebro é um produto de processos físicos devem refletir a natureza destes processos, incluindo o seu caráter matemático. Mas ainda não há

conexão direta entre as leis da física e da estrutura do cérebro. O que diferencia o cérebro de um quilo de matéria ordinária é a sua forma complexamente organizada, em especial as interconexões complexas entre os neurônios. Este teste padrão da fiação não podem ser explicadas pelas leis da física por si só. Depende de muitos fatores, incluindo um pouco de acaso em sua história evolutiva. Quaisquer que sejam as leis que ajudaram a moldar a estrutura do cérebro humano (como as leis da genética de Mendel) não têm qualquer relação simples com as leis da física.

Como podemos saber algo sem saber tudo?

Esta questão, colocada há muitos anos atrás pelo matemático Hermann Bondi, hoje é ainda mais problemática em função dos progressos realizados na teoria quântica. Costuma-se dizer que a natureza é uma unidade, que o mundo é um todo interligado. Em certo sentido isso é verdade. Mas também é verdade que podemos estruturar um conhecimento muito detalhado de diversas partes do mundo sem saber de tudo. Certamente a ciência não tem sido possível em todos, se não tivéssemos feito progressos em pequenos passos.

Assim como a lei de cair corpos descobertos por Galileu não exige a descoberta da distribuição em massa de todo o universo, as propriedades dos elétrons podem ser descobertas sem a necessidade de conhecer as leis da física nuclear. E assim por diante. É fácil imaginar um mundo no qual os eventos ocorrem em algum lugar do universo, ou escala de energia, eram intimamente ligados com tudo isso que impedem uma resolução em um simples conjunto de leis. Ou, para usar a analogia de um jogo de palavras cruzadas, em vez de lidar com uma mistura de palavras ligadas separadamente identificáveis, tivemos uma resposta que era extremamente complicado uma palavra. O nosso conhecimento do Universo seria então uma questão de "tudo ou nada."

O mistério aprofunda-se pelo fato de que a separabilidade da natureza é apenas aproximada. O universo é realmente um todo interligado. A queda de uma maçã na Terra é afetado, e por sua vez, reage à posição da lua. Os elétrons atômicos estão sujeitas a influências nucleares. Em ambos os casos, no entanto, os efeitos são mínimos e pode ser ignorada para a maioria dos propósitos práticos. Mas nem todos os sistemas são assim. Como eu expliquei alguns sistemas são caóticos, e são extremamente sensíveis à menor perturbação externa. É esta propriedade que torna imprevisível sistemas caóticos. Embora vivamos em um universo cheio de sistemas caóticos, somos capazes de filtrar uma vasta gama de processos físicos que são previsíveis e matematicamente tratáveis.

A razão pela qual isto é assim pode ser atribuída em parte a duas propriedades curiosas, chamadas "linearidade" e de "localidade". Um sistema linear obedece a certas regras matemáticas muito especiais de adição e multiplicação associado com gráficos de linha reta - daí a chamado "linear" - o que não precisa mais aqui (ver *The Matter Myth* [114] para uma discussão mais detalhada). As leis do eletromagnetismo, que descrevem os campos elétricos e magnéticos e o comportamento da luz e outras ondas electromagnéticas são lineares para um elevado grau de aproximação, por exemplo. Os sistemas lineares não podem ser caóticos, e não muito sensível a pequenas perturbações externas.

Nenhum sistema é exatamente linear, pelo que a questão da divisibilidade do mundo se reduzem e porque os efeitos não lineares são às vezes tão pequenos na prática. Isso geralmente é devido a forças não-lineares em questão são inerentemente muito fracas, ou um intervalo de muito curto alcance, ou ambos. Não sei porque as intensidades e intervalos das forças da natureza são o que são. Um dia seremos capazes de calcular a partir de uma teoria subjacente fundamental. Alternativamente, eles podem simplesmente ser "constantes da natureza" que não podem ser derivadas as próprias leis. Uma terceira possibilidade é que estas "constantes" não são números fixos dados por Deus a todos, mas são determinados pelo estado atual do universo, em outras palavras, poderia estar relacionada com as condições cósmicas iniciais .

A propriedade da localidade tem a ver com o fato de que em muitos casos, o comportamento de um sistema físico é determinado inteiramente pelas forças e influências que surgem em suas imediações. Portanto, quando uma maçã cai, a taxa de aceleração em cada ponto do espaço depende do campo gravitacional só naquele ponto. Observações semelhantes se aplicam na maioria das outras forças e circunstâncias. Há, no entanto, situações em que os efeitos não-locais ocorrem. Na mecânica quântica, duas partículas subatômicas podem interagir localmente e depois se espalhar muito. Mas as regras da física quântica são tais que, mesmo que as partículas estavam em lados opostos do universo, ainda devem ser tratadas como um todo indivisível. Esta é que as medidas tomadas em cada uma dessas partículas depende do estado dos outros. Einstein se referiu a essa não-localidade como "ação fantasmagórica à distância" e se recusou a acreditar. Mas experiências recentes têm confirmado a dúvida de que esses efeitos não-locais são reais. Geralmente falando, ao nível subatômico, onde a física quântica é importante, uma coleção de partículas devem ser tratados de forma holística. O comportamento de uma partícula está inextricavelmente entrelaçado com as outras, não importa quão grande a distância entre as partículas.

Este fato tem implicações importantes para o universo como um todo. Se fosse para ter um estado quântico arbitrário para todo o cosmos, é provável que esse estado representa um gigantesco bloqueio de todas as partículas no universo. O Capítulo 2 discutiu recentes idéias Hartle e Hawking sobre a descrição quântica do universo inteiro - a cosmologia quântica. Um dos maiores desafios da cosmologia quântica é explicar como o mundo familiar que vivenciamos emergiu da sua origem quântica nebulosa. A mecânica quântica, deve ser lembrado, inclui o princípio da incerteza de Heisenberg, que tem o efeito de difundir os valores de todas as quantidades observáveis de forma imprevisível. Portanto, um elétron orbitando um átomo pode ser considerado com uma posição bem definida no espaço ao mesmo tempo. Um não deveria pensar nele como se em volta do núcleo atômico por um caminho definido, mas sim dispersos de uma forma indeterminada em torno do núcleo.

Embora este seja o caso de elétrons em átomos, quando tratamos com objetos macroscópicos não observamos esta dispersão. Portanto, o planeta Marte tem uma posição definida no espaço em todos os momentos, e segue uma órbita definitiva em torno do sol. No entanto Marte ainda está sujeito às leis da mecânica quântica. Alguém poderia perguntar, como Enrico Fermi fez uma vez, porque Marte não está espalhado ao redor do sol da mesma forma que um elétron é espalhado em torno de um átomo. Em outras palavras, desde que o universo nasceu em um evento quântico, como é que um mundo essencialmente não-quântico surgiu? Quando o universo se originou, e era muito pequeno, a incerteza o engoliu. Hoje nós não notamos qualquer incerteza residual nos corpos macroscópicos.

A maioria dos cientistas têm assumido tacitamente que o mundo quântico (ou "clássico" para usar o jargão) teria automaticamente surgido a partir do big bang, até mesmo um "big bang" em que os efeitos quânticos foram dominantes. Recentemente, no entanto, Gell-Mann e Hartle desafiaram esta suposição. Eles argumentam que a existência de um mundo aproximadamente clássico no qual os objetos materiais são bem definidos em locais com espaço, e em que não é um conceito bem definido de tempo, exige condições iniciais especiais. Seus cálculos indicam que para a maioria dos estados iniciais não surgem de um mundo clássico. Neste caso, a separação do mundo em diferentes objetos ocupam posições definidas em uma base muito bem definida do espaço-tempo, não seria possível. Não havia localidade. É possível que em um mundo distorcido que não poderia saber algo sem saber tudo. Na verdade Hartle e Gell-Mann argumentam que mima noção das leis tradicionais da física, como mecânica de Newton, não devem ser encarados como aspectos verdadeiramente fundamentais da realidade, mas como os vestígios do "big bang", como consequência do estado quântico especiais em que o universo se originou.

Se também fosse o caso, como comentou brevemente acima, que a intensidade e intervalos das forças da natureza são dependentes do estado quântico do universo, então chegamos a uma conclusão notável. Tanto a linearidade e a localização da maioria dos sistemas físicos não seriam consequência de qualquer conjunto fundamental das leis em tudo, mas seria devido ao estado quântico peculiar em que o universo se originou. A inteligibilidade do mundo, o fato de, gradualmente, descobrir as leis e ampliar nosso conhecimento da natureza - o fato de que a ciência funciona - não seria absoluto e inevitável, mas pode ser atribuída a condições especiais iniciais, pode ser muito especiais. A "eficiência irracional" da matemática aplicada ao mundo natural seria, então, devido às condições iniciais injustificadamente eficaz. •

114. Matter Myth Dramatic Discoveries That Challenge Our Understanding of Physical Reality por Paul Davies Touchstone Books (1992/01/01)

Capítulo 7 - Por que o mundo está do jeito que está?

Einstein uma vez comentou que a única coisa que lhe interessava era saber se Deus teve alguma escolha na criação do mundo como ele é. Einstein não era religioso no sentido convencional, mas ele gostava de usar o nome de Deus como uma metáfora para as questões mais profundas da vida. Esta questão tem particularmente irritado gerações de cientistas, filósofos e teólogos. Será que o mundo seja do jeito que é, ou poderia ter sido outro jeito? E se pudesse ser de outra maneira, que tipo de explicação poderia tentar ser como?

Referindo-se à liberdade de Deus para criar o mundo a seu critério, Einstein estava se referindo ao filósofo do século do XVII, Bento de Spinoza. Spinoza era panteísta que acreditava nos objetos do universo físico como atributos de Deus, em vez de sua criação. Identificando Deus com a natureza, Spinoza rejeitou a idéia cristã de um deus transcendente que criou o universo, em um ato livre. Por outro lado, Spinoza não era um ateu: acreditava

que ele tinha uma prova lógica de que Deus deve existir. Como ele identificava Deus com o universo físico, este ascendeu a prova de que nosso universo particular, também deve existir.

Para Spinoza, Deus não tinha escolha no tema: "As coisas não poderiam ter se tornado existentes por Deus de uma maneira ou em uma ordem diferente do que realmente é", escreveu ele.

Esta maneira de pensar - que as coisas são o resultado de algum tipo de necessidade lógica ou inevitável - é muito comum hoje entre os cientistas. Muitos, no entanto, preferem afastar Deus da mesma.

Se eles estiverem corretos implica que o mundo é uma explicação fechada e completa, na qual tudo é explicado e nenhum mistério permanece. Também significa que, em princípio, não teríamos necessidade de olhar realmente para o mundo para poder conhecer sua forma e conteúdo, pois tudo se seguiria de uma necessidade lógica, a natureza do universo seriam dedutíveis pela razão. "Eu concordo", escreveu Einstein, enquanto flertava com essa idéia ", que o pensamento puro pode compreender a realidade, como os antigos sonhavam. ... Nós podemos construir através de construções matemáticas puras os conceitos e leis que se inter-relacionam, que fornecem a chave para a compreensão dos fenômenos naturais. " [115]

É claro que nunca poderíamos ser suficientemente inteligentes para realmente obter os conceitos corretos e as leis de dedução matemática sozinho, mas não é esse o ponto. Se esta explicação fechada ainda é possível alteraria profundamente nosso pensamento sobre o Universo e nosso lugar nele. Mas essas afirmações de completude e unicidade de tem algum fundamento ou são apenas uma vaga esperança?

115. O Mundo Dentro do Mundo por John Barrow (Oxford University Press, Oxford, 1990) p. 349

Um universo inteligível

Subjazendo a estas questões é um pressuposto fundamental: que o mundo é ao mesmo

tempo racional e inteligível. Essa é geralmente expressa como o "princípio da razão suficiente", que afirma que tudo no mundo é como é por algum motivo. Porque o céu é azul? Por que uma maçã cai? Por que existem nove planetas no sistema solar? Geralmente nós não ficamos satisfeitos com a resposta: "Porque é exatamente do jeito que é." Acreditamos que deve haver alguma razão para ser assim. Se há fatos sobre o mundo que deve ser aceito sem razão (os chamados fatos brutos), então a racionalidade falha e o mundo é um absurdo.

A maioria das pessoas aceitam o princípio da razão suficiente, sem dúvida. Todos os empreendimentos da base científica, por exemplo, é construído sobre o pressuposto da racionalidade da natureza. A maioria dos teólogos também respeitam o princípio, porque eles acreditam em um Deus racional. Mas podemos ter certeza absoluta de que este princípio é infalível? Há razões suficientes para acreditar no princípio da razão suficiente? Estamos confiantes de que geralmente funciona bem: as maçãs caem por gravidade, o céu é azul porque comprimentos de onda mais curtos são espalhados pelas moléculas de ar, e assim por diante. Mas isso não garante que irá funcionar sempre. Claro que, se o princípio é falso, então fazer mais perguntas sobre questões-chave se torna sem sentido. Enfim, se ou não o princípio infalível, vale a pena aceitar uma hipótese de trabalho e ver onde nós estamos dirigindo.

Para enfrentar as questões mais profundas da existência, devemos considerar dois tipos de coisas.

Na primeira classe estão os fatos sobre o universo físico, como o número de planetas no sistema solar. É um fato que existem nove planetas, mas não parece razoável supor que eles têm a obrigação de ser nove. Certamente, podemos facilmente imaginar que tinha oito ou dez. A explicação típica do porquê há nove poderia incidir sobre a maneira pela qual o sistema solar se formou a partir de uma nuvem de gás, a abundância relativa de elementos no gás e assim por diante. Porque uma explicação sobre as características do sistema solar depende de algo distinto ao mesmo sistema solar, diz-se que essas características são "contingentes." Algo é contingente se ele poderia ter sido de outra maneira, então a razão pela qual é como ele depende de algo mais, algo além de si mesmo.

A segunda classe se refere a eventos, objetos ou eventos que não são contingentes. Essas coisas são chamadas de algo "necessário" é necessário se isso é completamente independente de qualquer outra coisa. Uma coisa necessária tem a sua razão em si, e permaneceria inalterado, se tudo foi diferente.

É difícil se convencer de que há coisas necessárias na natureza. Certamente, todos os objetos físicos que existem no mundo e os eventos que acontecem a eles, dependem de alguma forma o resto do mundo e, portanto, deve ser considerada pontual. Além disso, se algo é necessário que seja, então ela deve ser fornecida como ela é: você não pode mudar. Algo pode ser feita qualquer referência ao tempo. Uma vez que o estado do mundo muda continuamente, então todas as coisas que fazem parte dessa mudança deve ser contingente.

O que aconteceria com o universo como um todo, considerando o tempo que incluiu na sua definição? Poderia muito bem ser necessário? Isto é o que Spinoza e seus seguidores tinham reivindicado. À primeira vista é difícil de ver que pode estar certo. Podemos facilmente imaginar o universo a ser diferente de como ele é. Claro que, sendo capaz de imaginar algo assim há garantia de que tal coisa é possível, nem mesmo logicamente possível. Mas eu acho que há boas razões para que o universo poderia ter sido de outra forma, como logo vamos discutir.

E sobre as leis da física? Elas são necessárias ou contingentes? Aqui a situação é menos clara. Normalmente estas leis são consideradas eterna e atemporais, então talvez eu poderia dizer que fossem necessárias. Por outro lado a experiência mostra que a física avança aqueles que pensavam que eram atos isolados foram conectados. Um bom exemplo é a descoberta recente [116] que a força nuclear fraca e a força eletromagnética são realmente dois aspectos de uma força eletrofraca descrito por um único sistema de equações comuns aos dois. Portanto, essas forças individuais resultam ser contingentes de outros. Mas pode haver uma super-força, ou até mesmo um super-lei completamente unificadora que seja necessária? [117] Muitos físicos pensam assim. Alguns cientistas contemporâneos, como o químico Peter Atkins, de Oxford, aponta para essa convergência da física fundamental para uma super-lei unificadora para argumentar que o mundo físico não é contingente, mas necessário. Eles argumentam que é livre para buscar uma maior explicação metafísica. Estes cientistas esperam chegar um momento em que todas as leis da física são combinadas em um único sistema matemático e dizer que esse esquema será o único disponível auto-consistente.

Mas, outros voltaram sua atenção para a unificação progressiva e derivados a conclusão oposta. Por exemplo, o Papa João Paulo II estava profundamente impressionado com os progressos espetaculares realizados para ligar várias partículas elementares da matéria e as quatro forças fundamentais da natureza, e, recentemente, abordou a pessoas de uma seguinte maneira em uma conferência científica sobre as principais implicações isso teve:

"Os físicos têm um conhecimento detalhado, mas incompleto e experimental das partículas elementares e forças fundamentais através dos quais eles interagem em energias baixas e intermediárias. Agora tem uma teoria aceitável que unifica o eletromagnetismo e a força nuclear fraca, juntamente com alguns muito menos adequadas, mas promissoras teorias do campo unificado, que tentam incorporar também a interação nuclear forte. Além disso, na linha do desenvolvimento, uma vez que existem várias sugestões detalhadas para o estado final para super-unificação, ou seja, a unificação de todas as nossas forças fundamentais, incluindo a gravidade. Não é importante para nós, note que em um mundo de especialização tão detalhado, como a física moderna, há esta tendência para a convergência?" [118]

O ponto sobre essa convergência é a maneira em que reduz progressivamente as leis da física aceitável. Cada nova interligação é descoberta mútua interdependência e coerência da procura entre as leis que regem os partidos, até agora independentes. A exigência de que todas as teorias são consistentes com a mecânica quântica e a teoria da relatividade, por exemplo, já impõem severas restrições à forma matemática que a lei deve tomar. Isto sugere a especulação de que um dia, talvez em breve, a convergência pode ser concluída, e se uma explicação unificada de todas as leis da natureza. Essa é a idéia da chamada Teoria de Tudo brevemente mencionado no Capítulo 1.

116. Recente em 1992 NT

117. O autor se refere às quatro forças básicas e fundamentais da natureza, a gravidade, eletromagnetismo, força nuclear forte e a força nuclear fraca. Einstein tentou, sem sucesso, encontrar uma teoria do campo unificado que unisse as quatro forças em um só.

Posteriormente, conseguiu unificar a gravidade com o eletromagnetismo e mais tarde ainda o último com a força nuclear fraca. Existem algumas teorias mais ou menos plausível para a unificação total da física, mas a falsificação é muito difícil. NT

118. Mensagem de Sua Santidade o Papa João II Paulo em *Physics, Philosophy and Theology: a Common Quest for Understanding* , William R. Stoger, e George V. Coyne, Observatório do Vaticano, Cidade do Vaticano, 1988)

Uma única teoria para tudo?

É possível uma teoria do tudo? Muitos cientistas pensam assim. Na verdade, alguns deles ainda acredita que nós quase temos uma tal teoria. Citam a teoria atualmente popular das super cordas como uma séria tentativa de fundir todas as forças fundamentais e partículas da física, bem como a estrutura de espaço e tempo em uma única estrutura matemática, que abrange tudo. Na verdade, essa confiança não é nova. Há uma longa história de tentativas de construir uma explicação unificada do mundo. Em seu livro "Teorias do Tudo: A Busca da Explicação Final", John Barrow, atribui ao recurso de tal teoria para a crença apaixonada de um cosmo racional: há uma lógica compreensível para trás existência física pode ser entendida em uma forma sucinta e convincente.

A pergunta que ocorre é se, ao alcançar a unificação, a teoria será fortemente restringida pelas exigências de coerência matemática que será única. Se assim for, só haveria um sistema unificado de Física, com suas várias leis estabelecidas por necessidade lógica. O mundo, ao que parece, seria explicado: As leis de Newton, as equações de Maxwell do eletromagnetismo, o campo gravitacional de Einstein, e no resto do fim seria implacavelmente do requerimento da consistência lógica, tão certo como o teorema de Pitágoras resulta dos axiomas euclidianos da geometria. Tomando esta linha de raciocínio ao extremo, os cientistas não precisam se preocupar com as observações ou experimentos. Ciência não seria mais uma questão empírica, mas um ramo da lógica dedutiva, com as leis da natureza adquirindo o status de teoremas matemáticos e propriedades do mundo dedutíveis pela aplicação da razão.

A crença de que a natureza das coisas do mundo pode ser conhecido somente através do exercício da razão pura, através da utilização de um argumento lógico dedutivo a partir de premissas auto-evidentes, tem uma longa história. Elementos de uma tal abordagem pode ser encontrada nos escritos de Platão e Aristóteles. Reapareceu na filósofos racionalistas do século XVII, como Descartes, que construiu um sistema de que a física estava enraizada na esperança da única razão, ao invés de observação empírica. Muito mais tarde, na década de 1930, o físico E. A. Milne também tentou construir uma descrição dedutiva de gravitação e cosmologia. Nos últimos anos, tornou-se moda, uma vez mais a idéia de que uma descrição unificada da física podem ser dedutivamente demonstrável e que foi o que levou Stephen Hawking para escolher como um título provocativo para a leitura inaugural da Cadeira Lucasiana "É o fim da Física Teórica em vista? "

Mas, que evidência existe de que este estado de coisas seja possível? E deixando de lado a incerteza sobre se os recentes trabalhos sobre supercordas e afins contribuíram para uma

unificação no futuro próximo, acho que é comprovadamente errado para uma teoria super unificada pode ser única. Cheguei a esta conclusão por uma série de razões. A primeira é que os físicos teóricos, muitas vezes discutem "universos de brinquedo" matematicamente consistentes, que certamente não corresponde ao nosso universo. Ele explicou a razão para isso, no Capítulo 1. Nós encontramos um desses universos de brinquedo - o autômato celular. Existem muitos outros. Eu acho que para ter alguma esperança de unidade, seria preciso processar não apenas auto-consistência, mas também uma infinidade de especificações contingente, tais como a conformidade com a relatividade, ou a presença de certas simetrias, ou a existência de um espaço tridimensional e do tempo .

O segundo problema diz respeito à própria noção da unicidade da lógica e da matemática. A matemática é baseada em um conjunto de axiomas. Embora a matemática pode ser deduzida a partir deste grupo de axiomas, os axiomas em si não. Deve ser justificada de fora do sistema. Poderíamos imaginar diversos conjuntos de axiomas conduzindo a esquemas lógicos diferentes. Há também o grave problema do teorema de Gödel. Lembre-se que, de acordo com este teorema, é geralmente impossível de dentro do sistema de axiomas, provar que os axiomas são consistentes. E se você pudesse mostrar consistência, então o sistema de axiomas não seria completa no sentido de que não pode ser verdade as afirmações matemáticas que não podia ser comprovada dentro do sistema. Em um artigo recente, Russell Stannard discute as implicações da unificação da física:

"Uma verdadeira teoria de tudo, deve explicar não só como o universo se tornou existente, mas porque é o único tipo de universo que poderia ter sido - por isso poderia ter sido um único conjunto de leis físicas.

Eu acho que essa meta é ilusória. ... Sua perda, inerente inevitável da integralidade deve refletir-se em qualquer modelo matemático do nosso universo. Como criaturas que pertencem ao mundo físico deve ser incluído como parte do modelo. Daqui resulta que nunca seria capaz de justificar a escolha dos axiomas do modelo - e, conseqüentemente, as leis físicas que se aplicam a esse modelo. Nem seria capaz de explicar todas as afirmações verdadeiras que poderiam ser feitas sobre o universo." [119]

John Barrow também considera a limitação que o teorema de Gödel implica para uma Teoria de Tudo, e conclui que tal teoria seria "mais do que suficiente para desvendar as sutilezas de um universo como o nosso Não existe uma fórmula que pode fornecer toda a

verdade, Tudo em harmonia, toda a simplicidade. Nenhuma Teoria de Tudo nunca fornecerá alguma introspecção. Para navegar através de todas nos deixam ver nada em absoluto" [120]

Portanto, a busca de uma teoria verdadeiramente única de tudo o que eliminaria todas as contingências e demonstrar que o mundo deve ser necessariamente como ele é, parece estar fadada ao fracasso por causa da consistência lógica. Nenhum sistema racional pode vir a ser simultaneamente completo e consistente. Sempre permanecem algumas abertas, algum mistério elementar, algo inexplicável. O filósofo Thomas Torrance repreende severamente aqueles que caem na tentação de acreditar que o universo é "algum tipo de *perpetuum mobile*", um valor auto-existente, auto-suficiente, auto-explicativo, totalmente coerente e completo em si mesmo e, portanto, preso numa circularidade sem sentido não precisa de sair. "adverte que" nenhuma razão intrínseca do universo deve existir em absoluto, ou deve ser como é, então nós nos enganamos se pensamos que podemos estabelecer que o universo pode ser apenas o que é." [121]

É possível que as leis do nosso universo, embora, obviamente, não únicas, mas não são as únicas leis possíveis que podem também dar origem a complexidade? Talvez o nosso universo é o único possível em que a biologia é permitida e, portanto em qual podem aparecer organismos conscientes. Este pode ser o único universo possível *cognitivo*. Ou, voltando à pergunta de Einstein se Deus teve alguma escolha na sua criação, a resposta poderia ser não, pelo menos, que passariam despercebido. Esta possibilidade é mencionada por Stephen Hawking em seu livro *Uma Breve História do Tempo*: "Não poderia ser apenas uma, ou um pequeno número de teorias unificadas completamente, como a teoria das cordas heterogênea, que é auto-consistente e permite que estruturas tão complicadas como a seres humanos que possa investigar as leis da natureza e questões sobre a natureza de Deus." [122]

119. "No Faith in the Grand Theory", de Russell Stannard, *The Times* (Londres), 13 de novembro de 1989

120. "Teorias de Tudo: A Busca da Explicação Final" por John Barrow (Oxford University Press, Oxford, 1991, p. 36.

121. *Divine and Contingent Order* por Thomas Torrance (Oxford University Press, Oxford, 1981), p. 36

122. *Uma Breve História do Tempo* por Stephen W. Hawking (Bantam, Londres e Nova York, 1988), p. 174

Pode ser que não haja qualquer impedimento lógico para a presente proposta mais fraca, não

sei. Mas eu sei que não há absolutamente nenhuma evidência a favor dela. Talvez isso pode fazer sentido para nós viver no universo cognitivo *mais simples possível* - isto é, que as leis da física foram um conjunto *mais simples possível* logicamente auto-consistente que permita sistemas auto-reprodutíveis. Mas mesmo essa meta reduzida parece inatingível. Como visto no capítulo 4, existem mundos de autômatos celulares em que a auto-reprodução pode ocorrer, e as regras de definição desses mundos são tão simples que é difícil imaginar que as leis da física, finalmente unificado poderia ser mais simples.

Deixa-me ir a um problema mais sério com o argumento do "universo único", um que o mundo é oculto. Mesmo que as leis da física forem únicas, não se segue que o universo físico é único. Como explicado no Capítulo 2, as leis da física deve ser aumentada com condições cósmicas iniciais. Um possível conjunto de condições iniciais é a proposta do Hartle e Hawking discutida no final desse capítulo. Agora, porém pode ser a escolha natural, é apenas uma de uma infinita gama de opções possíveis. Nada nas idéias presentes na "leis das condições iniciais" que remotamente sugere que a sua coerência com as leis da física implicaria unicidade. Longe disso. O mesmo Hartle argumentou que existem profundas razões de princípio para que não tenha leis únicas: "Nós construímos nossas teorias, como parte do universo, não fora dele, e isso inevitavelmente limita as teorias que construímos. A teoria das condições iniciais, por exemplo, deve ser simples o suficiente para que ela possa ser armazenada dentro do universo. "

Na realização de nossa ciência, mobilizamos campo. Mesmo o processo de pensamento envolve a perturbação dos elétrons em nosso cérebro. Estas perturbações, mesmo minúsculas, mas afetam o destino de outros elétrons e átomos no universo. Hartle conclui: "Em vista disso, deve haver muitas teorias indistinguíveis de condições iniciais dadas pelo ato de construí-las." [123]

Outra mosca na pomada diz respeito a natureza fundamental do mundo quântico, com sua indeterminação inerente. Os candidatos à Teoria do Tudo deve incorporar esse princípio, o que implica que o melhor dessas teorias pode ser capaz de fornecer algum tipo de mundos mais provável. O mundo real podem ser diferente em uma miríade de formas imprevisíveis, na escala subatômica. Isto poderia ser um fator importante, mesmo na escala macroscópica. Um encontro único subatômico, por exemplo, podem produzir uma mutação biológica que poderia alterar o curso da evolução.

123. "Excess Baggage", de James Hartle, em "Elementary Particles and the Universe:

Essays in Honour of Gell-Mann" (ed. John H. Schwarz, Cambridge University Press, Cambridge, 1991)

Ordem Contingente

Parece, então, que o universo físico não tem que ser necessariamente a maneira como ele é, poderia ter sido de outra maneira. Em última análise, é a suposição de que o universo é contingente e inteligível, que fornece a motivação para a ciência empírica. Porque sem a contingência poderia, em princípio, ser capaz de explicar o universo, usando apenas a dedução lógica, sem sequer observar. E não seria a inteligibilidade da ciência. "É a combinação da contingência e da inteligibilidade", escreve o filósofo Ian Barbour ", o que nos incentiva a procurar formas novas e inesperadas de ordem racional." [124] Barbour disse que a contingência do mundo é quadruple. Primeiro, as leis da física parecem ser contingentes. Em segundo lugar, as condições cosmológicas iniciais poderia ter sido de outra maneira. Em terceiro lugar, sabemos da mecânica quântica: "Deus não joga dados" - por exemplo, há um elemento essencial de natureza estatística. Finalmente, é o fato de que o universo existe. Afinal, não importa o quão abrangente nossas teorias sobre o universo pode ser, não há nenhuma obrigação para que o mundo instanciar estas teorias. O último ponto foi vividamente expressos por Stephen Hawking: "Por que é que o Universo se deu ao incômodo de existir?" Pergunta. "O que é que respira fogo nas equações e cria um universo para elas o descreverem?" [125]

124. "Ways or Relating Science and Theology", de Ian Barbour, em *Physics, Philosophy and Theology* (eds. Russel et al), p. 34

125. *Uma Breve História do Tempo* de Hawking, p. 174

Acho que há também um quinto tipo de contingência, que é encontrado nas leis de "alto nível", associado com as propriedades de organização de sistemas complexos. Eu dei uma explicação completa do que quero dizer com essas leis em meu livro *The Cosmic Blueprint*, então portanto, limitar-me a apenas alguns exemplos. Eu mencionei as leis genéticas de Mendel, que perfeitamente consistente com as leis subjacentes da física não podem ser derivadas das leis da física. Do mesmo modo, diversas leis e regularidades encontradas em

sistemas caóticos, ou sistemas de auto-organização não depende apenas das leis da física, mas também a natureza específica dos sistemas em causa. Em muitos casos, as formas precisas de padrões de comportamento adotado por esses sistemas contam com uma flutuação microscópica acidental, pelo que devem ser consideradas a priori indeterminista. Essas leis e regularidades de alto nível, portanto, ter recursos significativos contingentes acima e além das leis normais da física.

O grande mistério sobre a contingência não é que o mundo poderia ter sido de outra maneira, mas que é contingentemente *ordenado*. Esta é, inevitavelmente, mais visível na esfera biológica, onde os organismos terrestres são claramente dependentes de suas formas (poderia facilmente ter sido diferente), mesmo quando existe uma ordem visível e difundida na biosfera. Se os objetos e eventos no mundo eram meramente acessórias e em nenhuma ordem especialmente significativa, sua ordem particular ainda seria misteriosa. Mas o fato de que as características contingentes do mundo são também organizadas de acordo com os padrões, sem dúvida, é profundamente revelador.

Outra característica altamente relevante da contingência ordenada do mundo diz respeito da natureza dessa ordem, que é tal que dá uma unidade racional do cosmos. Além disso, esta ordem holística é *inteligível* para nós. Estas características tornam o mistério muito, muito mais profundo. Mas seja qual for a explicação todo o empreendimento científica é construído sobre o mesmo. "É a combinação da contingência, a racionalidade, liberdade e estabilidade do universo", escreve Torrance, "que lhe dão um caráter especial, e fazer a exploração científica do universo não é apenas possível, mas obrigatória para nós. ... É através da confiança na união indissolúvel entre contingência e ordem no universo, as ciências naturais têm sido capazes de operar com a interligação distintiva entre experimento e teoria que tem caracterizado os nossos maiores avanços na compreensão do mundo físico. "[126]

Minha conclusão é que o universo físico não é obrigado a existir como ele é, poderia ter sido de outra maneira. Neste caso, voltamos ao problema do porquê é. Que tipo de explicação poderíamos encontrar para a sua existência e sua forma extraordinária?

Permitam-me que a primeira tentativa bastante trivial de propor uma explicação que as vezes é proposto. Tem sido argumentado por alguns que tudo no universo pode ser explicado em termos de outra coisa, e isso em termos de outra coisa, e assim por diante uma cadeia infinita. Como mencionado no Capítulo 2, alguns defensores da teoria do estado não transitório tem usado esse raciocínio, partindo do princípio que o universo não tem origem no tempo nesta teoria. No entanto, é completamente errado supor que uma cadeia infinita de

explicações é satisfatória tendo em conta que cada membro da cadeia é explicada pelo próximo membro. Percebi que você é deixado com o mistério de por que uma cadeia *particular* existe, ou porque não existe tal cadeia. Leibniz expressou este ponto eloquentemente nos convidando a considerar um conjunto infinito de livros, cada cópia da mesma acima. Para dizer que o conteúdo do livro é, portanto, explicado é um absurdo. Ainda temos o direito de perguntar quem é o autor.

Eu acho que, se perseverarmos com o princípio da razão suficiente e demanda uma explicação racional para a natureza, então não temos escolha a não ser olhar para algo além ou fora do mundo físico - em algo metafísico - porque, como vimos, um universo contingente não pode conter em si uma explicação para si mesmo. Que tipo de agência metafísica pode ser capaz de criar um universo? É importante se precaver contra a imagem ingênua de um Criador produzindo um universo em algum ponto no tempo, por meio sobrenatural, como um mágico puxando um coelho de uma cartola. Como expliquei em detalhes, a criação não consiste apenas em causar o big-bang. Ao contrário, estamos procurando algo mais sutil, a noção atemporal da criação, que, usando a frase de Hawking, respira fogo nas equações e, em seguida promove apenas possível à existência real. Esta agência é criativa no sentido de ser responsável, de alguma forma pelas leis da física que regem, entre outras coisas, como a mudança do espaço - tempo.

Naturalmente, os teólogos afirmam que a agência criativa que oferece uma explicação para o universo é Deus. Mas que tipo de agência seria isso? Se Deus fosse uma mente (ou Mente), poderíamos descrever mais bem como uma pessoa. Mas nem todos os teístas aceitam a necessidade para isso. Alguns preferem pensar em Deus como Ser em si mesmo ou como uma Força Criativa e não como uma Mente. Certamente, pode ser que essas mentes e as forças não são as únicas agências que tenham poder criativo. O filósofo John Leslie, defendeu que uma "exigência ética" poderia fazer o trabalho, uma ideia que remonta a Platão. Em outras palavras, o universo existe porque é bom que assim seja. "Acreditar em Deus", escreve Leslie, "torna-se a acreditar que o universo existe porque deve." [127]. A idéia parece estranha. Como pode uma "exigência ética" criar o universo? Deixe-me repetir, no entanto, que não estamos falando de uma criação no sentido causal, como quando um construtor mecânico constrói uma casa. Estamos a falar de "cuspir fogo" nas equações que codificam as leis da física, promovendo a apenas possível com o real. Que tipo de entidades pode "cuspir fogo" neste sentido? Obviamente coisas não materiais e familiares. Se você tivesse uma resposta, ele teria que ser algo muito abstrato e estranho. Não há nenhuma contradição lógica em atribuir o poder criativo de qualidades éticas ou estéticas. Mas também não há necessidade lógica para isso. Leslie sugere, no entanto, pode haver um sentido fraco e incoerente de necessidade envolvidos: que a "bondade" de alguma forma

pode ser obrigado a criar um universo, porque é bom para fazer isso.

Se a pessoa está disposta a continuar com essa idéia de que o universo não é sem razão, e se por conveniência que chamamos de Deus que a razão (se se tem em mente uma pessoa, uma força criadora, uma exigência ética, ou um conceito que não é feito ainda), então a primeira questão abordada é: Em que sentido se pode dizer que Deus é responsável pelas leis da física (e outras características contingentes do mundo)? Para este conceito fazer sentido, Deus deve selecionar o nosso mundo de alguma forma entre muitas alternativas. Deve haver algum elemento de escolha envolvidos. Alguns universos possíveis devem ser descartados. Então, que tipo de Deus poderia ser isso? Supomos que ele deve ser racional. Não faz sentido invocar um Deus irracional, nesse caso, devemos também aceitar um universo irracional. Também deve ser onipotente. Se Deus não fosse onipotente, então seu poder seria limitado de qualquer maneira, mas isso pode limitar esse poder? Por sua vez, gostaria de saber como essa limitação se origina, e o que determina a forma de restrições: exatamente o que pode e o que não pode fazer Deus. (Note que mesmo um Deus onipotente está sujeito às restrições de lógica. Deus não poderia fazer um círculo quadrado, por exemplo) Por um raciocínio semelhante, Deus tem que ser perfeito, por que produzir um defeito?

Também teria de ser onisciente - ou seja, deve estar ciente de todas as alternativas possíveis lógicas- isso seria em condições de fazer uma escolha racional.

126. "Divine and Contingent Order" de Torrance, pp 21, 26

127. "Science and Value " por John Leslie (Basil Blackwell, Oxford, 1989), p. 1.

O melhor dos mundos possíveis?

Leibniz desenvolveu o argumento acima em detalhes, como uma tentativa de provar, com base na racionalidade do cosmos, como existe um Deus. Concluído isso, o argumento cosmológico que um ser racional, onipotente, onisciente, perfeito e deve inevitavelmente escolher o melhor dos mundos possíveis. O motivo? Se um Deus perfeito conscientemente escolheu um mundo que não é perfeito, seria irracional. Exigiria uma explicação para essa escolha peculiar. Mas que possível explicação poderia ser isso?

A noção de que o nosso é o melhor dos mundos possíveis não é aceito por muitas pessoas. Leibniz (sob o pseudônimo de Dr. Pangloss) foi selvaticamente satirizado por Voltaire neste momento "Oh Dr. Pangloss! Se este é o melhor dos mundos possíveis, como deve ser o outro? "A objeção geralmente incide sobre o problema do mal. Podemos imaginar um mundo no qual, por exemplo, não há dor ou sofrimento. Não seria um mundo melhor?

Deixando as questões éticas de lado, ainda poderia haver algum sentido físico em que o nosso é o melhor dos mundos possíveis. A riqueza e a complexidade do mundo físico são realmente impressionantes. Às vezes parece como se a natureza tivesse ido "fora do curso" na produção de um universo interessante e proveitoso. Freeman Dyson tentou capturar essa propriedade no princípio da diversidade máxima: as leis da natureza e as condições iniciais são tais que tornam o universo tão interessante quanto possível. Aqui o "melhor" é interpretado "mais rico", no sentido de uma maior variedade e complexidade dos sistemas físicos. O truque é fazer com que ela de alguma forma matematicamente precisa.

Recentemente, os físicos matemáticos Julian Barbour e Lee Smolin avançou uma proposta imaginativa de como isso pode ser alcançado. Conjetura de que há um princípio fundamental da natureza que produz um universo maximamente diversificado. Isto significa que as coisas se organizaram a si mesmas para produzir a maior variedade, no sentido de ser definido com precisão. Leibniz sugeriu que o mundo exibia a maior variedade de temas no mais alto grau de ordem. Por mais impressionante que pareça, faz pouco menos que possa ser dado um claro significado matemático. Smolin e Barbour, partiu deste, ainda que modestamente. "Variedade" definido para o mais simples possível: um conjunto de pontos conectados por uma rede de linhas, como o mapa de rotas aéreas. Os matemáticos chamam isso de "gráfico." Os pontos e as linhas não precisa corresponder a objetos reais no espaço, que representa algum tipo de Interconexão resumo pode ser estudado por si só. Obviamente haverá gráficos simples e complexos, dependendo de como as linhas são colocados sobre ela. Você pode encontrar gráficos que são bem em certo sentido bem definidos, as opiniões mais diversas de todos os locais (pontos) diferentes. O desafio é relacionar tudo isso com o mundo real. Quais são essas linhas e pontos? A sugestão é que eles são algum tipo de representação abstrata de partículas no espaço tridimensional, e que a noção de distância entre as partículas podem surgir naturalmente a partir do gráfico de relacionamento. Nesta fase, a ideia continua a ser muito incompleta, mas mostra pelo menos o tipo de coisa que os teóricos podem fazer para ampliar seus horizontes em sua aproximação com a natureza das leis físicas.

Outras formas de otimização podem ser imaginadas, de diferentes maneiras em que podemos ser o melhor dos mundos possíveis. Eu mencionei que as leis da física são como

um código cósmico, uma "mensagem" misteriosamente gravada sobre os dados de nossas observações. John Barrow havia especulado que a legislação específica do nosso universo pode representar algum tipo de codificação de eficiência. Agora, mais do que os cientistas sabem sobre códigos e transmissão da informação é o resultado do trabalho pioneiro de Claude Shannon, nos dias da II Guerra Mundial, cujo livro sobre a teoria da informação se tornou um clássico. Um dos problemas que Shannon abordou foi o efeito de uma mensagem transmitida por um canal ruidoso. Todos nós sabemos como o ruído na linha telefônica podem fazer conversa difícil, muitas vezes, e um ruído degrada as informações. Mas o problema pode ser resolvido através da codificação da mensagem com a redundância adequada. Este é o princípio por trás de alguns sistemas de comunicação modernos. Carrinho de mão estendida a idéia para as leis da natureza. A ciência é, afinal, um diálogo com a natureza. Quando fazemos experimentos, nós estamos em algum sentido questionando a natureza. Além disso, as informações que recebemos nunca é pura, é degradado por todos os tipos de "ruído" chamado erro experimental, causada por diversos fatores. Mas como tenho enfatizado a natureza da informação não é texto puro, é criptografada. Barrow propôs que este código cósmico pode ser estruturado especificamente para otimizar a transmissão de informações em analogia com a teoria de Shannon: "Para garantir a fidelidade do sinal arbitrariamente alto, a mensagem deve ser codificada de uma maneira especial. ... De uma forma estranha metafórica a Natureza parece ter sido 'encriptada' em qualquer uma dessas coisas se encaixam." [128] Isso pode explicar o nosso sucesso notável na decodificação da mensagem e descobrir as leis generalizadas.

Outro tipo de otimização relacionada com a forma matemática das leis da natureza frequentemente citado diz respeito à sua simplicidade. Einstein resumiu a questão ao escrever: "A nossa experiência até então justifica-nos a acreditar que a natureza é a realização das idéias matemáticas mais simples." [129] Isso certamente é misterioso. "É intrigante o suficiente para tornar o mundo descrito por matemática", escreve Barrow, "mas matemática simples, do tipo que de alguns anos de estudo são fortes o suficiente para se familiarizar com ele, é um mistério dentro do enigma." [130] Por outro lado, vivemos no melhor dos mundos possíveis em que ele tem a descrição matemática mais simples possível? No início deste capítulo expõe as razões porque eu acho que não. E o mundo tão simples quanto possível para permitir a existência de complexidade biológica? Novamente, como já expliquei, acho que a resposta é não, mas esta hipótese é menos aberta à investigação científica. Podemos escrever as equações da física e depois jogar com eles um pouco para ver que diferença faz. Desta forma, os teóricos podem construir modelos artificiais do universo para verificar matematicamente se pode suportar a vida. Para estudar esta questão é invertido um esforço considerável. -A maioria dos pesquisadores concluem

que a existência de sistemas complexos, especialmente os sistemas biológicos, é bastante sensível à forma das leis da física, e isso significa que em alguns casos, a menor das mudanças destrói a possibilidade de surgimento da vida, pelo menos como a conhecemos. Este tópico é conhecido como o Princípio Antrópico, porque diz respeito a nossa existência como observadores do universo com as leis e condições. Retorne a este no capítulo 8.

É claro, exigir que as leis admitam organismos conscientes, em alguns casos pode ser chauvinista. Pode haver muitas maneiras em que as leis eram especiais, e possuindo todos os tipos de propriedades matemáticas de que ainda estamos sem ser detectado. Há muitos números obscuros que poderiam ser maximizadas ou minimizadas essas leis particulares. Simplesmente não sabemos.

128. O Mundo Dentro do Mundo por Barrow P. 292

129. Ibid., P. 349

130. Teorias de Tudo por Barrow, P. 2

A beleza como guia para a verdade

Até agora eu vivia em matemática. Mas talvez as leis são distintas dos outros mais sutis como o seu valor estético. Acredita-se amplamente entre os cientistas que a beleza é um guia confiável para a verdade, e muitos avanços na física teórica foram feitas exigentes na elegância matemática e a nova teoria. Às vezes, quando os testes de laboratório são difíceis, esses critérios estéticos é considerado ainda mais importante do que o experimento. Einstein, ao discutir um teste experimental de sua teoria da relatividade foi uma vez questionado sobre o que aconteceria se o experimento não corresponder à teoria. Não se perturbou com a possibilidade "Tanto pior para o experimento", disse ele. "A teoria está correta!" Paul Dirac, o físico teórico cujas deliberações estéticas o levou a construir uma equação matemática mais elegante para o elétron, o que levou a predição bem-sucedida de antimatéria, ecoou estes sentimentos quando ele julgou que "É mais importante ter beleza em uma equação que se encaixa nesse experimento."

A elegância matemática não é um conceito fácil de transmitir para aqueles não familiarizados com a matemática, mas é entusiasticamente apreciado pelos cientistas profissionais. Como todos os juízos de valor estético são altamente subjetivos. Ninguém

inventou um "medidor de beleza" que pode medir o valor estético das coisas sem se referir aos critérios humanos. Pode-se dizer realmente que certas formas matemáticas são intrinsecamente mais belas do que outras? Talvez não. Neste caso é muito estranho que a beleza é tão bom guia na ciência. Por que as leis do universo parecem belas aos seres humanos? Sem dúvida, há fatores biológicos e psicológicos trabalhando na estruturação de nossa impressão do que é belo. Não surpreendentemente, a forma feminina é atraente para os homens, por exemplo, e as linhas curvas de muitas belas esculturas, pinturas e estruturas arquitetônicas, sem dúvida, são referências sexuais. A estrutura e o funcionamento do cérebro também podem ditar que seja agradável aos nossos olhos e ouvidos. A música pode refletir ritmos do cérebro de alguma forma. Em qualquer caso, no entanto, há algo estranho aqui. Se a beleza é apenas biologicamente programados, selecionados apenas pelo seu valor de sobrevivência, é mais surpreendente que emergir no mundo esotérico da Física fundamental, que não tem ligações com a biologia. Por outro lado, se a beleza é mais do que a biologia em operação, e a nossa apreciação estética é devido ao contato com algo mais firme e mais ampla, então é certamente um fato muito significativo que as leis fundamentais do universo parecem refletir que a "coisa".

Anteriormente, vimos alguns cientistas de renome expressar o sentimento de que sua inspiração veio de alguma forma de contato mental com um reino platônico das formas matemáticas e estéticas. Roger Penrose é particularmente franco sobre sua crença na mente criativa "quebrar" no reino platônico vislumbrar formas matemáticas que são de alguma forma bonita. Na verdade, ele cita a beleza como um princípio orientador em muitos de seus trabalhos matemáticos. Pode parecer surpreendente para os leitores que têm uma imagem da matemática como uma disciplina impessoal, fria, seca e rigorosa. Mas, como Penrose explica: "Os argumentos rigorosos são geralmente a última etapa! Antes que alguém teve de fazer muitas suposições, e para eles as convicções estéticas com muito importantes. [131]"

131. A Mente Nova do Rei - Computadores, Mentes e as Leis da Física (Oxford University Press, Oxford, 1989) p 421

Será que Deus é Necessário?

"O homem tem dois olhos

Um só vê o que se move fugaz no tempo

O outro

O que é eterno e divino "

O Livro de Angelus Silesius

Continuando com a questão de que se nesse sentido, poderíamos estar vivendo no melhor dos mundos possíveis, temos de enfrentar um problema ainda mais profundo.

Simplificando, se o universo realmente tem uma explicação e não pode explicar-se, então ele deve ser explicado por algo externo a ele - por exemplo, Deus. Mas o que, então, explica Deus? Esse dilema de todos os tempos "quem fez Deus" nos coloca em perigo de serem pegos em uma regressão infinita. A única saída, ao que parece, é assumir que Deus pode de alguma forma "se explicar", que é dizer que Deus é um ser necessário, no sentido técnico explicado anteriormente neste capítulo. [132] Mais precisamente, se Deus provê a razão suficiente [133] para o universo, então segue-se que deve ser necessário, porque se Deus é contingente, então a cadeia de explicações seria ainda inacabada, e pode querer saber quais foram os fatores por trás de Deus de que a sua existência dependente da natureza. Mas pode fazer sentido para nós a noção de um ser necessário, um ser que contém todo dentro da razão de sua própria existência? Muitos filósofos têm argumentado que a idéia é incoerente ou sem sentido. Certamente, os seres humanos não são capazes de compreender a natureza de tal ser. Mas isso não significa que a noção de um ser necessário é auto-contraditório.

Para começar a entender o conceito de um ser necessário, pode-se começar a perguntar se alguma coisa seja necessária. Considere a seguinte declaração: "Há pelo menos uma proposição verdadeira." Vamos chamar essa proposição A. Um é necessariamente verdadeira? Suponha que eu digo que A é falsa. Chame essa proposição B: "A é falsa." Mas, se A é falsa, então B é também porque B é uma proposição e, se A é falsa não há proposição verdadeira. Portanto, uma deve ser verdadeira. Por conseguinte, é logicamente impossível que não existem proposições verdadeiras.

Se existem proposições necessárias, então a noção de um ser necessário é obviamente absurda. O Deus tradicional da teologia cristã, desenvolvido em grande parte por Santo Tomás de Aquino no século XIII, é um ser necessário, atemporal, imutável, perfeito e que não muda, do qual o universo depende inteiramente de sua existência, mas que o contrário é totalmente não afetado pela existência do universo. Embora a demanda para a racionalidade parece convencer uma imagem de Deus como a explicação última do mundo, há uma séria dificuldade em relacionar esse Deus com um mundo contingente e mutável, especialmente um universo contendo os seres com livre-arbítrio. Como expressou uma vez o filósofo ateu A.J Ayer, de proposições necessárias só se deduzem proposições necessárias. Esta devastadora contradição estava escondido na espera, no coração da teologia ocidental, desde

Platão. Para Platão, como vimos, o próprio conceito de "racional" estava ligado à existência de um mundo abstrato de Formas eternos, imutáveis e perfeitos, que para ele são a única verdade real. E nesse reino imutável estava o objeto imutável do conhecimento final, o Bem. Em contraste, o mundo percebido diretamente das coisas materiais é sempre em um estado de fluxo. A relação entre o mundo eterno das Formas e as mudanças no mundo da matéria é profundamente problemático. Como explicado no Capítulo 1, Platão propôs a existência de um Demiurgo, que é localizado no tempo, e que molda a matéria da melhor forma possível, utilizando as Formas como modelo. Mas desta forma ingênua de conciliar a alteração com o imutável, perfeito e imperfeito, só serve para ressaltar a seriedade do paradoxo conceitual que segue os passos de qualquer explicação da contingência.

132. Algo é contingente, poderia ter sido de outra maneira, então a razão é a maneira como ele depende de algo mais, algo além de si mesmo. Algo é necessário que seja completamente independente de qualquer outra coisa. Uma coisa necessária tem a sua razão em si, e permanecerá inalterado, se tudo foi diferente. É necessário não contingente. NT
133. "Princípio da Razão Suficiente" Os estados que tudo no mundo é como é por alguma razão, que o mundo é ao mesmo tempo racional e inteligível. NT

É importante entender que o paradoxo é apenas uma questão técnica do debate teológico, é uma consequência inevitável de certos métodos racionais de explicação. Descartes e seus seguidores têm procurado as raízes da nossa percepção do mundo sobre a base de segurança intelectual. Se você aderir a essa tradição, então, em nossa busca das mais seguras formas de conhecimento, somos inevitavelmente guiados a conceitos atemporais como a matemática e a lógica, porque a verdade real, por definição, não pode mudar ao longo do tempo. E a confiabilidade deste reino abstrato é assegurado porque os seus elementos estão ancorados uns aos outros pela certeza da necessidade lógica. No entanto, o mesmo mundo de experiências que buscamos explicar é dependente do tempo e contingente.

A tensão que este desequilíbrio gera permeia a ciência como seguramente a religião. Vemos a confusão interminável em torno de nós, tentando reconciliar as leis eternas da física para a existência de uma "seta do tempo" no universo. Vemos debates ferozes sobre o balanceamento de uma gradual evolução biológica com a mutação imóvel. E vemos o choque de paradigmas que vêm com o recente trabalho de auto-organização dos sistemas, a recepção hostil que indica profundos preconceitos culturais.

A única contribuição do pensamento cristão dessa tensão é a doutrina da criação *ex nihilo*, a

qual introduzi no Capítulo 2. Aqui foi uma tentativa louvável para quebrar o paradoxo, propondo um ser atemporal e necessário que pelo poder divino trouxe à existência de um universo material (não em tempo) como um ato de livre escolha. Afirmar que a criação é algo diferente do que o Criador, algo que Deus não criou mas optou por fazê-lo, os cristãos fugiram das limitações do sistema alternativo de emanção divina, onde o universo físico é derivado diretamente da essência de Deus e, portanto, impregnado de suas propriedades necessárias. O elemento chave introduzido aqui é o divino. Por definição de livre-arbítrio implica a contingência, porque dizemos que uma escolha é livre somente se ela poderia ter sido outra. Portanto, se Deus é dotado de liberdade de escolher entre diferentes mundos possíveis, a contingência do mundo real é explicada. No entanto a procura de inteligibilidade é preservado por atribuir a Deus uma natureza racional, garantindo assim uma escolha racional.

Este parece ser um progresso real. Parece como se a criação *ex nihilo* resolve o paradoxo de como uma mudança e contingente pode ser explicado por uma condição necessária e atemporal. Infelizmente, apesar dos esforços de gerações de filósofos e teólogos para desenvolver esta ideia em um sistema coerente, continuam a ser grandes obstáculos. O principal é entender por que Deus escolheu criar esse mundo particular sobre os outros. Quando os seres humanos escolhem livremente, sua escolha é colorida por nossa natureza. "Portanto, podemos dizer a respeito da natureza de Deus? Presumivelmente, que é determinada por sua necessidade. Em primeiro lugar, não quero lidar com a possibilidade de que possa haver diferentes tipos de Deus, porque então nós não teríamos ganhado nada, invocando-lo. Ficamos com o problema de explicar por que Deus particular existe em detrimento de outro. A ideia de Deus é invocado como um ser necessário é garante que ele é único: a sua natureza, não poderia ter sido outra. Mas se a natureza de Deus é determinada por suas necessidades, ele poderia ter optado por criar um universo diferente? Somente se a sua escolha não é racional em tudo, mas caprichosa, o equivalente teísta de jogar uma moeda. Mas então não é arbitrário, e também poderia ser confrontado com um universo arbitrário.

O filósofo Keith Ward fez um estudo detalhado pelo embate entre a necessidade de Deus e contingência do mundo. Ele resume o dilema essencial da seguinte forma:

"Primeiro de tudo, se Deus é verdadeiramente auto-suficiente, como o axioma de inteligibilidade parece exigir isso, como pode ser que ele iria criar um mundo? Parece um exercício arbitrário e sem sentido. Por outro lado, se Deus realmente é um ser imutável e

necessário, como ele pode ter liberdade de escolha?; Claro que tudo teve de ser feito em caso de necessidade e sem qualquer possibilidade de alterar o velho dilema - os atos de Deus são necessários e, portanto, não livres (que não poderia ser diferente), ou mesmo são livres e, portanto, arbitrários (não determinada como deveriam ser) - foi suficiente para virar a grande maioria dos filósofos cristãos de todas as épocas .. " [134]

O problema é que de qualquer forma que se corta o bolo, se volta para a mesma dificuldade básica de que a verdadeira contingência não surge de inteira necessidade:

"Se Deus é o criador ou causa de um mundo contingente, ele deve ser contingente e temporal, mas se Deus é um ser necessário, então tudo o que ele causa deve ser necessariamente causado sem alterações. Nesta roca as duas interpretações do teísmo se chocam. A procura de inteligibilidade requer a existência de um ser necessário, imutável e eterno. A Criação parece exigir um Deus contingente e temporal, que interage com a criação e é, portanto, auto-suficiente. Mas, como se pode ter os dois? " [135]

E noutra passagem:

"Como pode um ser que é necessário e imutável, ter o poder de fazer tudo? Se for necessário, não poderia fazer qualquer coisa que fez. Sendo imutável, ele não poderia fazer nada de novo ou original. ... Mesmo se a criação poderia ser visto como um ato divino e atemporal, a verdadeira dificuldade permanece, o que, sendo Deus absolutamente necessário, isso seria um ato necessário, que não poderia ter sido diferente de qualquer forma. Esta visão ainda está em tensão com a vertente central da tradição cristã: a saber, que Deus não precisa ter criado o universo, e que não precisava ter criado justamente este universo. Como alguém pode ser necessário para ser livre de alguma maneira? " [136]

O mesmo ponto é observado por Schubert Ogden:

"Os teólogos nos dizem frequentemente que Deus criou o mundo livremente, tal como o mundo contingente e não necessário que a nossa experiência nos revela. ... Ao mesmo tempo, por causa de seu compromisso inabalável com os pressupostos da metafísica clássica, os teólogos costumam dizer-nos que o ato criativo de Deus tem a sua essência eterna, que é necessário em todos os aspectos, exclusivo, de qualquer contingência. Portanto, se tomarmos suas palavras, dando peso igual a ambos os pedidos, vamos estar em contradição sem esperança de uma criação totalmente necessária de um mundo totalmente contingente .." [137]

Se tem escrito volumes por filósofos e teólogos, numa tentativa de quebrar essa flagrante contradição. Por razões de espaço só falarei uma rota de fuga em particular, é bastante óbvio.

134. "Rational Theology and the Creativity of God" por Kevin Ward (Pilgrim Press Princeton, 1988), p. 588

135. Ibid., P. 349

136. Ibid., Pp. 216-17

137. The Reality of God , de Schubert M. Ogden (SCM Press, Londres, 1967), p. 17

Um Deus bipolar e a Nuvem de Wheeler

Como vimos, Platão confronta o paradoxo de contingência versus necessidade de propor dois deuses, um necessário, e outro contingente: Deus e o Demiurgo. Talvez as exigências do monoteísmo podem ser atendidas, argumentando que isso pode realmente ser legitimamente descrito como dois aspectos complementares de um único Deus "bipolar". Esta é a posição assumida pelos defensores do que é conhecido como "Teologia do Processo."

O pensamento do Processo é uma tentativa de ver o mundo não como uma coleção de objetos, ou mesmo como um conjunto de eventos, mas como um *processo* com uma direção definida. O fluxo de tempo, portanto, desempenha um papel fundamental na filosofia do processo, o qual afirma a primazia de ser sobre o ser. Em contraste com a visão mecanicista do universo que emerge a partir da obra de Newton e seus associados, a filosofia do processo enfatiza a abertura e a indeterminação da natureza. O futuro não está implícito no presente: não há escolha de alternativas. Portanto, se atribuí a natureza certa classe de liberdade que estava ausente no universo mecânico de Laplace. Esta liberdade aparece para

o abandono do reducionismo: o mundo é mais do que a soma de suas partes. Temos de rejeitar a idéia de que um sistema físico, como uma pedra ou uma nuvem ou um indivíduo, *nada mais é* do que uma coleção de átomos, e em vez disso reconhecem a existência de muitos níveis diferentes de estruturas. Um ser humano, por exemplo, certamente é uma coleção de átomos, mas há níveis superiores de organização que estão perdidos pela pobre descrição e que são essenciais para definir o que entendemos pela palavra "pessoa". Visualizando sistemas complexos como uma hierarquia nível organizacional, a visão simples de causalidade de "particular para o geral" [138] em termos de partículas elementares que interagem uns com os outros, deve ser substituída por uma formulação mais sutil, em que níveis mais elevados podem atuar em níveis inferiores também. Isso serve para introduzir elementos da teleologia, ou o comportamento-alvo nos assuntos mundiais. O pensamento do processo leva naturalmente a visão orgânica ou ecológica do universo, lembrando da cosmologia aristotélica. Ian Barbour descreve a visão do processo da realidade como a visão que o mundo é uma comunidade interdependente de vida mais do que um conjunto de engrenagens de uma máquina.

138. "bottom-up" no original NT

Apesar que o fio condutor do pensamento do Processo tem um lugar muito estabelecido na história da filosofia, só tem sido nos últimos anos, que se tornou popular na ciência. O surgimento da física quântica, na década de 30 acabou com a idéia de que o universo era uma máquina determinística, mas trabalhos recentes sobre o caos, auto-organização e teoria de sistemas não-lineares têm sido os mais influentes. Estas questões têm forçado os cientistas a pensar cada vez mais sobre sistemas abertos, que não são rigidamente determinadas por seus componentes, pois podem ser influenciados pelo ambiente. Normalmente, os sistemas abertos e complexos, podem ter uma incrível sensibilidade a influências externas, e isso causa um comportamento imprevisível, dando-lhes algum tipo de liberdade. O que foi surpreendente é que os sistemas abertos também pode exibir um comportamento ordenado, seguindo as leis de formação, apesar de ser indeterminista e estar à mercê de aparentemente aleatórios choques externos. Parece haver princípios gerais de organização que monitora o comportamento de sistemas complexos em níveis organizacionais mais elevados de organização, começando a existir ao longo das leis da física (que operam no nível mais baixo das partículas elementares). Estes princípios de organização são coerentes, mas não pode ser reduzidos ou derivadas, as leis da física. Os cientistas então descobriram a qualidade fundamental de ordem do contingente. Uma discussão mais detalhada destes tópicos pode ser encontrada em *The Cosmic Blueprint e*

The Matter Myth.

O pensamento do Processo foi introduzido na teologia pelo filósofo e matemático Alfred North Whitehead, que foi co-autor com Bertrand Russell, do fundamental e inspirador trabalho *Principia Mathematica*. Whitehead sugeriu que a realidade física é uma rede que ligue o que ele chamou de "ocasiões reais", estes sendo mais do que simples eventos, porque são investidos com uma realidade e percepção interna que se perde na visão mecanicista do mundo. O ponto central na filosofia de Whitehead é que Deus é responsável por ordenar o mundo, não através da intervenção direta, mas fornecendo várias potencialidades que o universo físico é livre para alcançar. Desta forma, Deus não compromete a abertura e indeterminação essencial do universo, mas é ainda assim em condições de promover uma tendência para o bem. Traços dessa influência indireta e sutil pode ser discernida na natureza progressiva da evolução biológica, por exemplo, e a tendência do universo de auto-organização em uma rica variedade de formas cada vez mais complexas. Whitehead, portanto, substitui a imagem monárquica de Deus como um governante onipotente e criador para aquela de um participante no processo criativo. Já não é auto-suficiente e imutável, mas influente e influído pela reveladora realidade do universo físico. Por outro lado, Deus não é, portanto, plenamente incluído no decorrer do tempo. Suas características básicas e propósitos permanecem imutáveis e eternos. Assim, a atemporalidade e a temporalidade são combinadas em uma única entidade.

Algumas pessoas também afirmam que um Deus "bipolar" também pode combinar necessidade e contingência. Aceitar isso significa ainda a renunciar a toda esperança de que Deus seja simples na sua perfeição divina, como supôs Aquino. Keith Ward, por exemplo, propôs um modelo complexo para a natureza de Deus, algumas partes que possam ser necessárias e outras contingentes. Tal Deus, mas necessariamente existente, é, no entanto, mudado por sua criação, e sua ação criadora, que inclui um elemento de abertura e liberdade.

Devo confessar que eu tive que lutar duro para entender a convolução filosófica necessária para justificar um Deus bipolar. A ajuda veio, no entanto, de uma fonte inesperada: a física quântica. Permitam-me reiterar, mais uma vez a mensagem central da incerteza quântica. Uma partícula como um elétron não pode ter bem definido a posição e seu *momentum* [139], ao mesmo tempo. Você pode fazer uma medida de posição e um valor exato, mas neste caso o valor do *momentum* é totalmente incerto, e vice-versa. Para um estado quântico geral é impossível dizer de antemão qual o valor é obtido pela medida: você só pode atribuir probabilidades. Então, quando você está fazendo uma medição de posição em tal estado,

está disponível uma gama de resultados. O sistema é, portanto, indeterminista - poderíamos dizer, a liberdade de escolher entre uma gama de possibilidades - e os resultados reais é contingente. Por outro lado, a experiência determina se a medição é a posição ou força, pois a classe de alternativas (por exemplo, um intervalo de valores para a posição ou o intervalo de valores do momento) é determinada por um agente externo, em ambos os elétrons está em causa, a natureza da alternativas é necessariamente fixa, enquanto a alternativa realmente aprovada é contingente.

139. *momentum* montante de movimento NT

Para tornar isso mais claro, deixe-me contar uma parábola, de John Wheeler. Wheeler foi inconscientemente tema de uma variante do jogo de vinte perguntas. Lembre-se que no jogo convencional os jogadores concordam em uma palavra, e o sujeito tenta adivinhar a palavra, pedindo até vinte perguntas. Só pode ser respondido Sim ou Não. Na versão variante, Wheeler começou por fazer as perguntas do costume: É grande? Ele está vivo? etc. No início, a resposta veio rapidamente, mas a medida que o jogo avança, tornaram-se mais lentas e hesitantes. Eventualmente, ele tentou a sua sorte: "Será uma nuvem?" A resposta foi: "Sim!" Logo então todos se estouraram em risadas. Os Jogadores revelaram que para brincar com Wheeler não haviam escolhido qualquer palavra de antecedência. Em vez disso, concordou em responder perguntas por puro acaso, sujeito apenas à coerência do mesmo com as respostas anteriores. No entanto, uma resposta foi obtida. Esta resposta obviamente contingente não tinha sido previamente determinada, mas não foi arbitrária: a sua natureza havia sido determinado em parte pelas perguntas que Wheeler indicou perguntar, e em parte por puro acaso. Da mesma forma, a realidade exposta à medida quântica é determinada em parte pela questão de que a experiência faz a natureza (por exemplo, se você perguntar para uma posição definitiva ou momento definido) e, em parte, por acaso (por exemplo, incerteza dos valores obtidos para estas quantidades).

Voltando agora à analogia teológica. Essa mistura de contingência e da necessidade é de um Deus que determina necessariamente mundos alternativos que estão disponíveis para a natureza, mas deixa a natureza aberta da liberdade de escolha entre alternativas. Na teologia do processo é a conjectura de que as alternativas são estabelecidas com a finalidade de alcançar um resultado valorizado - por exemplo, conduzir ou tender para o universo (do contrário, sem restrições) a evoluir para algo bom. Mesmo dentro deste contexto dirigido permanece aberto. O mundo não é nem arbitrário nem totalmente determinado, mas como a nuvem de Wheeler, uma mistura íntima do acaso e de escolha.

Será que Deus existe?

Até agora, neste capítulo, fui tirar as consequências dos argumentos cosmológicos para a existência de Deus. Estes argumentos não tentam estabelecer que a existência de Deus é uma necessidade lógica. Alguém poderia imaginar que certamente nem Deus nem o universo existe, ou que o universo existe sem Deus. Não parece haver nenhuma contradição em nenhum desses problemas. Assim mesmo se o conceito de entidade necessário fazia sentido, não se segue que tal ser existe, muito menos tem de existir.

A história da teologia, no entanto não tem tentativas de provar que a inexistência de Deus é logicamente impossível. Este argumento é conhecido como o "argumento ontológico" que remonta para Santo Anselmo, e é algo como isto. Deus é definido como a melhor coisa possível. Agora, qualquer coisa existente é obviamente maior do que a simples idéia de que. (Uma pessoa real - por exemplo, o famoso Fabian de Scotland Yard - é maior do que um personagem de ficção, como Sherlock Holmes.) Portanto, um Deus realmente existente é maior do que um deus imaginário. Mas como Deus é a maior coisa que se possa imaginar, se deduz que deve existir.

O fato de que o argumento ontológico cheira a lógica truculenta deteriora sua força teológica. Na verdade ele tem sido levado muito a sério por muitos filósofos, durante anos, mesmo que brevemente, pelo ateu Bertrand Russell. No entanto, mesmo os teólogos geralmente não são bem preparados para defendê-la. Um dos problemas reside no tratamento da "existência" como se fosse uma propriedade das coisas, como a massa ou a cor. Uma vez que o argumento obriga a se comparar o conceito de deuses que existem realmente para os deuses que não existem. Mas a existência não é o tipo de atributo que pode ser colocado com outras propriedades físicas normais. Eu posso falar com uma sensação de ter cinco moedas pequenas e seis moedas grandes no meu bolso, mas o que isso significa para mim dizer que eu tenho cinco moedas existentes e seis moedas inexistentes?

Outro problema adicional com o argumento ontológico é a exigência que Deus explica o mundo, pois não é suficiente que exista um ser necessário que logicamente não é de forma alguma relacionado com o mundo. É difícil ver como um ser que existe no reino da pura lógica pode explicar as propriedades contingentes do mundo. O argumento ontológico repousa sobre o que os filósofos chamam de uma "proposição analítica". Uma proposição analítica é aquela cuja verdade (ou falsidade) depende exclusivamente sobre o significado

das palavras envolvidas. Portanto, "Todos os graduados são homens" é uma proposição analítica. As propostas que não se enquadram nesta classe são chamados de "sintéticas", porque eles fazem as conexões entre as coisas que não estão relacionados apenas por definição. Agora teorias físicas sempre envolvem proposições sintéticas, porque elas fazem declarações sobre fatos da natureza que podem ser verificadas. O sucesso da matemática para descrever a natureza, especialmente as leis subjacentes, podem dar a impressão (defendida por alguns, como vimos) que não há mais nada para o mundo matemático, e que a matemática é, em si, mas nada definições e tautologias - por exemplo, as proposições analíticas. Eu acho que essa linha de pensamento é muito mal concebida. Contudo, por mais que tente, você não pode derivar um resumo de uma proposição analítica.

Immanuel Kant foi um opositor do argumento ontológico. Ele argumentou que, se qualquer alegação metafísica significativa, então deve haver algumas proposições que são necessariamente para além da simples força da mera definição. O Capítulo 1 explicou que Kant acreditava que tínhamos um conhecimento *a priori*. Assim, Kant afirma que deve haver alguma proposição sintética verdadeira *a priori* para um processo de pensamento sobre um mundo objetivo. Esses *a priori* sintéticos deveriam ser verdadeiros, independentemente das características contingentes do mundo - por exemplo, deve ser verdadeiro em todo o mundo. Infelizmente, os filósofos ainda não estão convencidos que não há nenhuma proposição sintética *a priori*.

Se não há proposições sintéticas que são necessárias, há alguns que são lícitos. Alguém poderia imaginar que um conjunto de tais propostas poderiam explicar a características contingentes do mundo, tais como as formas das leis da física. Muitas pessoas podem estar satisfeitos com isso. O físico David Deutsch argumenta que "ao invés de tentar começar algo do nada", uma proposição sintética a partir de uma analítica, devemos introduzir na física a nível fundamental proposições sintéticas, que têm de ser indicado para todos os formulários por qualquer motivo, além da física." Continuação sugerindo um exemplo.

Uma coisa que tacitamente assumi, *a priori*, na busca de uma teoria física é que o processo físico dessa teoria para expressar e entender não é proibido pela própria teoria. Nenhum princípio físico conhecido que podemos vedar-se ao nosso conhecimento. Que todo princípio físico deve respeitar a propriedade altamente restritiva é uma proposição sintética *a priori*, não porque é necessariamente verdadeiro, mas porque não podemos deixar de assumir que o que está em busca do conhecimento deste principio. [140]

John Barrow também sugere que há certas verdades necessárias sobre um mundo que pode

ser observado. Ele cita vários argumentos com o Princípio Antrópico, que pretende demonstrar que os organismos biológicos conscientes só pode aparecer em um universo no qual as leis da física são de alguma forma especiais: "Estas condições "antropológicas"... nós orientam para determinadas propriedades que o universo deve ter a priori, mas que não são triviais suficiente para ser tomado como sintéticas. O sintético a priori começa a olhar como a exigência de que todo princípio físico cognoscível que faz parte do "Segredo do Universo" não deve impedir a possibilidade de que nós conheçamos" [141].

Keith Ward argumenta que devemos definir uma noção mais ampla da necessidade lógica. Por exemplo, considere a afirmação: "Nada pode ser vermelho e verde de uma só vez" Esta declaração é necessariamente verdadeira? Suponha que eu afirme que ela é falsa. Minha afirmação não é, obviamente, auto-contraditória. No entanto, ainda pode ser falsa em todos os mundos possíveis: não é o mesmo que dizer que ela é logicamente contraditória em si mesma em um sentido formal. A presunção que a afirmação é verdadeira, segundo Deutch, "algo que poderíamos fazer de qualquer maneira." Talvez, portanto, a afirmação "Deus não existe" se enquadra nesta categoria. A decisão não poderia contradizer os axiomas de um esquema formal da lógica proposicional, ela ainda poderia ser o caso que é falso em todos os mundos possíveis.

Finalmente, deve-se mencionar a aplicação de Frank Tipler do argumento ontológico do próprio universo (em oposição a Deus). Tipler tenta evitar a objeção de que a "existência" não é uma propriedade de algo definindo existência de maneira incomum. No capítulo 5, Tipler disse como ele defendeu a noção de que os mundos foram simulados para os seres simulados neles tão reais quanto o nosso mundo é para nós, mesmo na mais pequena das suas partes. Mas ele ressalta que um programa de computador é essencialmente nada mais do que uma representação de um conjunto de símbolos ou números em um outro jogo. Pode-se considerar todas as representações possíveis - portanto, todos os programas de computador - existe em um sentido platônico abstrato. Estes programas serão muitos (possivelmente infinitos), representando universos simulados. A questão é, qual das muitas simulações de computador possíveis corresponderiam ao atual universo físico? Para usar as palavras de Hawking, quem iria acionar fogo neles? Tipler propõe que tais simulações "que são complexas o suficiente para conter observadores - pensando e sentindo como seres sub-simulações" são aqueles que existem fisicamente, pelo menos para os seres simulados estão em causa. Além disso, essas simulações, *necessariamente*, a existir em virtude das exigências lógicas das operações matemáticas envolvidas na representação. Portanto, conclui Tipler, o nosso universo (e grande número de outros) deve existir por causa da necessidade lógica.

140. "On Wheeler's Notion of 'Law Without Law' in Physics", de David Deutsch, em *Between Quantum and Cosmos: Studies and Essays in Honor of John Archibald Wheeler* (ed. Alwyn van der Merwe et al, Princeton University Press, Princeton, 1988), p. 588

141. Teorias do Tudo por Barrow, P. 203

As Opções

Então, o que devemos concluir? Se o leitor está perplexo depois dessa turnê pouco filosófica, assim é o autor. Eu acho que o argumento ontológico é uma tentativa de definir a existência de Deus a partir do nada, e tal sentido estritamente lógico não pode ser bem sucedido. Você não pode ficar de uma pura argumentação dedutiva mais do que aquilo que colocado em premissas. No máximo, o argumento pode mostrar que se um ser necessário é possível, então ele deve existir. Deus só poderia deixar de existir se o conceito de um ser necessário fosse incoerente. Eu posso aceitar isso. Mas o argumento não pode provar a impossibilidade formal estrita da inexistência de Deus. Por outro lado, se o argumento ontológico é aumentado com um ou mais pressupostos extras, então ele poderia ser bem sucedido. Agora o que acontece se essas suposições extras (que são necessariamente sintéticas) foram limitadas para os pressupostos necessários para a existência de um pensamento racional? Podemos concluir que a atividade de investigação racional seria certamente capaz de estabelecer a existência de Deus através da razão. Esta sugestão é mera especulação, mas para os quais Keith Ward mantém a mente aberta: "É absurdo pensar que a análise das noções de 'perfeição', 'ser', 'necessidade' e 'existência', pode-se encontrar a presunção de tal forma que são aplicadas ao mundo objetivo, surge a existência de um objeto de algum tipo .. " [142]

E quanto ao argumento cosmológico? [143] Se aceitarmos a contingência do mundo, então uma possível explicação é a existência de um Deus transcendente. Então nós temos que enfrentar a questão de saber se Deus é necessário ou contingente. Se Deus é meramente contingente não ganhamos nada invocando-o como sua própria existência e as qualidades permanecem inexplicadas? Pode ser. É possível que a hipótese de um Deus para fornecer uma descrição simplificada e unificada de realidade e melhorar a aceitação "enlatada" de uma lista de leis e condições iniciais. As leis da física podem ter sido capaz de nos levar somente até aqui, e poderíamos, então, procurar um nível mais profundo de explicação. O filósofo Richard Swinburne, por exemplo, argumentou que é mais simples postular a

existência de uma mente infinita do que aceitar, como uma questão de fato, a existência deste universo contingente. Neste caso, a crença em Deus, é muito mais uma questão de gosto, para ser julgado pelo seu valor explicativo mas que por compulsão lógica.

Pessoalmente sinto-me mais confortável com um nível mais profundo de explicação do que as leis da física. Se o termo "Deus" para o nível mais profundo é apropriado é, claro, uma questão de debate.

Alternativamente, pode-se adotar a posição teísta clássica e argumenta que Deus é um ser necessário que criou um universo contingente como um ato de livre arbítrio. Isto significa que Deus não tem escolha sobre sua própria existência e qualidades, mas que tem uma escolha sobre o universo que ele cria. Como vimos, essa posição é repleta de dificuldades filosóficas, embora possa ser que alguma solução seja encontrada. A maioria das soluções experimentadas descenderiam a uma série de refinamentos linguísticos relativos a muitas definições de "necessidade", "verdade", e outros, e muitos parecem desaparecer com a franca aceitação do mistério. Mas o conceito bipolar de Deus, que se tem uma necessária distinção entre a natureza de Deus e as ações contingente do mundo, apesar de ter a desvantagem de complexidade, está mais perto de contornar este problema.

O que emerge claramente por meio da análise é a incompatibilidade de um Deus eterno, imutável e necessário, com a noção de criatividade na natureza, com um universo que muda e evolui e produz o que é verdadeiramente novo, um universo em que há livre arbítrio. Realmente não pode ter ambos. O Deus que provê tudo, inclusive o nosso próprio comportamento, em que livre arbítrio é uma ilusão - "O plano da predestinação é verdade", escreveu Aquino - as coisas acontecem ao longo do qual Deus não tem controle, ou que tenha renunciado voluntariamente ao mesmo.

142. Rational Theology por Ward, P. 25.

143. O enigma da origem do cosmos NT

Antes de abandonar o problema da contingência deve ser dito da chamada teoria dos universos múltiplos. De acordo com essa idéia, agora popular entre alguns físicos, não existe só um universo físico, mas uma infinidade deles. Todos estes universos de alguma forma coexistem em "paralelo", cada um diferendo dos demais, talvez só um pouco, é concebível que as coisas poderiam ser organizadas de modo que cada tipo de universo que

podem existir neste conjunto infinito. Se você quiser um universo, digamos, com uma lei da gravidade do inverso do cubo em vez do inverso do quadrado, bem, você vai encontrar um lugar. A maioria desses universos não estariam habitados, porque as condições físicas não seriam adequados para a formação de organismos vivos. Apenas os universos em que a vida pode surgir e crescer a ponto de indivíduos conscientes aparecendo será observado. O resto passa despercebido. Um dado observador verá somente um universo particular, e não será diretamente consciente dos outros. Esta universo particular será fortemente contingente. No entanto, a pergunta "Por que esse universo?" Agora é irrelevante, porque todos os universos possíveis existem. O conjunto de universos em conjunto não é contingente. Nem todo mundo está feliz com a teoria dos universos múltiplos. Postular um número infinito de universos não observados e observáveis apenas para explicar o que vemos parece ser um caso de excesso de bagagem levada ao extremo. É mais simples postular um só Deus não observado. Esta conclusão também foi alcançada por Swinburne:

"O postulado de Deus é um postulado de uma entidade dentro de uma classe simples. ... A premissa da existência real de um número infinito de mundos, correndo entre eles todas as possibilidades. ... É a postular uma coincidência complexo e pré-estabelecido de infinitas dimensões para além da crença racional." [144]

Cientificamente a teoria dos universos múltiplos é insatisfatória porque nunca poderia ser falsificada: Que resultados poderiam levar a um defensor dessa teoria para mudar seu pensamento? O que você diria para convencer alguém que nega a existência desses outros mundos? Pior ainda, você poderia usar os mundos múltiplos para explicar nada. A ciência se tornaria redundante. As regras da natureza não precisam de mais investigação, porque eles poderiam ser simplesmente explicadas como o efeito da seleção, a necessidade de permanecer vivo e assistir. Além disso, há algo filosoficamente insatisfatório sobre esses universos que passam despercebidos. Parafraseando Penrose, o que significa que há algo que jamais pode ser observado? Vou ter mais a dizer sobre este tema no próximo capítulo.

144 "Argumento do Ajuste fino do Universo", de Richard Swinburne, em *Physical Cosmology and Philosophy* (ed. J. Leslie, Macmillan, Londres, 1990), p. 172.

Um Deus que joga dados

Admito que não se pode provar que o mundo é racional. É certamente possível que, em seu

nível mais profundo, é um absurdo, e temos que aceitar a existência e as características do mundo como fatos brutos que poderiam ter sido de outra forma. Até agora, o sucesso da ciência é, pelo menos, uma forte evidência circunstancial para a racionalidade da natureza. Em ciência, se uma determinada linha de raciocínio é bem-sucedido até encontrar o culpado.

Em minha mente eu não tenho nenhuma dúvida de que os argumentos para um mundo necessário são muito mais fracos que os argumentos para um ser necessário, por isso a minha inclinação pessoal é optar por este último. Eu ainda acredito que existem problemas graves demais para relacionar um ser atemporal e necessário ao mundo mutante e contingente da experiência, pelas razões que já discutimos. Eu não acho que essas dificuldades podem ser separados de todas as formas de vários mistérios não resolvidos que existem sobre a natureza do tempo, o livre arbítrio, e a noção de identidade pessoal. Não me resulta óbvio para mim que esse ser postulado que mantém a racionalidade do mundo tem muito a ver com o Deus pessoal da religião, muito menos o Deus da Bíblia ou o Corão.

Mas eu não tenho nenhuma dúvida sobre a racionalidade da natureza, também estou comprometido com a noção de um cosmos criativo, pelas razões que expliquei no meu livro *The Cosmic Blueprint*. E isso, inevitavelmente, vir a conciliar o paradoxo de ser a se tornar, mutável e eterno. Isso pode ser feito somente através de um compromisso. O compromisso é chamado de "estocasticidade". Um sistema estocástico é cerca de um que está exposta a flutuações imprevisíveis e aleatórias. Na física moderna, a estocasticidade aparece de maneira fundamental na mecânica quântica. Também é inevitavelmente presente quando abrimos sistemas sujeitos a choques externos caótico.

Na Teoria física moderna, a racionalidade é refletida na existência de leis físicas fixas expressas matematicamente, a criatividade esta refletida no fato de que estas leis são essencialmente estatísticas em forma. Para usar novamente o chavão de Einstein, Deus joga dados com o universo. Os eventos estatísticos inerentemente atômico e a instabilidade de muitos sistemas físicos contra a pequenas flutuações, dizem que o futuro permanece aberto e indeterminado para o presente. Isto faz possível a emergência de novas formas e sistemas, de modo que o universo é dotado de uma espécie de liberdade para explorar a novidade genuína. Assim, estou em estreita harmonia com o processo de pensamento, conforme descrito anteriormente neste capítulo.

Estou ciente de que a introdução de estocasticidade ao nível fundamental da natureza envolve um abandono parcial do princípio da razão suficiente. Se não houver uma verdadeira estocasticidade na natureza, então o resultado de "jogar os dados" uma vez, em

particular, é realmente algo indeterminado, que é dizer que não há nenhuma razão pela qual, neste caso particular, que teria resultado em particular lugar. Deixe-me dar um exemplo. Imagine um elétron colidir com um átomo. A mecânica quântica diz-nos que há, digamos, igual probabilidade que o elétron se desvia para a esquerda e direita. Se a natureza estatística de eventos quânticos é verdadeiramente inerente, não apenas como um resultado da ignorância, então, se o elétron realmente desviado para a esquerda, não há razão para que isto fosse assim ao invés de ser desviado para a direita.

Não é este admitir um elemento de irracionalidade no mundo? Einstein pensava assim ("Deus não joga dados com o Universo!"). Esta é a razão que ele nunca poderia aceitar que a mecânica quântica deu uma descrição completa da realidade. Mas o que para um homem é irracional para outra pessoa é a criatividade. E há uma diferença entre estocasticidade e anarquia. O desenvolvimento de novas formas e sistemas está sujeita a princípios gerais de organização que guia e encorajar em vez de força, matéria e energia para desenvolver ao longo de certos caminhos predeterminados da evolução. Em *The Cosmic Blue Print* eu usei a palavra "predestinação" para se referir a esta tendência, para distinguir o "determinismo" (que é o sentido em que Tomás de Aquino usou o termo). Para aqueles que, como os teólogos do processo, que optam por ver a mão orientadora de Deus ao invés de uma genuína espontaneidade na forma como o universo se desenvolve de forma criativa, então estocasticidade pode ser visto como um dispositivo eficaz através do qual as intenções divinas podem ser realizadas. E não há necessidade de Deus poder interferir diretamente com o curso da evolução, "carregando os dados", uma sugestão que eu mencionei de passagem no capítulo 5. O guia pode ser através de leis (atemporais) da organização e fluxo de informações.

Pode-se objetar que, se alguém está disposto a abandonar o princípio da razão suficiente, em qualquer fase, também pode ser deixado em outro lugar. Se um elétron em particular é desviado para a esquerda "porque" não poderia ser o caso que a lei da gravitação do inverso do quadrado, ou condições cósmicas iniciais, são apenas "porque sim"? Acho que a resposta é não. Estocasticidade inerente à física quântica é fundamentalmente diferente a este respeito. A condição de total desordem ou aleatoriedade - a "imparcialidade" de um dado quântico - é em si uma lei da natureza bastante restritiva. Embora cada caso quântico pode ser verdadeiramente imprevisível, uma série de tais acontecimentos se ajusta com previsões estatísticas da mecânica quântica. Poderíamos dizer que há ordem na desordem. O físico John Wheeler tem enfatizado o comportamento adaptado as tais leis podem surgir de flutuações aparentemente aleatórias ou, até mesmo para o caos pode ter regularidades estatísticas. O ponto essencial aqui é que os eventos quânticos são um conjunto que observamos. Em contrapartida, as leis da física e as condições iniciais não. Uma coisa é

argumentar que todos os eventos em uma seleção de processos caóticos são o que são porque é, e outra para discutir o mesmo sobre um processo ordenado e as leis da física.

Até agora, nesta excursão filosófica tem sido em grande parte com o raciocínio lógico. Houve algumas referências a fatos empíricos sobre o mundo. Em si, os argumentos ontológicos e cosmológicos são apenas indicadores para a existência de um ser necessário. Este ser permanece obscuro e abstrato. Se tal ser existisse, poderia dizer algo sobre sua natureza, através da análise do universo físico? A pergunta leva-me ao desígnio no universo

• -

Resumo do capítulo

Por que o mundo está do jeito que está?

No século XVII, o filósofo Baruch Spinoza foi um panteísta que pensava os objetos do universo físico como atributos de Deus, em vez de sua criação. Identificando Deus com a natureza.

Para Spinoza, Deus não teve escolha em sua criação: "As coisas não poderiam ter se tornado existentes por Deus de uma maneira ou em uma ordem diferente do que realmente é"

Se Spinoza está certo implica que o mundo é uma explicação fechada e completa, na qual tudo é explicado e nenhum mistério permanece. Também significa que, em princípio, não teríamos necessitar observar o mundo realmente para conhecer sua forma e conteúdo, pois tudo o que se seguiria uma necessidade lógica, a natureza do universo seriam dedutíveis pela razão.

Um universo inteligível

Subjacente ao conceito acima, é um pressuposto fundamental: que o mundo é ao mesmo

tempo racional e inteligível. Isso é geralmente expresso como o "princípio da razão suficiente", que afirma que tudo no mundo é como é por algum motivo.

Quer ou não o princípio infalível, vale a pena aceitar uma hipótese de trabalho para ver onde ela nos leva.

Para enfrentar as questões mais profundas da existência, devemos considerar dois tipos de coisas.

Algo que é contingente pode ter sido de outra maneira, então a razão é a maneira como ele depende de algo mais, algo além de si mesmo. Na primeira classe estão os fatos sobre o universo físico.

A segunda classe se refere a eventos, objetos ou eventos que não são contingentes. Essas coisas são chamadas de algo "necessário" é necessário se isso é completamente independente de qualquer outra coisa. Uma coisa necessária tem a sua razão em si, e permaneceria inalterado, se tudo for diferente.

É difícil se convencer de que há coisas necessárias na natureza. Algo necessário não pode fazer referência ao tempo. Uma vez que o estado do mundo muda continuamente, então todas as coisas que fazem parte dessa mudança deve ser contingente.

O que aconteceria com o universo como um todo, considerando o tempo incluído na sua definição? Poderia muito bem ser necessário? Só se o formulário deve ser a única possível, isso será discutido mais tarde.

E sobre as leis da física? Elas são necessárias ou contingentes? A experiência mostra que a física avança aqueles que pensavam que eram atos isolados foram conectados entre si, portanto, essas leis individuais fossem dependentes de outros.

Cientistas esperam chegar um momento em todas as leis da física são combinados em um único sistema matemático e dizer que esse esquema será o único disponível auto-consistente.

Uma única teoria para tudo?

A pergunta que ocorre é se, ao atingir a unificação, a teoria será fortemente restringida pelas exigências de coerência matemática que será única. Se assim for, só haveria um sistema unificado de Física, com suas várias leis estabelecidas por necessidade lógica.

O mundo, ao que parece, seria explicado, os cientistas não precisariam se preocupar com as observações ou experimentos. Ciência não seria mais uma questão empírica, mas um ramo da lógica dedutiva, as leis da natureza, adquirindo o status de teoremas matemáticos e propriedades do mundo dedutíveis pela aplicação da razão.

Davies argumenta que é manifestamente errado para uma teoria super unificada pode ser

única, porque a matemática é baseada em um conjunto de axiomas. Embora a matemática pode ser deduzida a partir deste grupo de axiomas, os axiomas em si não.

Uma verdadeira teoria de tudo, deve explicar não só como o universo se desenvolveu a sua existência, mas porque é o único tipo de universo que poderia ter sido.

Talvez o nosso universo é o único possível em que a biologia é permitida e, portanto, pode aparecer em que os organismos conscientes. Este pode ser o único universo *cognitivo* possível.

Mesmo que as leis da física fossem únicas, não se segue que o universo físico é único, porque as condições iniciais do universo que pode diferir substancialmente às mesmas leis.

Ordem Contingente

Parece, então, que o universo físico não tem que ser necessariamente a maneira como ele é, poderia ter sido de outra maneira.

Ian Barbour observa que a contingência do mundo é quadruple. Primeiro, as leis da física parecem ser contingentes. Em segundo lugar, as condições cosmológicas iniciais poderia ter sido de outra maneira. Em terceiro lugar, sabemos da mecânica quântica: "Deus não joga dados" - por exemplo, há um elemento essencial de natureza estatística. Finalmente, é o fato de que o universo existe. Afinal, não importa o quão abrangente nossas teorias sobre o universo pode ser, não há nenhuma obrigação para que o mundo instanciar estas teorias. O último ponto foi vividamente expresso por Stephen Hawking: **"Por que é que o Universo se deu ao incômodo de existir?"** Pergunta. **"O que é que respira fogo nas equações e cria um universo para elas o descreverem? "**

O autor argumenta que há ainda um quinto tipo de contingência, que é encontrado nas leis de "alto nível", associado com as propriedades de organização de sistemas complexos.

Davies concluiu então que o universo físico não esta obrigado a existir como ele é, poderia ter sido de outra maneira.

Que tipo de agência metafísica pode ser capaz de criar um universo?

Naturalmente, os teólogos afirmam que a agência criativa que oferece uma explicação para o universo é Deus.

Se o universo não é sem razão, e se por conveniência que chamamos Deus a essa razão (o que é que revelada por Deus), então Deus deve de alguma forma selecionar o nosso mundo entre várias alternativas. Deve haver algum critério de seleção envolvido.

Alguns universos possíveis devem ser descartados. Assumimos que Deus deve ser racional. Não faz sentido invocar um Deus irracional, devemos também aceitar um universo irracional. Também deve ser onipotente. Se Deus não fosse onipotente, então seu poder seria limitado de qualquer maneira, mas isso pode limitar esse poder? Por sua vez, gostaríamos de saber como essa limitação se origina, e o que determina a forma de restrições: exatamente o que pode e o que não pode fazer Deus. (Note que mesmo um Deus onipotente está sujeito às restrições de lógica. Deus não poderia fazer um círculo quadrado, por exemplo), semelhante raciocínio de Deus tem que ser perfeito, o que você produzir um defeito? Também teria de ser onisciente - ou seja, deve estar ciente de todas as alternativas lógicas possíveis - isso seria em condições de fazer uma escolha racional.

O melhor dos mundos possíveis?

Leibniz desenvolveu o argumento anterior, o argumento cosmológico. Concluiu que um ser racional, onipotente, onisciente, perfeito deve inevitavelmente escolher o melhor dos mundos possíveis. Se um Deus perfeito conscientemente escolheu um mundo que não é perfeito, seria irracional.

A riqueza e a complexidade do nosso mundo são de fato impressionantes.

Lee Smolin e Julian Barbour especulam que há um princípio fundamental da natureza que produz um universo máximo diverso, o princípio da diversidade máxima.

A maioria dos pesquisadores concluem que a existência de sistemas complexos, especialmente os sistemas biológicos, é bastante sensível à forma das leis da física, e isso significa que em alguns casos, a menor das mudanças tornam a possibilidade de ocorrência de acidente de vida, pelo menos como a conhecemos. Este tópico é conhecido como o Princípio Antrópico, porque diz respeito a nossa existência como observadores do universo com as leis e as condições do mesmo.

A beleza como um guia para a verdade

Acredita-se amplamente entre os cientistas que a beleza é um guia confiável para a verdade, e muitos avanços na física teórica foram feitos para as mais exigentes elegâncias matemáticas da nova teoria.

Se a beleza é apenas biologicamente programada, selecionada apenas pelo seu valor de sobrevivência, é mais surpreendente que emerge no mundo esotérico da Física fundamental, que não tem ligações com a biologia. Por outro lado, se a beleza é mais do que a biologia em operação, e a nossa apreciação estética é devido ao contato com algo mais firme e mais amplo, então é certamente um fato muito significativo que as leis fundamentais do universo parecem refletir que essa "coisa".

Será que Deus é Necessário?

Se o universo realmente tem uma explicação e não pode explicar-se, então ela deve ser explicado por algo externo a ele - por exemplo, Deus. Mas então o que explica Deus? Esse dilema de todos os tempos "quem fez Deus" nos coloca em perigo de sermos pegos em uma regressão infinita. A única saída, ao que parece, é assumir que Deus pode de alguma forma "se explicar", que é dizer que Deus é um ser necessário, no sentido explicado acima.

Se Deus proverá razão suficiente para o universo, então se segue que ela deve ser necessária.

Os seres humanos não são capazes de compreender a natureza de tal ser. Mas isso não significa que a noção de um ser necessário é auto-contraditória.

O Deus tradicional da teologia cristã, desenvolvido em grande parte por Santo Tomás de Aquino no século XIII, é um ser necessário, atemporal, imutável, perfeito e que não muda, do qual o universo depende inteiramente de sua existência, mas que o contrário é totalmente não afetado pela existência do universo.

Existe uma séria dificuldade em relacionar esse Deus com um mundo contingente e mutável, especialmente um universo contendo os seres com livre-arbítrio.

É importante entender que o paradoxo é apenas uma questão técnica do debate teológico, é uma consequência inevitável de certos métodos racionais de explicação.

A única contribuição do pensamento cristão dessa tensão é a doutrina da criação *ex nihilo*.

Aqui foi uma corajosa tentativa de quebrar o paradoxo propondo um ser atemporal e necessário que tornou existente (não no tempo) um universo material pelo poder divino como um ato de livre escolha.

O elemento chave introduzido aqui é a vontade divina. Por definição de livre-arbítrio implica a contingência, porque dizemos que uma escolha é livre somente se poderia ter sido de outra maneira. Portanto, se Deus é dotado de liberdade de escolher entre diferentes mundos possíveis, a contingência do mundo real é explicada. No entanto a procura de inteligibilidade é preservado por atribuir a Deus uma natureza racional, garantindo assim uma escolha racional.

Este parece ser um progresso real. Parece como se a criação *ex nihilo* resolve o paradoxo de como um mundo mutável e contingente pode ser explicado por um ser necessário e

atemporal. Infelizmente, apesar da atenção de gerações de filósofos e teólogos para desenvolver esta ideia em um sistema coerente, continuam a ser grandes obstáculos.

Primeiro de tudo, se Deus é verdadeiramente auto-suficiente, como o axioma de inteligibilidade parece exigir isso, como pode ser que ele iria criar um mundo? Parece um exercício arbitrário e sem sentido. Por outro lado, se Deus realmente é um ser imutável e necessário, como pode ter livre escolha? Certamente, tudo teve de ser feita por necessidade e sem qualquer possibilidade de alteração. O velho dilema - ou atos de Deus são necessários e, portanto, não livres (que não poderia ser diferente), ou os mesmos são livres e, portanto, arbitrários (não determinou como deveriam ser) - foi suficiente para perturbar a grande maioria dos filósofos cristãos de todas as épocas.

Se Deus é o criador ou causa de um mundo contingente, ele deve ser contingente e temporal, mas se Deus é um ser necessário, então tudo o que ele causa deva ser necessariamente causado sem alterações. Nesta roca as duas interpretações do teísmo se chocam. A procura de inteligibilidade requer a existência de um ser necessário, imutável e eterno. A Criação parece exigir um Deus contingente e temporal, que interage com a criação e é, portanto, auto-suficiente.

Como pode um ser que é necessário e imutável ter o poder de fazer tudo? Se for necessário, ele não poderia fazer qualquer coisa que faz. Sendo imutável, não podia fazer nada de novo ou original. ... Mesmo se a criação pode ser vista como um ato divino e atemporal, a verdadeira dificuldade permanece, o que, sendo Deus absolutamente necessário, isso seria um ato necessário, que não poderia ter sido diferente de qualquer forma. Esta visão ainda está em tensão com a vertente central da tradição cristã: a saber, que Deus não precisa de ter criado o universo, e que não precisava ter criado justamente este universo. Como alguém pode ser necessário para ser livre de alguma maneira?

Os teólogos nos dizem frequentemente que Deus criou o mundo livremente, tal como o mundo contingente e não é necessário que a nossa experiência revela. ... Ao mesmo tempo, por causa de seu inabalável compromissos com os pressupostos da metafísica clássica, os teólogos costumam dizer-nos que o ato criativo da essência eterna de Deus, que é necessário em todos os sentidos, exclui qualquer contingência. Portanto, se tomarmos suas palavras, dando peso igual a ambos os pedidos, vamos estar em contradição sem esperança de uma criação totalmente necessária de um mundo totalmente contingente.

Um Deus bipolar e a Nuvem de Wheeler

O pensamento de processo é uma tentativa de ver o mundo não como uma coleção de

objetos, ou mesmo como um conjunto de eventos, mas como um processo com uma direção definida.

O futuro não está implícito no presente: não há escolha de alternativas. Portanto, atribuí à natureza de algum tipo de liberdade.

Temos de rejeitar a idéia de que um sistema físico, como uma pedra ou uma nuvem ou um indivíduo, nada mais é do que uma coleção de átomos, e em vez disso reconhecem a existência de muitos níveis diferentes de estruturas. Um ser humano, por exemplo, certamente é uma coleção de átomos, mas há níveis superiores de organização que estão perdidos pela descrição pobres e que são essenciais para definir o que entendemos pela palavra "pessoa". Visualizando sistemas complexos como uma hierarquia de nível organizacional, a simples visão de causalidades de "particular para o geral" em termos de partículas elementares que interagem uns com os outros, deve ser substituída por uma formulação mais sutil, em que níveis mais elevados podem atuar nos níveis inferiores também.

Em níveis organizados mais elevados parece ter princípios gerais de organização que monitora o comportamento de sistemas complexos, os princípios que existem ao longo das leis da física (que operam no nível mais baixo das partículas elementares). Estes princípios de organização são coerentes, mas não pode ser reduzidos ou derivados, as leis da física. Os cientistas têm redescoberto a qualidade crucial então contingente ordem.

Traços dessa influência indireta e sutil pode ser discernida na natureza progressiva da evolução biológica, por exemplo, e a tendência do universo de auto-organização em uma rica variedade de formas cada vez mais complexas.

Será que Deus existe?

A história da teologia, mas não são tentativas de provar que a inexistência de Deus é logicamente impossível. Este argumento é conhecido como o "argumento ontológico" que remonta para São Anselmo, e é algo como isto. Deus é definido como a melhor coisa possível. Agora, qualquer coisa existente é obviamente maior do que a simples idéia de que. Portanto, um Deus realmente existente é maior do que um deus imaginário. Mas como Deus é a maior coisa que se possa imaginar, segue-se que deveria haver.

O argumento ontológico tem alguns problemas lógicos.

Um dos problemas reside no tratamento da "existência" como se fosse uma propriedade das coisas, como a massa ou a cor. Uma vez que o argumento obriga a se comparar o conceito de deuses que existem realmente para os deuses que não existem.

Outro problema é que o argumento ontológico repousa sobre o que os filósofos chamam de uma "proposição analítica". Uma proposição analítica é aquela cuja verdade (ou falsidade)

depende exclusivamente sobre o significado das palavras envolvidas. As propostas que não se enquadram nesta classe são chamados de "sintética", porque eles fazem as conexões entre as coisas que não estão relacionados apenas por definição. Contudo, por mais que tente, você não pode derivar um resumo de uma proposição analítica.

Kant afirmava que deveria haver alguma proposição sintética verdadeira a priori por um processo de pensamento em relação a um mundo objetivo. Sintéticos a priori, essa deve ser verdade, independentemente das características contingentes do mundo.

Infelizmente, os filósofos ainda não estão convencidos que não há nenhuma proposição sintética a priori.

Se não há proposições sintéticas que são necessárias, há alguns que são lícitas. Uma coisa que tacitamente assumir, a priori, na busca de uma teoria física é que o processo físico dessa teoria para expressar e entender não é proibido pela própria teoria. Nenhum princípio físico conhecido que podemos vedar-se ao nosso conhecimento. Que todo princípio físico deve respeitar a propriedade altamente restritiva é uma proposição sintética a priori, não porque é necessariamente verdadeiro, mas porque não podemos deixar de assumir que o que está em busca do conhecimento deste princípio.

O sintético a priori começando a olhar como a exigência de que todo princípio físico cognoscível que faz parte do "O Segredo do Universo" não deve impedir a possibilidade de que nós sabemos.

As Opções

O argumento ontológico parece ser uma tentativa de definir a existência de Deus a partir do nada, e tal sentido estritamente lógico, não pode ser bem sucedido. Você não pode obter de argumento dedutivo puro sobre o que você colocar no local. O argumento não pode provar a impossibilidade formal estrita da inexistência de Deus.

E sobre o argumento cosmológico? Se aceitarmos a contingência do mundo, então uma possível explicação é a existência de um Deus transcendente. Então nós temos que enfrentar a questão de saber se Deus é necessário ou contingente. Se Deus é meramente contingente não ganhamos nada invocando-o como sua própria existência e as qualidades permanecem inexplicadas?

Alternativamente, pode-se adotar a posição teísta clássica e argumenta que Deus é um ser necessário que cria um universo contingente como um ato de livre arbítrio. Isto é, Deus não tem escolha sobre sua própria existência e qualidades, mas se tem escolha sobre o universo que ele cria. Como vimos, essa posição é repleta de dificuldades filosóficas.

O que emerge claramente por meio da análise é a incompatibilidade de um Deus eterno, imutável e necessário para a noção de criatividade na natureza, com um mundo que muda e

evolui e produz o que é verdadeiramente novo, um universo em que sem livre-arbítrio.

Um Deus que joga dados

Os argumentos para a necessidade do mundo são mais fracos do que para um ser necessário.

Ninguém pode provar que o mundo é racional, mas o sucesso da ciência é a prova circunstancial forte para ele.

Aceitando um universo contingente e um criador necessário surge o paradoxo de conciliar um ser com o se tornar, o mutável e eterno. Isso só pode ser feito por uma situação comprometedora, que é a introdução de alguma estocasticidade na natureza.

Com a introdução de estocasticidade parcialmente abandona o princípio da razão suficiente. Pode-se objetar que, se alguém está disposto a abandonar o princípio da razão suficiente, em algum momento, ele pode ser deixado em outro lugar também.

Mas apesar de cada evento quântico pode ser verdadeiramente imprevisível, uma série de tais acontecimentos é consistente com previsões estatísticas da mecânica quântica.

Uma coisa é argumentar que todos os eventos em uma seleção de processos caóticos são o que são porque é, e outra para discutir o mesmo sobre um processo ordenado e as leis da física •

Capítulo 8 - O Projetista do Universo

Os seres humanos têm sempre se espantado com a sutileza, a majestade e a intrincada organização do mundo físico. O movimento dos corpos celestes no céu, o ritmo das estações, o padrão de flocos de neve, as miríades de seres vivos é tão bem adaptados ao seu ambiente - todas essas coisas parecem muito bem pensado para ser um acidente sem sentido. É uma tendência natural de atribuir a ordem do universo aos trabalhos intencionais de uma Divindade.

O surgimento da ciência foi usado para ampliar o alcance das maravilhas da natureza, o motor de tal forma que hoje nós descobrimos fim do recesso mais íntimo do átomo até as galáxias mais distantes. Mas a ciência também prestou sua própria razão de tal ordem. Nós

não precisamos de explicações teológicas para flocos de neve, nem aos organismos vivos. As leis da natureza são tais que a matéria e a energia podem se organizar a si mesmas em complexas formas e sistemas que nos rodeiam. Embora possa se apressar a dizer que os cientistas entendem tudo sobre esta auto-organização, parece não haver nenhuma razão fundamental porque, dadas as leis da física, todos os sistemas físicos conhecidos não pode ser explicado como produto de processos físicos comuns.

Algumas pessoas concluem daí que a ciência privou o mundo de todo o mistério e propósito, e que a organização elaborada do mundo físico seja um acidente sem sentido ou uma consequência inevitável das leis da física. "Quanto mais o universo parece compreensível, mais parece também inútil", pensou o físico Steven Weinberg. [145] O biólogo Jacques Monod repetiu este sentimento de tristeza: "A antiga aliança está em pedaços: o homem sabe o final que ele está sozinho na imensidão insensível do universo, que surgiu apenas por acaso. Nem o seu destino, nem o seu dever estão escritos." [146]

No entanto, nem todos os cientistas tiram a mesma conclusão dos fatos. Apesar de reconhecer que a organização da natureza pode ser explicada pelas leis da física, juntamente com adequadas condições iniciais cósmicas, alguns cientistas reconhecem que muitas das estruturas e sistemas do universo depende para sua existência da *forma particular* dessas leis e condições iniciais. Além disso, em alguns casos, a existência de complexidade na natureza parece ser muito equilibrada, de modo que pequenas mudanças na forma de leis, aparentemente, poderia evitar essa complexidade aparecer. Um estudo cuidadoso das leis da natureza são extremamente afortunados para a aparência de riqueza e variedade. No caso de organismos vivos, a sua existência parece depender de uma série de coincidências fortuitas que os cientistas reconhecem como nada menos que surpreendente.

145. Os Primeiros Três Minutos de Steven Weinberg (Andre Deutsch, Londres, 1977), p. 149

146. Acaso e a Necessidade de Jacques Monod, trans. A. Wainhouse (Collins, Londres, 1972), p. 167

A Unidade do Universo

Há muitos aspectos diferentes deste pedido de "é bom demais para ser verdade" O primeiro

diz respeito à ordenação do universo. Há infinitas maneiras em que o universo poderia ter sido totalmente caótico. Poderia não ter leis em tudo, ou simplesmente um amontoado incoerente de leis que fariam a matéria se comportar descontroladamente de uma forma instável. Alternativamente, o universo teria sido extremamente simples ao ponto de completa falta de traços distintivos - por exemplo, vazio de matéria ou de movimento. Poderíamos também imaginar que as condições mudariam de uma forma complicada ou aleatória, ou mesmo em que tudo de repente deixa de existir. Parece que não há obstáculo lógico à idéia de universos como não há regras. Mas o universo real não é assim. É altamente ordenado. Há leis da física bem estabelecidas de causa e efeito definidas. Não há confiabilidade na operação dessas leis. O curso da natureza continua sempre o mesmo, para usar a frase de David Hume. Essa ordem causal não segue de necessidade lógica, é uma propriedade sintética do mundo, para a qual temos o direito de pedir algum tipo de explicação.

O mundo físico não só não apresenta irregularidades meramente arbitrárias, mas é organizado de uma maneira especial. Como explicado no capítulo 5, o universo é equilibrado entre os dois extremos de ordem regulamentada simples (como um cristal) e complexidade aleatória (como um gás caótico). O mundo é inegavelmente complexo, mas sua complexidade é uma variedade *organizada*. Os estados do universo tem "profundidade", para usar um termo técnico apresentado no Capítulo 5. Essa profundidade não foi construída para o universo na sua origem. Surgiu do caos primordial em uma seqüência de processos auto-organizativos que têm progressivamente enriquecido e complicado com o universo a medida que evoluísse. É fácil imaginar um mundo que, apesar de ordenado, no entanto não tem o tipo certo de forças ou condições para que surja uma profundidade significativa.

Há outra forma em que o mundo físico é especial. Trata-se da coerência global e da unidade da natureza e para o mesmo fato que se pode falar de forma significativa do "universo" como um todo como um conceito completamente abrangente. O mundo contém objetos e sistemas individuais, mas eles são estruturados de modo que, em conjunto, formam um todo unificado e coerente. Por exemplo, as várias forças da natureza não são uma combinação casual de influências díspares. Elas se encaixam em uma solução mutuamente sustentante que atribuem para a estabilidade e harmonia da natureza para captura difíceis de capturar matematicamente mas óbvias para qualquer um estudar o mundo em profundidade. Expliquei anteriormente que esta coerência emerge do encaixe, por analogia com palavras cruzadas.

É particularmente chocante como processos que ocorrem em escala microscópica - digamos,

a física nuclear - parecem estar afinados para produzir efeitos interessantes e variados em uma escala muito maior - por exemplo, em astrofísica. Assim, vemos que a força da gravidade combinada com as propriedades termodinâmicas e mecânicas de gás de hidrogênio são de molde a criar um grande número de bolas de gás. Eles são grandes o suficiente para desencadear reações nucleares, mas não grande o suficiente para rapidamente colapsar em buracos negros. Assim nascem as estrelas estáveis. Muitas grandes estrelas morrem de forma espetacular explodindo na assim chamada supernova. Parte da força explosiva deriva da ação de uma das partículas subatômicas mais evasivas da natureza - o neutrino. Os neutrinos são quase inteiramente desprovidos de propriedades físicas: o neutrino cósmico médio poderia penetrar muitos anos luz de chumbo sólido. Apesar destas entidades fantasmas pode permanecer sob condições extremas, perto do centro de uma massiva estrela morta, suficientemente embalados faz impulso para lançar uma grande quantidade de material estelar para o espaço. Estes detritos é enriquecido com elementos pesados da classe da qual a Terra é feito. Podemos, portanto, atribuir a existência de planetas terrestres do tipo, com a sua enorme variedade de formas e sistemas, com as qualidades de uma partícula subatômica que talvez nunca tenha sido descoberta, pela fraqueza de suas ações. O ciclo de vida das estrelas é apenas um exemplo do quão genial e, aparentemente, construída, na qual os aspectos de grande e pequena escala da física estão fortemente interligadas para produzir uma complexa variedade de natureza.

Além desse entrelaçamento dos diversos aspectos da natureza, esta a curiosa uniformidade. As leis da física descobertas no laboratório se aplicam igualmente bem nos átomos de uma galáxia distante. O elétron que forma a imagem em nossa tela de TV, tem exatamente a mesma massa, carga e momento magnético do que aqueles na lua, ou a borda do universo observável. Além disso, essas qualidades permanecem sem alterações detectáveis de um momento para o outro. O momento magnético do elétron, por exemplo, pode ser medido com uma precisão de dez dígitos,, mesmo esta grande precisão, nenhuma variação foi detectada na propriedade. Também há boas evidências de que as propriedades básicas da matéria não terem mudado muito, mesmo com a idade do universo.

Assim como na uniformidade das leis da natureza, há também a uniformidade na organização espacial do universo. A grande escala, matéria e energia são distribuídas em uma forma extremamente uniforme, e do universo parece estar se expandindo na mesma velocidade e direção em qualquer lugar. Isso significa que um ser alienígena em uma outra galáxia iria ver uma organização em grande escala muito semelhante ao que vemos. Compartilhamos com outras galáxias a mesma cosmografia e história cósmica em comum. Conforme descrito no capítulo 2, os cosmólogos têm tentado explicar essa uniformidade, usando o assim chamado cenário de universo inflacionário, que inclui um salto repentino no

tamanho do universo logo após o nascimento. Isso teria o efeito de suavizar qualquer irregularidade inicial. É importante perceber, entretanto, para explicar a uniformidade em termos de mecanismos físicos não diminuem a surpresa, porque a gente poderia perguntar por que as leis da natureza são de tal ordem que permite o trabalho deste mecanismo. O ponto em questão não é a forma em que surgiu uma característica muito especial, mas o mundo é estruturado de forma que ele aparece.

Finalmente, há a simplicidade das leis discutidas. Com isto quero dizer que as leis podem ser expressas em funções matemáticas simples (como a lei do inverso do quadrado). Novamente, podemos imaginar o mundo em que há regularidades, mas em uma classe muito complicada, exigindo uma combinação complicada matemática de diferentes fatores. Eu já discuti no Capítulo 6 a acusação feita em que desenvolvemos nossa matemática, precisamente para que o mundo parecesse simples. Eu acho que a "eficácia razoável" da matemática para descrever o mundo é uma indicação de que as regularidades da natureza são um tipo muito especial.

A Vida é muito difícil

Eu tentei justificar a existência de um universo ordenado e coerente, contendo estruturas complexas estáveis e organizadas requerem leis e as condições de um tipo muito especial. Todas as evidências sugerem que este não é um universo velho, mas que está muito bem ajustado para a existência de algumas entidades interessantes e significativas (por exemplo, estrelas estáveis.) O Capítulo 7 explica como esse sentimento foi formalizado através de Freeman Dyson e outros, em algo como um princípio de diversidade máxima.

A situação se torna ainda mais intrigante quando consideramos a existência de organismos vivos. O fato de que sistemas biológicos têm necessidades muito especiais, e que estes requisitos são, felizmente, estão reunidos, por natureza, tem sido discutida pelo menos desde o século XVII. Foi somente no século XX, porém, com o desenvolvimento da bioquímica, biologia molecular e genética, que surgiu uma imagem. Já em 1913 o eminente bioquímico de Harvard, Lawrence Henderson escreveu: "As propriedades da matéria e do curso da evolução cósmica são agora vistas como intimamente relacionadas com as estruturas dos seres vivos e as suas atividades ... biólogos podem agora com direito referir-se ao Universo em sua própria essência como biocêntrico. " [147] Henderson foi levado para essa visão

incrível para o seu trabalho sobre a regulação da acidez e alcalinidade nos organismos vivos e como tal regulamentação depende, fundamentalmente, sobre as propriedades especiais bastante determinadas de certos produtos químicos. Ele também estava muito impressionado pela forma como a água, que tem um número de propriedades anômalas, é incorporado à vida em um nível básico. Se essas substâncias não tivessem existido, ou se as leis da física tivesse sido algo diferente, de modo que estas substâncias não apresentam estas propriedades especiais, então a vida (pelo menos como conhecemos), teria sido impossível. Henderson referiu como a "conveniência do universo", porque a vida é demasiada grande para ser acidental, e se perguntou que tipo de lei é capaz de explicar esse ajustamento

Na década de 60 o astrônomo Fred Hoyle observou que o elemento carbono, cujas propriedades químicas peculiares tornam cruciais para a vida na Terra, é feita a partir do hélio nas estrelas. É liberado a partir daí pelas explosões de supernovas, como discutido na seção anterior. Ao investigar as reações nucleares, levando à formação de carbono no interior das estrelas, Hoyle ficou impressionado com o fato de que as reações chave ocorram apenas por um golpe de sorte. Os núcleos de carbono são feitos por um processo muito complicado, incluindo o encontro simultâneo de três núcleos de hélio de alta velocidade, que estão ligados. Por causa da raridade de um encontro triplo, a reação pode evoluir para uma produção significativa de certas energias bem definidas (chamadas de "ressonâncias"), onde a taxa de reação é substancialmente ampliada por efeitos quânticos. Por sorte, uma dessas ressonâncias corresponde apenas ao tipo de núcleos de hélio de energia que estão nas estrelas. Curiosamente, Hoyle não sabia disso na época, mas previu que esta deveria ser na base de que o carvão é um elemento abundante na natureza. Outras experiências mostraram que ele estava certo. Um estudo detalhado revela outras "coincidências" sem os quais o carbono não tem sido produzidos ou preservados dentro das estrelas. Hoyle ficou tão impressionado com esta "monstruosa série de acidentes", que foi movido a comentar que era como se "as leis da física nuclear foram deliberadamente concebidas tendo em mente as conseqüências que elas produzem no interior das estrelas." [148] Mais tarde, ele explicou que o universo parecia uma obra "concebida", como se alguém tivesse tido "manipulado" as leis da física. [149]

147. *The Fitness of the Environment* por L. J. Henderson (reproduzido por Peter Smith, Gloucester, Massachusetts, 1970), p. 312

148 Citado em *Religion and the Scientist* (ed. Mervyn Stockwood, SCM, Londres, 1959), p. 82.

Estes exemplos são apresentados apenas como uma amostra. Uma longa lista de "acidentes felizes" e "coincidências" adicionais que tenham sido compilados desde então, principalmente pelo astrofísico Brandon Carter, Bernard Carr e Martin Rees. Tomados juntos, oferecem evidência impressionante que a vida como nós a conhecemos depende muito sensivelmente sobre a forma de as leis da física, e algum acidente aparentemente aleatório sobre os valores reais que a natureza escolheu para as massas de partículas diferentes, a intensidade algumas forças e assim por diante. Como estes exemplos foram amplamente discutidos em outros lugares, eu não vou enumerá-los aqui. Basta dizer que, se jogarmos de ser Deus, e escolher os valores para estas quantidades, vai virar um conjunto de botões, descobrimos que quase todas as posições dos botões resultaria em um universo inabitável. Em alguns casos, parece que os botões diferentes têm sido afinado com grande precisão para que o universo é como é e que a vida floresça. Em seu livro *Cosmic Coincidences* John Gribbin e Martin Rees concluiu: "As condições no nosso universo parecem realmente as únicas adequadas para formas de vida como nós." [150]

É uma verdade evidente dizer que só podemos observar um universo que é consistente com nossa própria existência. Como eu mencionei, essa conexão entre a capacidade humana de observar o universo e as leis e respectivas condições tornou-se conhecida, um pouco, infelizmente, como o Princípio Antrópico. Tão trivial como o Princípio Antrópico não afirma que a nossa existência de modo algum impõe as leis da física tomam a forma que eles têm, nem se tem que concluir que eles foram deliberadamente concebida com as pessoas em mente. Por outro lado, o fato de que mesmo pequenas mudanças na maneira como as coisas se poderia levar a um universo observável é certamente um fato de significado profundo.

Teria sido o Universo Projetado por um Criador inteligente?

Os primeiros filósofos gregos reconheceram que a ordem e a harmonia do cosmo exige uma

explicação, mas a idéia de que essas qualidades eram provenientes de um criador trabalhando de acordo com um plano preconcebido foi bem formulada apenas na era cristã. No século XIII, Tomás de Aquino ofereceu uma visão em que os corpos singulares que agem como se fossem guiados em direção a um objetivo definido ou propósito "para obter o melhor resultado." O ajustamento dos meios aos fins implica, argumentou Aquino, uma intenção. Mas, vendo que os corpos naturais, sem consciência, não podem prever essa intenção por si mesmos. "Portanto, existe algum ser inteligente, por quem todas as coisas naturais são direcionadas para um fim, e este ser chamamos Deus." [151]

O argumento de Aquino é do século XVII com o desenvolvimento da ciência mecânica. As leis de Newton explicam o movimento dos corpos materiais de uma forma perfeitamente adequado em termos de inércia e forças sem a supervisão divina. Esta explicação puramente mecanicista do mundo não deixou espaço para a teologia (causas que visam alvos). A explicação para o comportamento de objetos têm de olhar de perto as causas físicas - tais forças que lhes impressionou por outros organismos. No entanto, essa mudança de visão de mundo não acabou completamente com a idéia de que o mundo deve ter sido projetado por um propósito.

O próprio Newton, como tínhamos visto, acreditava que o sistema solar era muito desenvolvido para ter surgido apenas pela ação de forças cegas: "Este magnífico sistema do sol, planetas e cometas poderia somente proceder do conselho e domínio de um Ser inteligente e poderoso." [152] Portanto, mesmo dentro de uma visão mecanicista do mundo, se pode intrigar com a maneira em que os corpos materiais foram preparados no universo. Por muito que muitos cientistas supõem que a sutileza e a harmonia da organização da natureza é o resultado do acaso.

Este de vista foi articulada por Robert Boyle, da famosa lei de Boyle:

"A grande invenção do grande sistema do mundo e, especialmente, a curiosa estrutura de corpos e animais e o uso de seus sentidos e de outras partes foram as principais razões para todas as épocas e nações levarem os filósofos a reconhecer uma Divindade o autor dessas admiráveis estruturas. [153]

150. *Cosmic Coincidences* por Rees John Gribbin e Martin (Bantam Books, Nova York um de Londres, 1989), p. 269

151. *Suma Teológica* de Santo Tomás de Aquino, parte I ques. II art. 3.

152. *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* por Isaac Newton (1687), vol. III, Escólio Geral.

153 "A Disquisition About the Final Causes of Natural Things ", em *Obras de Robert Boyle*

(Londres, 1744) vol. 4, p. 522.

Boyle introduziu a famosa comparação entre o universo e um mecanismo de relógio, que foi mais eloqüentemente desenvolvido pelo teólogo William Paley no século XVIII. Suponha, Paley argumentava, que você estava "atravessando um deserto" e aparecesse um relógio deitado no chão. Quando se inspeciona ele observa-se a organização complexa de suas peças e como elas foram dispostas de forma cooperativa para alcançar um objetivo coletivo. Mesmo que você nunca viu um relógio e não tenha nenhuma idéia de sua função, estará inclinado para concluir de sua inspeção que é uma invenção projetada para uma finalidade. Paley argumentou que, quando consideramos a invenção muito mais elaborada da natureza, devemos chegar a mesma conclusão, ainda mais fortemente.

A fragilidade desse argumento, exposto por Hume, é procedida por uma analogia. O universo mecanicista é análogo ao do relógio, o relógio tem um projetista, então o universo deve ter um projetista. Pode-se dizer também que o universo é como um organismo, portanto, poderia ter desenvolvido a partir de um feto em um útero cósmico. É evidente que qualquer argumento analógico pode estabelecer um teste. A melhor coisa a fazer é oferecer apoio a uma hipótese. O grau de apoio vai depender de como encontrar a analogia persuasiva. Como John Leslie notou, se o mundo fosse repleto de pedaços de granito carimbado com uma legenda FEITO POR DEUS [154], como a marca do relógio, Será que Hume desse mundo se convenceria? "Você pode perguntar se todas as peças possíveis de aparente evidência de atividade criadora de Deus, incluindo a dizer, de mensagens escritas em cadeias de estruturas moleculares naturais ... seria minimizado com o comentário "Não é improvável" [155] É possível que existam provas claras de desígnio na natureza, mas estão escondidos em alguma maneira. Talvez a gente perceba a "marca do Arquiteto", quando chegamos a um certo nível de realização científica. Este é o tema do romance "Contato" do astrônomo Carl Sagan, no qual uma mensagem é sutilmente incorporada aos dígitos de pi (π) - um número que é construído sobre a estrutura do universo - e só é acessível através da utilização de análise computacional sofisticada.

É também o caso que a maioria das pessoas razoáveis aceitam outros argumentos sobre o mundo analógico. Um exemplo sobre a existência de um mundo físico. A nossa experiência imediata é sempre do nosso mundo mental, um mundo de impressões sensoriais. Em geral, pensamos que este mundo é um mapa razoavelmente confiável ou modelo de um mundo físico real, que é "lá fora", e distinguir entre sonho e imagens físicas. Como um mapa ou

modelo também é apenas uma analogia, neste caso, são normalmente preparados para aceitar. E um salto ainda maior de fé é necessária quando concluímos que existem outras mentes além da nossa. Nossa experiência de outros seres humanos é inteiramente obtido em nossa interação com seus corpos, suas mentes não conseguem perceber diretamente. Certamente outras pessoas se comportam como se eles compartilhavam nossas próprias experiências mentais, mas nunca poderemos saber. A constatação de que existem outras mentes é inteiramente baseada na analogia com os nossos próprios comportamentos e experiências.

O argumento do desígnio não pode ser classificado como certo ou errado, mas meramente sugestiva para uma maior ou menor grau. "Então, como encantador é isso? Nenhum cientista, poderia coincidir com Newton e declarar hoje que o sistema solar está preparado muito bem a surgir naturalmente. Embora a origem do sistema solar não é bem compreendido, são mecanismos conhecidos que poderiam ter planetas na forma ordenada em que está. No entanto, a organização geral do universo, muitos astrônomos sugeriram um elemento de desígnio. Então James Jeans, que proclamou que "o universo parece ter sido concebido por um matemático puro", também escreveu:

"Descobrimos que o universo mostra evidências de um poder projetista ou um controlador de ter algo em comum com a nossa própria mente individual - que ainda não descobriu a emoção, a moralidade, ou da apreciação estética, mas apesar da evolução no caminho que, por falta de um mundo melhor, nós definimos como matemática." [156]

154. MADE BY GOD no original NT

155. Universes por John Leslie (Routledge, Londres e Nova York, 1989), p. 160.

156. O Misterioso Universo por James Jeans (Cambridge University Press, Cambridge, 1931), p. 137.

Saíamos da astronomia por um momento. Os exemplos mais marcantes da "invenção da natureza" são do domínio da biologia, e são essas que Paley dedicou grande parte de sua atenção. Em biologia, a adaptação dos meios aos fins é lendária. Considere o olho, por exemplo. É difícil imaginar que este corpo não é projetado para fornecer a capacidade de ver. Ou que as asas de um pássaro não existem para o propósito de voar. Para Paley e muitos outros, essas adaptações intrincadas e bem sucedidas anunciam uma disposição providencial feito por um projetista inteligente. Infelizmente, todos conhecemos a morte

rápida desse argumento. A teoria da evolução de Darwin demonstrou decisivamente que a complexa organização eficaz adaptada ao ambiente pode ocorrer como resultado de mutação aleatória e seleção natural. Não há necessidade de qualquer projetista para produzir um olho ou uma asa. Estes organismos podem aparecer como resultado de um processo perfeitamente natural comum. Uma celebração triunfante da morte é brilhantemente apresentada em *O Relojoeiro Cego* do biólogo de Oxford Richard Dawkins.

O duro golpe para o argumento de desígnio causado ocasionalmente por Hume, Darwin e outros provaram que tem sido mais ou menos completamente abandonada pelos teólogos. É bastante curioso, no entanto, subiu por uma série de cientistas nos últimos anos. Em sua nova forma, o argumento não está dirigido aos objetos materiais do universo, mas as leis subjacentes, onde é imune o ataque Darwiniano. Para ver por que, deixe-me primeiro explicar a natureza essencial da evolução darwiniana. Na sua essência, a teoria de Darwin exige um conjunto ou um conjunto de indivíduos semelhantes em que a seleção pode atuar. Por exemplo, considere como os ursos polares têm sido tão bem misturados com a neve. Imagine uma coleção de caça do urso pardo, ou comer em um campo nevado. Suas presas podem facilmente ver a abordagem e fugiu em uma retirada precipitada. Os ursos pardos passariam tempos difíceis. Então, por algum acidente genético, um urso pardo dá à luz um urso branco. O urso polar tem uma vida melhor porque ele pode rastejar mais perto de sua presa sem ser notado com tanta facilidade. Vivem mais do que seus concorrentes e produzir mais descendentes marrons. Seus descendentes estão comendo melhor e produzem mais ursos polares. Seja muito antes de os ursos polares são dominantes, levando todos os alimentos, e vestindo ursos marrons à extinção.

É difícil imaginar que algo parecido com a história acima não é perto da verdade. Mas note-se como crucial é que existem muitos ursos para começar. Um membro do bloco acidentalmente nascido branco, e assim ganha uma vantagem seletiva em relação a outros. Todo o argumento depende de que a natureza é capaz de selecionar dentro de um conjunto de indivíduos competitivos semelhantes. Quando levamos isso para as leis da física e as condições cosmológicas iniciais, porém, não há nenhum conjunto de concorrentes. As leis e condições iniciais são exclusivas para o nosso universo. (Eu vou voltar à questão de saber se pode haver um conjunto de universos com leis diferentes em breve.) Se o caso que a existência de vida exige que as leis e condições iniciais do universo são afinadas com grande precisão, e que a sintonia fina efetivamente obtida, então a sugestão do desígnio parece obrigatória.

Mas antes de saltar para uma conclusão, iremos também considerar algumas objeções. Em

primeiro lugar, às vezes, é alegado que, se a natureza não favorece a vida, produzindo as condições adequadas nós não estaríamos aqui discutindo sobre isso. Isto é certamente verdade, mas dificilmente constitui um contra-argumento. O fato é que estamos aqui, e aqui, graças a alguns acordos de muita sorte. Nossa própria existência não pode explicar esses sistemas. Poderia minimizar o problema com o comentário de que somos realmente muito felizes que o universo só possui as condições necessárias para a vida florescer, mas é um capricho do destino sem sentido. Novamente, é uma questão de opinião pessoal. Suponha que poderia ser demonstrado que a vida seria impossível a menos que a razão entre a massa dos elétrons e prótons estava dentro 0,0000000001 por cento completamente independente de um número de - digamos, um centésimo da relação entre a densidade da água e mercúrio em 18 graus Celsius (64,4 graus Fahrenheit). Mesmo o cético mais obstinado certamente será tentado a concluir que "algo está acontecendo" aqui.

Então, como podemos determinar como raras são essas condições? O problema é que não existe uma maneira natural para quantificar a improbabilidade de "coincidências" conhecidas. Em que escala seria selecionado o valor de, digamos, a intensidade da força nuclear (que determina a posição das ressonâncias de Hoyle, por exemplo)? Se a escala é infinita, então qualquer intervalo finito de valores pode ser considerado uma probabilidade zero de ser selecionado. Mas, então, deve ser igualmente surpreso, não importa pouco suporte para os requisitos de vida restringir a esses valores. Esta é certamente um *reductio ad absurdum* do argumento todo. O que é necessário é uma metateoria - uma teoria de teorias, que fornecem uma probabilidade bem definida para um determinado intervalo de valores de parâmetro. Este metateoria não está disponível, ou mesmo foi dado o melhor de meu conhecimento. Até então, o grau de "estranheza" envolvido devem permanecer totalmente subjetivo. No entanto, é raro!

Outra objeção é por vezes levantada é que a vida evolui de acordo com as condições existentes, portanto não é surpreendente depois de tudo para encontrar a vida tão bem adaptada às suas circunstâncias. Isso pode ser verdade, como o que o estado geral das preocupações ambientais. Moderadas alterações climáticas, por exemplo, são possíveis de serem acomodados. Seria certamente um erro de chamar a Terra e dizer: "Olha como são as condições favoráveis para a vida! O clima é preciso, há uma oferta completa de oxigênio e água, a força da gravidade é conveniente para os membros, etc. Etc. Que uma extraordinária série de coincidências! "A Terra é um planeta entre um grande número espalhados em toda a nossa galáxia e além. A videira pode surgir apenas nos planetas onde as condições são adequadas. Se a Terra não tivesse sido um deles, então este livro teria sido escrito em

mudança em outra galáxia. Não estamos aqui preocupados com algo tão provinciano como a vida na Terra. A questão é: sob que condições de vida poderia aparecer pelo menos em algum lugar do universo? Se a vida surge, inevitavelmente encontrá-lo localizado em um local adequado.

O argumento da singularidade que eu tenho discutido não se refere a um nicho específico, mas com as mesmas leis subjacentes da física. A menos que essas leis cumpram determinados requisitos, a vida não tinha sequer começado. Obviamente, a vida baseada em carbono não pode existir onde não há carbono. Mas o que dizer sobre formas alternativas de vida tão amado pelos escritores de ficção científica? Mais uma vez, não podemos saber. Se as leis da física diferem apenas na sua forma atual, podem surgir novas possibilidades de vida que possam aparecer para substituir a perda potencial de vida como a conhecemos. Contra esta opinião generalizada de que os mecanismos biológicos são muito específicos e difíceis de operar, e seria improvável que surja pelo arranjo fortuito de física. Mas até que tenhamos uma boa compreensão da origem da vida, ou o conhecimento de estilos de vida alternativos no universo, a questão permanece em aberto.

A engenhosidade da Natureza

Voltando mais uma vez a famosa expressão de Einstein de que "Deus é sutil, mas não malicioso", ganhamos uma pista para um outro aspecto intrigante da ordem natural. Einstein disse que, para adquirir uma compreensão da mesma natureza devem exercer considerável habilidade matemática, a percepção física e estado de alerta, por causa do que a meta de entendimento é possível. Este é um tema já discutido em uma linguagem um pouco diferente no capítulo 6, onde salientei que o mundo parecia estar a ser construído de uma forma que sua descrição matemática não é trivial, embora ainda dentro das capacidades de raciocínio humano.

Ele comentou uma vez ou duas vezes, pois é muito difícil transmitir o conceito de sutileza matemática da natureza para aqueles não familiarizados com a física matemática, mas para os cientistas envolvidos é suficientemente clara. É talvez o mais impressionante sobre os tópicos da física de partículas e teoria de campo, onde vários ramos da matemática avançada devem ser reunidos. Coloque-o em matéria-prima mais, você acha que uma aplicação direta da matemática leva a um ponto, então é surpreendido. Alguma inconsistência interna aparece, ou a teoria produz resultados que são esperados diferente do mundo real. Então,

qualquer pessoa inteligente, venha descobrir um truque matemático - alguma brecha obscura em um teorema, talvez, ou uma elegante reformulação do problema original em uma linguagem inteiramente nova matemática - e lá rapidamente tudo se encaixa! É impossível resistir à tentação de dizer a natureza, pelo menos, tão inteligente quanto um cientista a detectar o truque e usá-lo. É comum ouvir os físicos teóricos, falando em uma linguagem muito informal e coloquial a forma como fazem, promovendo a sua teoria em particular com a expressão que é tão inteligente / sutil / elegante que é difícil imaginar a natureza não se aproveitar!

Deixe-me dar um breve esboço de um exemplo. O Capítulo 7 discutiu as recentes tentativas de unificar as quatro forças fundamentais da natureza. Por que a natureza implantou quatro forças diferentes? Não poderia ser mais simples, mais eficiente e elegante para ter três, ou talvez dois, talvez uma força, mas com quatro diferentes aspectos? Disso estão lidando os físicos buscando semelhanças entre as forças para ver se é possível uma fusão matemática. Nos anos sessenta os candidatos promissores foram a força eletromagnética e a força nuclear fraca. Soube-se que a força eletromagnética opera através da troca de partículas chamadas "fótons". Estes fótons se revoltam de frente e para trás entre as partículas eletricamente carregadas, como elétrons e as forças que os produzem. Quando você esfrega um balão e colá-lo no teto, ou senti o empurrar e puxar dos ímãs, você está testemunhando uma rede deste tipo de fótons itinerante invisivelmente fazendo seu trabalho. Você pode pensar que esses fótons são como mensageiros com notícias sobre a força entre as partículas da matéria, que deve responder a eles.

Agora os teóricos acreditam que algo semelhante ocorre no núcleo quando a força atua fraca. Uma partícula hipotética enigmáticamente conhecida como W , foi criada para atuar como um mensageiro de forma análoga ao fóton. Mas, enquanto os fótons eram familiares no laboratório, ninguém nunca tinha visto um W , então o guia principal foi a teoria matemática. A teoria foi reformulada em uma maneira que mostra sua semelhança com o eletromagnetismo de uma forma mais sugestiva. A idéia era que se você tiver dois esquemas matemáticos mais ou menos o mesmo, você pode empacotá-los em um único esquema amalgamado. Parte desse processo foi a introdução de uma partícula mensageira adicional conhecida como Z , que lembra o fóton ainda mais do que W . O problema era, mesmo nessa estrutura melhorada matemática de dois esquemas - as teorias do eletromagnetismo e a força fraca - ainda divergiam sobre a forma básica. Apesar de Z e do fóton compartilha muitas propriedades, suas mensagens tem que estar em extremos opostos do espectro. Isso ocorre porque a massa da partícula mensageira está ligada de alguma forma com a gama de força: a mais massiva partícula o mensageiro, o curto alcance da força em questão. Agora, a força eletromagnética é de uma gama ilimitada, exigindo uma partícula mensageira de massa

zero, enquanto que a força fraca está confinado às distâncias sub nuclear e exige que as partículas de seu mensageiro são tão grandes que excedem muitos átomos.

Deixe-me dizer algumas palavras sobre a falta de massa do fóton. A massa de uma partícula está relacionada com a sua inércia. Quanto menor a massa, menor inércia, pois a velocidade mais rápida quando empurrado. Se um corpo tem massa muito pequena, uma dinâmica que lhes conferem uma velocidade elevada. Se você imaginar partículas com menos e menos massa a sua velocidade será cada vez maior. Você poderia pensar que uma partícula com massa zero moveria a uma velocidade infinita, mas não é. A teoria da relatividade proíbe viajar mais rápido que a luz, então as partículas sem massa viajam na velocidade da luz. Fótons, sendo "partículas de luz" são o exemplo mais óbvio. Em contrapartida, a previsão era de que as partículas W e Z tem que ser de oitenta e noventa vezes a massa de um próton (mais pesado que a partícula conhecida estável), respetivamente.

O problema que os teóricos enfrentaram na década de sessenta, foi como combinar dois elegantes esquemas matemáticos que descrevem as forças eletromagnéticas e nuclear fraca se distinguem com clareza em um detalhe importante. A solução veio em 1967. Construído sobre a estrutura matemática desenvolvida há algum tempo por Sheldon Glashow, dois físicos teóricos, Abdus Salam e Steven Weinberg, independentemente vislumbraram uma saída. A idéia essencial era este. Suponha que a massa de W e Z não é uma qualidade primária, mas algo adquirido como resultado da interação com outra coisa, isto é, supor que essas partículas não têm, por assim dizer, nascido em massa, mas eles estão transportando o ónus da outra. A distinção é sutil, mas crucial. Isto significa que a massa não é atribuída às leis da física básica, mas o estado particular em que W e Z são encontrados.

Uma analogia pode tornar o ponto mais claro. Pegue um lápis em sua ponta e segure em vertical. Em seguida, solte. O lápis vai cair apontando para alguma direção. Diga para o nordeste. O lápis atingira este estado como resultado da gravidade da Terra. Mas o seu "Nordeste" não é uma qualidade intrínseca da gravidade. A gravidade da Terra é de fato uma "vertical" seguro, mas não uma tendência norte-sul ou leste-oeste, ou algo entre eles. Gravidade não faz distinção entre as direções horizontal. Portanto, o "nordeste" do lápis é apenas acessória propriedade do sistema de gravidade pastel que reflete o estado particular em que a caneta foi descartada.

No caso de W e Z, o papel da gravidade assume novo campo hipotético, chamado o campo de Higgs por Peter Higgs, da Universidade de Edimburgo. O campo de Higgs interage com W e Z porque "cai" em um sentido simbólico. Em vez de adquirir um "Nordeste" adquirem massa, e muito. Agora o caminho está aberto para a unificação com a força eletromagnética,

porque, basicamente, as partículas W e Z são "realmente" sem massa, como o fóton. Estes dois esquemas matemáticos podem ser agrupadas para produzir uma descrição unificada de uma única força "eletrofraca".

O resto, como dizem, é história. No início dos anos oitenta, finalmente, produziu partículas W e em seguida Z, nos aceleradores de CERN [157] perto de Genebra. A teoria foi brilhantemente confirmada. Verificou-se que duas forças da natureza eram, de fato, duas facetas de uma única força. O ponto que quero remarcar é que a natureza tem, evidentemente, aproveitado o furo no argumento de que podem ser acoplados e partículas sem massa. Você pode se você usar o mecanismo de Higgs. Há um posfácio para a história. O campo de Higgs é o único que faz o trabalho importante tem sua partícula associada, o chamado "bóson de Higgs." Na verdade, é provavelmente muito massivo, o que significa que é preciso muita energia para construí-lo. Ninguém ainda detectou um bóson de Higgs, mas a descoberta de um número na lista de espera para acontecer. Sua produção é uma das principais realizações do novo acelerador planejado para o deserto de Texas no final dos anos noventa. Conhecido como Superconducting Super Collider (SSC) [158], esta máquina monstro tem uma circunferência de cinquenta milhas [159], e acelerará prótons e antiprótons em energias sem precedentes. Em frente irá colidir feixes, produzindo reuniões ferocidade espantosa. A esperança é que o SSC pode embalar energia suficiente para produzir o bóson de Higgs. Mas os americanos estarão competindo com os europeus, que esperam que o Higgs pode ser exibida nos computadores do CERN. Claro, até que seja encontrado, não pode ter certeza de que a natureza está usando-o mecanismo de Higgs. Talvez ela tenha encontrado uma ainda mais inteligente. Esperemos que o ato final desse drama! [160] [161]

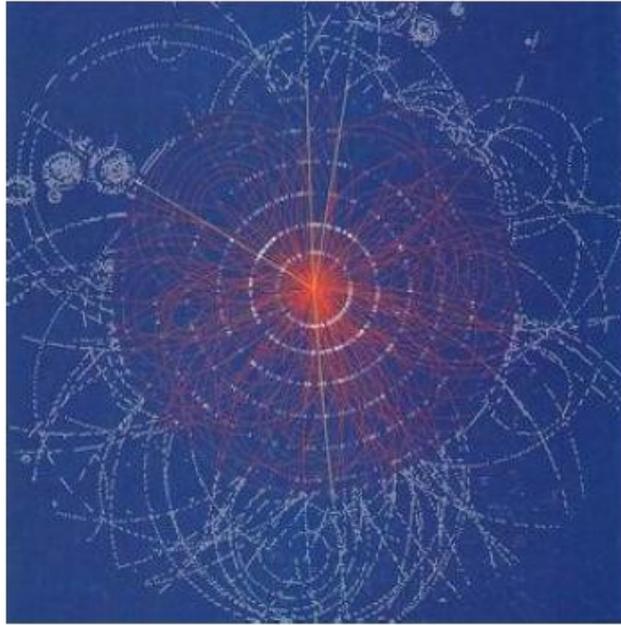
157. Centre for European Nuclear Research (CERN)

158. Superconducting Supercollider (SSC)

159. 80 km NT

160. Em 06 de setembro de 2000 a BBC News publicou um artigo do CERN os cientistas dizem ter encontrado evidências de Higgs, este artigo pode ser visto em:

<http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/NT913637.stm>



161

A detecção do bóson de Higgs pode parecer esta simulação de computador. O choque entre os prótons podem produzir um Higgs, que decai em quatro múons (linhas amarelas). Se produziram também partículas residuais (vermelho). Em seis camadas cilíndricas (linhas brancas) de microcintas de silício se registra onde as partículas carregadas atravessa o detector de camadas. Essas posições, juntamente com aqueles obtidos a partir de um sistema (pontos brancos), permitindo reconstruir suas trajetórias

Um Lugar Para tudo e Tudo em seu Lugar

Quando os cientistas se perguntam no seu trabalho, "Por que a natureza se torna este problema?" Ou "Qual é o sentido disso?" parecem que eles estão atribuindo à natureza do raciocínio inteligente. Embora muitas vezes acho que essas questões em um encontro casual, não rigoroso, há também um conteúdo sério. A experiência tem mostrado que as ações da natureza o nosso senso de economia, eficiência, beleza matemática e sutileza, e esta abordagem de pesquisa paga dividendos (como a unificação da força eletromagnética e fraca). Muitos físicos acreditam que por trás da complexidade dos objetos encontra-se uma unidade elegante e poderosa, e o progresso pode ser feito para explorar os "truques" que a

natureza tem sido explorada para gerar um universo intrinsecamente complexo e diversificada de sua simplicidade subjacente.

Há, por exemplo, um tom, embora mais ou menos universal entre os físicos que tudo o que existe na natureza tem de tomar "lugar" ou o papel como parte de um esquema maior, que a natureza não é dado o prazer de desperdiçar entidades desnecessário afirmar que a natureza não é arbitrária. Cada faceta da realidade física deve se juntar aos outros em uma forma "natural" e lógica. Portanto, quando a partícula chamada múon foi descoberto em 1937, o físico Isidor Rabi ficou surpreso. "Quem pediu isso?", Disse. O múon é uma partícula mais ou menos idêntica em todos os aspectos para a massa do elétron, que é 206,8 vezes maior. O irmão maior do elétron é instável e decai depois de um microssegundo, ou dois, por isso não é uma característica permanente do sujeito. No entanto, parece ser uma partícula elementar do direito e não um composto de outras partículas. A reação de Rabi é típica. Qual é o múon? Porque você precisa de outro tipo de natureza eletrônica, especialmente um que desaparece tão rapidamente? Quão diferente seria o mundo se o múon simplesmente não existe?

O problema, desde então, tornou-se mais acentuado. Agora, há dois irmãos mais velhos conhecidos. O segundo foi descoberto em 1974, é chamado de "tauon." Pior, mas tem outras partículas altamente instáveis que possuem irmãos mais velhos. Os chamados quarks - os blocos de construção da matéria nuclear, como os prótons e nêutrons - cada um tem duas versões mais pesadas também. Há também três tipos de neutrinos. A situação é mostrada esquematicamente na Tabela 1. Parece que todas as partículas conhecidas da matéria podem ser acomodadas em três "gerações". Na primeira geração são o elétron, neutrino e duas chamadas quarks "up" e "down", que juntos formam os prótons e nêutrons.

As partículas nesta primeira geração são essencialmente estáveis, e formam a matéria comum no universo que vemos. Os átomos do nosso corpo, o sol e as estrelas são formadas por essa primeira geração de partículas.

Tabla 1		
<u>Generación</u>	<u>Leptones</u>	<u>Quarks</u>
Primera	eléctron	down
	eléctron-neutrino	up
Segunda	muon	strange
	muon-neutrino	charmed
Tercera	tauon	bottom
	tauon-neutrino	top

As partículas conhecidas de matéria são compostas por doze entidades de base. Seis deles, chamado "leptons", são relativamente leves e interagem apenas fracamente. Os seis restantes, chamados "quarks" são interações pesados e fortes e formar o campo nuclear. As partículas podem ser organizadas em três gerações, com propriedades similares.

A segunda geração parece ser um pouco mais do que o dobro da primeira. Aqui se encontra o que surpreendeu Rabi. As partículas (com a possível exceção do neutrino) são instáveis, de repente, caiu na primeira geração de partículas. Então preste atenção, a natureza faz isso de novo, e dá-nos uma outra réplica do padrão na terceira geração! Agora você pode estar se perguntando se há algum final desta resposta. Talvez haja um número infinito de gerações, e que estamos testemunhando é realmente um simples padrões de repetição. A maioria dos físicos discordam. Em 1989, o novo acelerador de partículas do CERN, chamado LEP (Large Electron-Positron rig [grande anel elétron - posição]) foi usado para examinar cuidadosamente o decaimento da partícula Z. Agora Z decai em neutrinos, e a taxa de decomposição depende do número de espécies de neutrinos, disponíveis na natureza, portanto, uma medição cuidadosa das taxas pode ser usado para deduzir o número de neutrinos. A resposta é de três, o que sugere que há apenas três gerações. [162]

162 . Agradecimento da Colaboração do Dr. Ramón Soto Leonardo Moran

Portanto, temos uma pergunta. Por que três? Um infinito ou que tenha sido "natural", mas três parece franca perversidade. Este "quebra-cabeça para as gerações" tem sido o estímulo para um trabalho teórico importante. O progresso mais satisfatório em física de partículas foi produzido pelo uso de um ramo da matemática conhecido como "teoria do grupo". Ela é muito ligada com a questão da simetria, uma das expressões "favoritas" da natureza. A teoria do grupo pode ser usado para aparentemente conectar diferentes partículas em famílias unificadas. Agora, existem regras matemáticas definitivas sobre como esses grupos podem ser representados e combinados, e quantos de cada tipo de partículas descritas. A esperança é que uma descrição baseada na teoria de grupo e pareça ser útil em outras áreas,

mas que também exigiu três gerações de partículas. O desperdício resulta da natureza será visto então como uma consequência necessária de uma simetria mais unificadora.

Claro, ainda que a unificação mais profunda é estabelecida, o problema das gerações parece oferecer um contra-argumento de que a natureza é sutilmente econômica mas que maliciosamente arbitrária. Mas eu estou tão confiante que as ações da natureza o nosso senso de economia que estou feliz por apostar que o problema das gerações será resolvido na próxima década ou um pouco mais, e que a sua solução irá fornecer evidências adicionais impressionante que a natureza está em conformidade com princípio de "Um lugar para tudo e tudo em seu lugar."

Há um corolário interessante deste jogo para que as gerações reforçam o meu ponto de vista. Não acredito plenamente no conteúdo do Quadro 1. No momento da escrita, o quark "top" ainda não foi definitivamente identificado até agora. Em várias ocasiões, ele foi "descoberto" apenas para ser "perdida" logo em seguida. Agora, você pode perguntar por que os físicos estão tão confiantes que o quark top existe e que estão dispostos a gastar uma proporção significativa dos seus recursos escassos, está sendo procurado. Suponha que não existe. Suponha que ele é realmente um erro na tabela (que é, afinal, uma construção humana), então não há três gerações em absoluto, mas dois e três. Bem, seria muito difícil encontrar um médico que realmente acredita que a natureza pode ser tão mal, e quando o quark top é descoberto (como eu não tenho dúvida de que eventualmente venha a ser), que irá fornecer mais um exemplo da natureza tornando coisas em ordem.

O problema das gerações é realmente parte do esquema de uma maior unificação que já aludi, e que está sendo tomada por um pequeno exército de teóricos. John Polkinghorne, um físico nuclear anterior, antes de abraçar o sacerdócio, escreveu sobre a confiança que os físicos o próximo passo no programa de unificação:

"Meu colegas anteriores estão agora trabalhando para produzir uma teoria ainda mais abrangente. ... Eu diria que no presente os seus esforços têm um ar de invenção, até mesmo desespero sobre eles. Alguns fatos vitais ou idéias parecem ainda estar ocultos. No entanto, eu não tenho dúvida de que este curso um entendimento mais profundo é atingido e um padrão mais intrínseco é obtida com base na realidade física." [163]

163. "The Faith of a Physicist", de John Polkinghorne, *Physics Education* 22 (1987), p. 12.

Como eu mencionei, a chamada teoria das supercordas é a moda atual, mas certamente outras virão em breve. Apesar de grandes dificuldades pela frente, eu concordo com Polkinghorne. Eu não posso acreditar que esses problemas são realmente insolúveis, e a física das partículas não pode ser unificada. Todas as chamadas exigem-nos a supor que existe uma unidade em lugar da arbitrariedade, afinal, apesar do quebra cabeça.

Como um comentário final sobre a questão da "necessidade" de todas essas partículas, há um pensamento curioso sobre o múons, embora ausente da matéria ordinária, na verdade, desempenha um papel importante na natureza, afinal. A maioria dos raios cósmicos que atingem a superfície da Terra são efeito múons. Estes raios são parte da radiação de base e contribuir para as mutações genéticas que levam à mudança evolutiva. Portanto, pelo menos, e até certo ponto pode-se encontrar um uso para os múons na biologia. Este é outro exemplo de sucesso do encaixe dos pequenos e grandes, como mencionei neste capítulo.

Há Necessidade de um Projetista?

Espero que a discussão acima tenha convencido o leitor de que o mundo natural não é apenas a confecção de entidades e forças, mas um esquema matemático maravilhosamente inteligente e unificado. Agora, palavras como "inteligente" e "inteligentes" são qualidades incontestavelmente humanos, mas não se pode evitar atribuindo-lhes a natureza também. Este é apenas mais um exemplo de projeção sobre a natureza das nossas próprias categorias de pensamento, ou representa uma qualidade genuína e intrínseca do mundo?

Percorremos um longo caminho de relógio de Paley. Para retornar à minha analogia favorita de novo, o mundo da física das partículas é mais como um enigma do que um mecanismo de relógio. Cada nova descoberta é uma pista, que encontra a sua solução de alguma nova conexão matemática. Na medida em que os resultados são montados, cada vez mais ligações cruzadas para "encher", e se começa a ver um padrão emergir. Atualmente, existem muitos brancos no quebra-cabeça, mas alguns de sua sutileza e coerência pode ser visto. Em contraste com os mecanismos que podem evoluir lentamente ao longo do tempo para formas mais complexas ou organizadas, "palavras cruzadas" da física de partículas é concluído. As ligações não evoluem, eles estão simplesmente ali, na legislação em causa. Temos de aceitar como fatos brutos, ou verdadeiramente surpreendente ou procurar uma explicação mais profunda.

Segundo a tradição cristã, a explicação mais profunda é que Deus criou a natureza com

considerável engenhosidade e habilidade, e então a empreendimento da física de partículas está revelando parte desse projeto. Se fosse para aceitar isso, então a próxima pergunta é: Com que finalidade Deus tem este projeto? Em busca de uma resposta é preciso levar em conta as muitas "coincidências" mencionadas acima, em conexão com o Princípio Antrópico e requisitos para os organismos biológicos. A "sintonia fina" aparente de leis da natureza necessárias para permitir a evolução da vida no universo carrega a clara implicação de que Deus criou o universo para permitir a vida e a consciência emergisse. Isto significa que a nossa própria existência no universo formaram a parte central do plano de Deus.

Mas o projeto implica, necessariamente, um projetista? John Leslie alegou que não. Recordemos que em sua teoria da criação, o universo existe como resultado de um "requerimento ético" e escreveu: "Um mundo existente como um resultado de uma ética pode ser exatamente o mesmo, tão rico, que nos parece a prova de toque um projetista, seja ou não uma influência tão precisa depende de uma execução criativa por uma inteligência benevolente." [164] Em suma, o universo nos parece projetado e, ainda não foi.

164. Value and Existence de John Leslie (Basil Blackwell, Oxford, 1979), p. 24

Em *The Cosmic Blueprint*, escrevi que o universo parecia ser revelado de acordo com algum plano ou projeto. A idéia é (parcialmente) capturada uma forma esquemática pela Figura 12, onde o papel do projeto (ou o programa de computador cósmico, se você preferir) é interpretado pelas leis da física, e representado pela máquina de salsichas. A entrada é condições iniciais cósmicas, e a saída é complexidade organizada ou profundidade. Uma variante da imagem mostrada na Figura 13, onde a entrada é a questão da saída e da mente. A característica essencial é que algo de valor surge como o resultado do processamento da entrada de acordo com um conjunto de regras engenhosas pré-existentes. Essas regras se parecem como se elas foram o produto de um projetista inteligente. Eu não vejo como isso pode ser negado. Se você quer acreditar que realmente não houve uma tal concepção, e foi feito por algum tipo de ser, deve continuar a ser uma questão de gosto pessoal. Minha inclinação é apenas a supor que qualidades como criatividade, economia, beleza e assim por diante, são uma realidade transcendente - não apenas o produto da experiência humana - e essas qualidades são refletidas na estrutura do mundo natural. Se estas qualidades podem mesmo trazer o universo à existência, não sei. Se pudessem, se pode conceber Deus como sendo apenas uma personificação mítica de tais qualidades criativas, e não como um agente independente. Isto seria, claro, improvável que se satisfizesse com alguém que se sente um relacionamento pessoal com Deus.

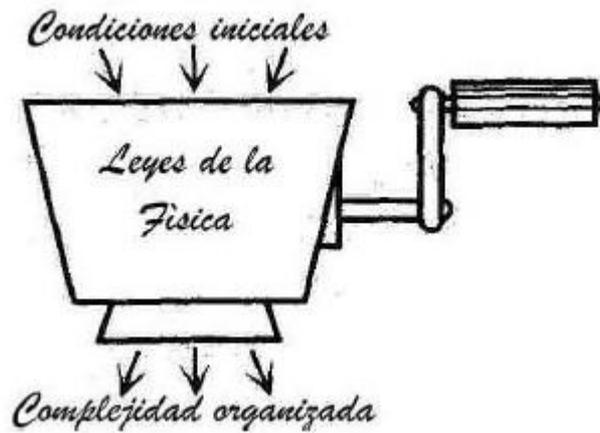


Figura 12. Representação simbólica da evolução cósmica. O universo começa em um estado relativamente simples e desprovido de recursos, que depois é "processado" pelas leis da física para produzir um estado que é rica em complexidade organizada.

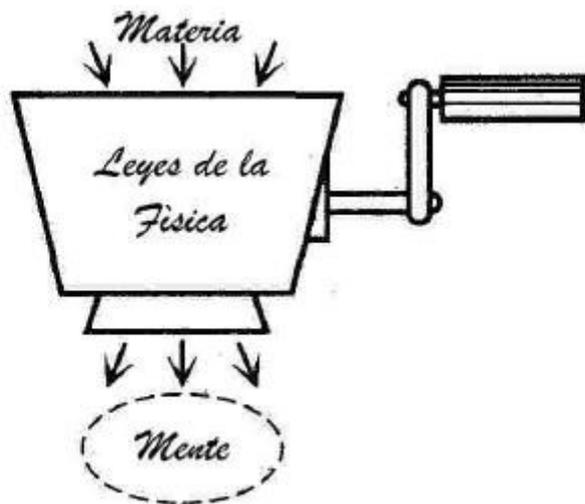


Figura 13. A evolução da questão do simples ao complexo mostrado na Figura 12 inclui a produção de organismos conscientes da matéria inanimada.

Múltiplas realidades

Sem dúvida, o mais sério desafio para o argumento de projeto provém, da hipótese alternativa de múltiplos universos, ou de múltiplas realidades. Introduzi esta teoria no capítulo 7, em conexão com o argumento cosmológico para a existência de Deus. A idéia básica é que o universo que nós vemos é apenas um de uma vasta gama. Quando ele foi implantado como um ataque contra o argumento do projeto, a teoria propõe que todas as condições físicas foram representadas em algum lugar no jogo, e a razão pela qual nosso próprio universo particular parecia concebido, é que a vida (e, portanto, consciência) seria capaz de aparecer apenas nos universos que têm a forma aparentemente inventadas para este fim. Portanto, não surpreende que nos encontramos em um universo tão auspiciosamente dispostos a necessidades biológicas. Tem sido "antropicamente selecionado."

Primeiro temos que perguntar o que vidência temos sobre esses outros mundos. O filósofo George Gale compilou uma lista das várias teorias da física de uma forma ou de outra envolvem um conjunto de universos. [165] A teoria dos múltiplos universos, muitas vezes discutido diz respeito à interpretação da mecânica quântica. Para ver como a incerteza quântica leva à possibilidade de mais de um mundo, considere um exemplo simples. Imagine um único elétron imerso em um campo magnético. O elétron tem um spin intrínseco que lhe confere um "momento magnético." Haverá uma energia de interação magnética do elétron com o campo magnético externo, e esta energia depende do ângulo entre a direção do campo fiscal e direção do próprio campo elétron. Se os campos estão alinhados, a energia será baixa, se forem opostos serão elevados, e os ângulos intermediários entre esses valores variam. Nós podemos realmente medir a orientação do elétron de uma medição de energia de interação. O que nós encontramos e que é fundamental para as regras da mecânica quântica, é que ele mostra apenas dois valores de energia, o que corresponde, grosso modo, o momento magnético do elétron, apontando tanto ao longo do campo magnético ou a ela se opõem.

165. "Cosmological fecundity: Theories of Multiple Universes" por George Gale, em *Physical Cosmology and Philosophy* (ed. J. Leslie, Macmillan, Londres, 1990), p. 189

Uma situação interessante aparece agora, se você deliberadamente preparamos o campo magnético do elétron deve ser perpendicular ao campo fiscal. Ou seja, garantir que o elétron não está apontando nem para cima nem para baixo no domínio externo, mas atravessou. Matematicamente, este acordo representa o elétron é descrito por um estado que é uma "superposição" de duas possibilidades. Ou seja, o Estado - novamente, a grosso modo - é um híbrido de duas realidades que se sobrepõem: spin-up e spin-down. Se agora é uma medida de energia, encontrará sempre os resultados para cima ou para baixo, e não estranha mistura de ambos. Mas a incerteza inerente da mecânica quântica impede saber antecipadamente qual destas duas possibilidades, na verdade prevalecerá. As regras da mecânica quântica permite, entretanto, atribuir probabilidades relativas a cada um. Em seguida, a versão bruta da teoria dos múltiplos universos, quando a medição é feito o universo se divide em dois exemplares, um em que o spin está para cima e outro que está em baixo.

Uma versão mais refinada prevê que sempre existem dois universos envolvidos, antes do experimento são idênticos em todos os aspectos. O efeito do experimento é produzir a diferença com relação à direção do spin dos elétrons. No caso em que as chances não são iguais, pode-se imaginar que há muitos mundos idênticos em proporção à probabilidade relativa. Por exemplo, se as chances eram de $2/3$ e até $1/3$ para baixo, pode-se imaginar três universos iniciais, dois permanecem os mesmos e têm spin-up e os outros se diferencia por possuir spin-down. Em geral, seria preciso um número infinito de universos, para cobrir todas as possibilidades.

Agora imagine que prorroga a idéia de um único elétron em todas as partículas quânticas do universo. Durante todo o cosmos, a incerteza inerente enfrentando cada partícula quântica está sendo continuamente abordada pela diferenciação de universos existentes na realidade cada vez mais independente. Esta imagem implica que tudo o que pode acontecer vai acontecer. Ou seja, cada conjunto de circunstâncias que são fisicamente possível (embora nem todos os que são logicamente possível) irá se manifestar em algum lugar dentro desse conjunto infinito de universos.

Esses universos devem ser considerados de alguma forma "paralelos" ou realidades coexistentes. Qualquer observador verá, é claro, apenas um deles, mas vamos supor que estados conscientes do observador fazem parte do processo de diferenciação, pois cada um desses mundos alternativos tira cópias das mentes dos observadores. Faz parte da teoria que você não consegue detectar a "divisão" mental, cada cópia de nós se sinta única e integral. No entanto, existe uma incrível quantidade de cópias de nós mesmos! Embora possa parecer

estranho, a teoria é suportada, em uma versão ou outra, por um grande número de físicos, bem como alguns filósofos. Suas virtudes são particularmente atraente para aqueles envolvidos em cosmologia quântica, onde interpretações alternativas da mecânica quântica parecem ainda menos satisfatório. Deve ser dito, porém, que a teoria tem seus críticos, alguns dos quais (por exemplo, Roger Penrose) contesta a exigência de não se notar a divisão.

Esta não é a conjectura apenas para um conjunto de mundos. Outro, um pouco mais fácil de visualizar, é que o que chamamos de "universo" pode ser apenas um pequeno pedaço de um sistema muito maior prolongado no espaço. Se olharmos para além dos 10.000 ou mais milhões de anos luz acessível para os nossos instrumentos, podemos ver (a teoria) de outras regiões do universo que é muito diferente da nossa. Não há limite para o número de domínios que poderiam ser incluídos, desta forma, uma vez que o universo poderia ser infinitamente grande. Estritamente falando, se definirmos "universo" para o que é, então esta é uma teoria de que várias regiões de múltiplos universos, mas a distinção é irrelevante para nossos propósitos.

A questão que nos propomos é se as provas para o projeto pode igualmente ser tomado como evidência de múltiplos universos. De certa forma, a resposta é sim, sem dúvida. Por exemplo, a organização espacial do cosmos em grande escala é importante na vida. Se o universo fosse altamente irregular buracos negros poderiam produzir gases turbulentos ao invés de galáxias que contêm bem ordenadas estrelas estáveis, capaz de favorecer a vida em planetas. Se você imaginar uma gama ilimitada de mundos em que a matéria foi distribuída ao acaso, o caos costumam prevalecer. Mas, aqui ou ali, por acaso, um oásis de ordem poderia ocorrer, permitindo a formação de vida. Uma adaptação do cenário de universo inflacionário sobre essa diretriz tem sido proposta e estudado pelo físico soviético Andrei Linde. Embora o oásis de tranquilidade era quase inimaginável estranho, não seria uma surpresa que nos encontramos habitando em um, pois não poderia viver em outro lugar. Nós não somos surpreendidos, afinal, para encontrar atipicamente localizado na superfície de um planeta, onde a esmagadora maioria do universo é na maior parte espaço vazio. Portanto, a ordem cósmica não precisa ser atribuído ao arranjo providencial das coisas, mas, sim, o efeito da seleção inevitável conectados com a nossa própria existência.

Esse tipo de explicação pode até mesmo ser estendido para qualquer das "coincidências" da física de partículas. Argumentou que o mecanismo de Higgs é invocado para explicar o modo no qual as partículas W e Z obtem suas massas. Nas teorias de unificação mais elaboradas se introduz outros campos de Higgs para gerar massas de todas as partículas, e

também para definir alguns parâmetros da teoria relacionada com a intensidade das forças. Agora, como na analogia de uma queda de lápis, o sistema pode cair em uma variedade de estados (Nordeste, Sudeste, Sul, Sudeste, etc.) Assim, nesse elaborado mecanismo de Higgs, partículas podem cair em diferentes estados. Quais estados são adotados dependeria, de flutuações quânticas, por exemplo, a incerteza inerente da mecânica quântica. Na teoria dos universos múltiplos pode-se supor que cada escolha possível é algo representado por um universo inteiro. Em alternativa, escolhas diferentes podem ocorrer em diferentes regiões do espaço. Assim, pode-se ver um conjunto de sistemas cosmológicos em que as massas e as forças têm diferentes valores. Poderia então ser possível argumentar que só quando essas quantidades assumir o valor "coincidencial" necessário para a vida, poderia este formasse.

Apesar do poder da teoria dos múltiplos universos para explicar o que seria considerado fato marcante especial sobre a natureza, a teoria enfrenta uma série de acusações graves. A primeira delas já discutidas no Capítulo 7, que é a chamada Navalha de Occam, que está introduzindo uma grande complexidade (na verdade infinita) para explicar as regularidades de um único universo. Acho que é uma abordagem errada para explicar a singularidade do nosso universo e cientificamente questionável. É também o problema óbvio que a teoria pode explicar apenas os aspectos da natureza que são relevantes para a existência de vida consciente, caso contrário não haveria nenhum mecanismo de seleção. Muitos dos exemplos que têm dado ao projeto, como a engenhosidade e a unidade da física das partículas, tem pouca ligação óbvia à biologia. Lembre-se que não é suficiente para ser simplesmente uma questão relevante para a biologia, tem que ser realmente crucial.

Outro ponto que é frequentemente esquecido é que todas as teorias dos múltiplos universos decorrentes da física real (em oposição a apenas fantasiar sobre a existência de outros mundos), as leis da física são as mesmas em todos os mundos. A seleção de universos oferecidos é restrito para aqueles que são fisicamente possíveis, ao contrário daqueles que se pode imaginar. Haverá muitos universos mais que são logicamente possíveis, mas que contradizem as leis da física. No exemplo do elétron tem spin-up ou spin-down, dois mundos contêm um elétron com a mesma carga elétrica, obedecendo as mesmas leis do eletromagnetismo, etc Assim, embora tais teorias de múltiplos universos forneçam uma seleção de estados alternativos do mundo, não pode fornecer uma escolha de leis. É verdade que a distinção entre os recursos da natureza que devem sua existência a uma verdadeira lei de base, e aqueles que podem ser atribuídas à seleção dos estados nem sempre é clara. Como vimos, certos parâmetros, tais como massas das partículas, que foram previamente definidas no âmbito da teoria, como parte das leis da física assumiu, são agora atribuídos aos estados através do mecanismo de Higgs. Mas este mecanismo só pode funcionar na teoria equipado com seu próprio conjunto de leis, e contêm mais recursos para ser

explicado. Além disso, embora as flutuações quânticas podem fazer com que o mecanismo de Higgs opere de forma diferente em diferentes universos, está longe de ser claro nas teorias apresentadas até o momento que todos os possíveis valores das massas das partículas, a intensidade de forças, etc., pode ser obtida. Principalmente, o mecanismo de Higgs e outros recursos chamados disjuntores produzir uma simetria discreta - de fato, finito - de alternativas.

É possível, portanto, como alguns físicos têm sugerido, explicar a legitimidade [166] da natureza desta forma. Seria possível, no entanto, estender a idéia de múltiplos universos para cobrir as diversas leis também? Não há nenhuma objeção lógica para isso, porém não há nenhuma justificção científica. Mas suponha que você está entretido pela existência de uma pilha de alternativas ainda mais abrangente para que qualquer noção de lei, ordem ou regularidade está ausente. Aqui o caos se aplica plenamente. O comportamento desses mundos é totalmente aleatório. Bem, da mesma maneira que um macaco jogando com uma máquina de escrever poderia eventualmente escrever Shakespeare, e em algum lugar entre a pilha enorme de realidades será mundos que são parcialmente ordenados, apenas por acaso. O Raciocínio Antrópico, em seguida, nos leva a concluir que qualquer observador vai perceber um mundo ordenado, incrivelmente rara em comparação com seus concorrentes caótico. Que isso poderia explicar o nosso mundo?

Acho que a resposta é claramente não. Deixe-me repetir que o argumento antrópico funciona somente para os aspectos da natureza que são cruciais para a vida. Se há uma extrema falta de leis, o número impressionante de mundos selecionados aleatoriamente desabitadas são ordenados apenas em formas que são essenciais para a preservação da vida. Não há razão, por exemplo, porque a carga do elétron deve permanecer absolutamente fixa, ou em que os elétrons diferente tem que ter a mesma carga. Pequenas flutuações nos valores da carga alimentação não seria necessariamente uma ameaça à vida. Mas o que mais permanece valor fixo - e fixados com uma precisão surpreendente - é a lei da física? Talvez se pudesse imaginar um conjunto de universos com uma seleção de leis, de modo que cada universo tem uma legislação completa e fixa. Poderíamos, então, talvez usar o raciocínio antrópico para explicar por que pelo menos algumas das leis nós observamos são aquelas que são. Mas essa teoria ainda tem de assumir o conceito de direito, e pode-se saber ainda de onde vêm essas leis, e como "juntar" o universo em uma forma "eterna".

166. Lawfulness no original, entendido como uma tendência para satisfazer certas leis NT

Minha conclusão é que a teoria dos múltiplos universos pode na melhor das hipóteses explicar apenas uma gama limitada de recursos, e só então se adiciona uma suposição metafísica que parece, menos extravagante que o projeto. No final da navalha de Occam obriga-me a apostar meu dinheiro para o projeto, mas como sempre em questões de metafísica, a decisão é uma questão de gosto, em vez de experimentação científica. É interessante notar, no entanto, é perfeitamente consistente de acreditar em ambos, um conjunto de universos e um Deus projetista. De fato, como discutido, as teorias plausíveis de conjuntos de mundos todavia requer uma medida de explicação, a natureza do universo em relação a respeitar as leis e porque há um conjunto de universos, em primeiro lugar. Gostaria também de mencionar que as discussões começam com observações de um único universo, e continuam a fazer inferências sobre a improbabilidade de esta ou aquela característica, levantaram questões profundas sobre a natureza da teoria da probabilidade. Acho que isso tem sido satisfatório no tratado de John Leslie, mas alguns comentaristas argumentam que a tentativa de argumentar "a posteriori" - neste caso, o evento é a nossa própria existência - é falacioso.

Darwinismo Cosmológico

Recentemente, uma adaptação interessante da teoria dos múltiplos universos, tem sido proposta por Lee Smolin em que evita algumas das objeções à outros sistemas de múltiplos universos, antecipando uma curiosa ligação entre as necessidades dos organismos vivos e a multiplicidade de muitos universos. O Capítulo 2 explica como a pesquisa da cosmologia quântica sugere que os "universos crianças" pode surgir espontaneamente como resultado de flutuações quânticas, e que se podia imaginar um universo "mãe", portanto, a criação dos filhos. Uma circunstância em que novos universos nasçam é a formação de um buraco negro. Segundo a teoria clássica (pré-quântica) da gravidade, um buraco negro reside uma singularidade, que pode ser considerado uma espécie de borda do espaço-tempo. Na versão quântica, a singularidade é salvo de alguma forma. Nós não sabemos, mas pode ser que o limite preciso do espaço-tempo é substituído por uma espécie de túnel ou de garganta ou cordão umbilical que liga o nosso universo com um universo bebê novo. Como explicado no capítulo 2, os efeitos quânticos faria com que o buraco negro irá evaporar, eventualmente, cortar o cordão umbilical, enviando ao universo infantil uma carreira independente.

O refinamento de Smolin dessa especulação é de que as condições extremas da singularidade quase teria o efeito de provocar pequenas variações aleatórias nas leis da física. Em particular, os valores de algumas das constantes da natureza, tais como as massas das partículas, encargos e assim por diante, poderão ser ligeiramente diferentes no universo das crianças que foram de sua mãe. A criança pode então evoluir um universo ligeiramente diferente. Dado gerações suficiente, pode ocorrer muito grandes variações entre os diferentes universos. É provável, no entanto, que aqueles que diferem substancialmente das nossas estrelas não evoluem como o nosso (lembre-se que as condições de formação de estrelas são muito especiais). Porque é mais provável que os buracos negros são formados a partir de estrelas mortas, esses universos não se produz uma grande quantidade de buracos negros e, portanto, não muitos universos dar à luz filhos. Em contrapartida, os universos com parâmetros físicos adequado para a produção de muitas estrelas também pode formar muitos buracos negros e tantos universos que possuem valores semelhantes para estes parâmetros. Essa diferença no ato da fertilidade cósmica como uma espécie de efeito de seleção darwiniana. Embora não seja realmente competindo universos, os universos são "bem sucedidos" e "menos êxito" para a proporção de universos "bem sucedido" - neste caso, os fabricantes eficiente de estrelas - no total da população seria muito grande. Smolin, em seguida, observa que a existência de estrelas é uma condição indispensável para a formação da vida. Portanto, as mesmas condições que incentivem a vida também incentiva o nascimento de um outro universo propício à vida. No esquema de Smolin, a vida é uma extrema raridade, como é em outras teorias de múltiplos universos. Em contraste, a grande maioria dos universos são habitáveis.

Apesar do seu apelo, não é claro que a teoria de Smolin faz alguns progressos na explicação da singularidade do universo. A conexão entre a seleção biológica e cosmológica é um recurso interessante, mas ainda podemos perguntar por que as leis da natureza são de tal forma que esta ligação ocorre. Que sorte que os requisitos de vida correspondem aos dos mundos crianças também. Além disso, nós ainda exigem a mesma estrutura básica da legislação em todos esses universos para a teoria faz sentido. Que essa estrutura básica, também permite a formação de vida continua a ser um fato notável [167] •

167. Notas de Dr. Ramón Leonardo Soto Moran 13 de Junho de 2003

1. Uma teoria física do A. Linde (1986) sobre múltiplos universos, como se isso não bastasse, os universos sempre jovem, apesar da data em que a luz não foi completamente superada, por isso seria bom para acrescentar uma nota explicativa sobre as idéias fundamentais seria um claro complemento de conteúdo quase gráfica desta leitura.

2. Se considerarmos a teoria de Friedman em um dos principais casos e nada mais e nada menos que a "implosão" do nosso universo de hoje, não estão dispostos a continuar a viver.

Imagine que todos os resíduos da criação deste vimos, e ainda nos deslumbra na medição direta do desenvolvimento da ciência e da arte, estão fadados ao mesmo curso início do nosso universo, ou seja, um big bang periódico e governada por Deus sabe quais são as leis. Daí a importância de, pelo menos, em sentido figurado e muito, muito especulativo para pensar sobre as idéias mencionadas no parágrafo 1.

3. A faísca que incendiou uma boa discussão sobre o chamado "darwinismo cosmológico" não pode nos cegar em relação a possíveis implicações na época como a loucura de combustível tamanho que foi chamado de "darwinismo social." Depois de muito cuidado com isso !

4. O que está pensando se não estamos sós neste nosso modesto, pequeno e quem sabe universo esta condenado a morte (tudo isso fazendo uso mental das teorias existentes) nós pensamos sobre os aspectos éticos da comunicação entre diferentes civilizações termina e aí sim, por que não falar de uma ética "darwinista?"

5. Uma vez que tudo isto classifica como "soberano exercício mental", demonstra a nossa capacidade como gênero de validar a diferença entre o melhor e o pior arquiteto da abelha, no entanto, e para qualquer pessoa a cometer suicídio em breve, deve ser mencionado que o presente momento não há nenhuma teoria capaz de explicar a quântica e aspectos gravitacional (juntos) para as fases de um universo recém-formado, o que significa dizer que, às vezes menos do que o tempo de Plank, ainda não há nada de concreto a dizer e sempre que possível, vá você saber o que estamos falando. ...

Capítulo 9 - O Mistério no Fim do Universo

"Eu sempre achei curioso que, enquanto a maioria dos cientistas afirmam evitar a religião, esta realmente dominando seus pensamentos mais do que o clérigos"

Fred Hoyle

A essência deste livro tem sido a de seguir a lógica do raciocínio científico, tanto quanto possível em busca de respostas definitivas para o mistério da existência. A idéia de que poderia haver uma explicação para tudo - para que toda a física e a metafísica formariam um sistema explicativo fechado - é tentadora. Mas o que podemos ter confiança de que o objetivo desta pesquisa não é apenas uma quimera?

O Poder da Tartaruga

Em seu famoso livro *Uma Breve História do Tempo*, Stephen Hawking começa por contar uma história sobre uma mulher que interrompe uma palestra sobre o universo para proclamar que ela sabe mais. O mundo, diz ele, é realmente um disco chato apoiado sobre as costas de uma tartaruga gigante. Quando perguntado onde a tartaruga fica apoiada, ela disse, "Existem tartarugas em todo o caminho!"

A história simboliza a essência do problema que enfrentam aqueles que buscam a resposta definitiva para o mistério da existência física. Gostaríamos de explicar ao mundo em termos de algo mais fundamental, talvez um conjunto de causas que em sua vez, se apóia em leis físicas ou princípios, mas também buscar uma explicação para esse nível mais fundamental, e assim por diante. Tem fim essa cadeia de raciocínio? É difícil se contentar com uma regressão infinita. "Nenhuma torre de tartarugas!" Proclama John Wheeler. "Não há estrutura, há planos de organização, nenhum esquema de idéias subjazido por outra estrutura ou o nível de idéias, Subjazendo a um outro nível, e ainda outro, *ad infinitum*, até a escuridão sem fundo." [168]

Qual é a alternativa? Existe uma "Super Tartaruga" em pé auto-sustentado na base da torre? Pode esta "tartaruga" super "auto-sustentar-se" de alguma forma? Vimos como o filósofo Spinoza argumentou que o mundo não pode ter sido de outra forma, que Deus não tinha escolha. O universo de Spinoza é suportado pela tartaruga de necessidade lógica pura. Mesmo aqueles que acreditam na contingência do mundo, muitas vezes apelam para o mesmo raciocínio, argumentando que o mundo é explicado por Deus, e Deus é logicamente necessário. No capítulo 7, eu verifiquei o problema que acompanha estas tentativas de explicar a contingência em termos de necessidade. O problema é menos grave para quem pretende abolir Deus e argumentar a favor de uma Teoria de Tudo o que poderia explicar o universo, e que também é único e com base na necessidade lógica.

Parece que a única alternativa é uma torre infinita de tartarugas ou a existência de uma super tartaruga final, com uma explicação de sua existência dentro de si. Mas há uma terceira possibilidade: um circuito fechado. Há um livro pequeno e divertido chamado "Círculo Vicioso e Infinito" [169], com fotos de anéis de pessoas (em vez de tartarugas) de cada

sessão, ao pé da pessoa por trás e, em troca de apoio ao adiante. [170] Este circuito fechado de apoio mútuo simboliza a concepção do universo de John Wheeler. "A física fez com que pareça a participação do observador, em vez de física da informação e da informação." [171] Esta afirmação um tanto enigmática é fundada sobre as idéias da física quântica, onde o observador e o observado do mundo são estreitamente interligados: por isso a "participação do observador." A interpretação de Wheeler da mecânica quântica é que somente através de atos de observação, a realidade física do mundo se materializa, e mesmo mundo físico é gerado pelos observadores que são responsáveis pela concretização de sua existência. Além disso, essa percepção é prorrogado até mesmo às mesmas leis da física, Wheeler, portanto, rejeita completamente a noção de leis eternas: "As leis da física não poderiam ter existido desde sempre e para sempre. Eles devem ter se tornado existentes no big bang." [172] Assim, em vez de apelar para as leis transcendentais que trouxe o universo à existência, Wheeler prefere a imagem de um circuito de "auto animado", onde o universo se inicia a si mesmo em sua existência, com leis e tudo mais. O próprio símbolo de Wheeler para este universo participativo de circuito fechado é mostrado na Figura 14. Como pode ser arrumado como esses sistemas realimentados, inevitavelmente, fracassam por não ter uma explicação completa sobre as coisas, você ainda pode se perguntar: "Por que esta ligação?" ou ainda, Por que há uma ligação em tudo? Mesmo um circuito fechado de mar de auto-suporte convida a pergunta: "Por que tartarugas?"

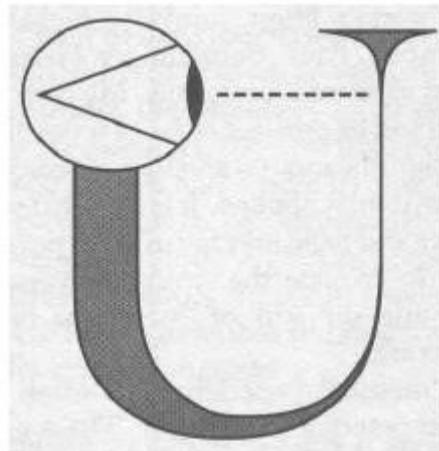


Figura 14. Representação simbólica de John Wheeler do "universo participativo" O grande U significa "universo", e os olhos dos observadores que venham a surgir em algum momento, e depois olhar para trás em direção à fonte.

As três modalidades anteriores são baseadas no pressuposto da racionalidade humana: É legítimo procurar "explicações" para as coisas, e nós realmente queremos dizer algo apenas quando ele ainda tem que admitir que o nosso conceito de explicação racional é provavelmente derivado de nossas observações do mundo e de nossa herança evolutiva. É claro que este fornece uma orientação adequada quando estamos brincando com questões fundamentais? Poderia ser o caso que a razão da existência não é explicada no sentido usual? Isso não significa que o universo é absurdo ou sem sentido, só uma compreensão da sua existência e as propriedades, ficaria fora das categorias do pensamento racional humano. Vimos como a aplicação do raciocínio humano na sua mais refinada e formal - o matemático - não deixa de ser cheia de paradoxos e incertezas. O teorema de Gödel nos diz que o método axiomático para fazer deduções lógicas a partir de certas hipóteses dadas geralmente não podem oferecer um sistema provado ser completo e consistente. Haverá sempre verdades que estão além do que não pode ser alcançado a partir de um conjunto finito de axiomas. A busca por um esquema lógico que fornece uma explicação completa e auto-consistente de todos é fadado ao fracasso. Como o número cabalístico Chaitin, é algo que pode ser abstrato "lá fora" - nós realmente sabemos sobre sua existência e partes dele -, mas não podemos conhecer a sua forma plena com base no pensamento racional.

Eu acho que, enquanto insistimos em identificar o "entendimento" com a "explicação racional" das sortes de coisas familiares na ciência, terminaremos inevitavelmente com o problema da tartaruga, ou uma regressão infinita, ou uma tartaruga misteriosamente super auto-explicativa, ou Anel inexplicável de tartarugas haverá sempre mistério no final do universo. Pode ser, entretanto, existem outras formas de entendimento que satisfaça a mente inquiridora. Poderá ter sentido o universo se o problema da tartaruga? Existe uma maneira para o conhecimento - até mesmo "conhecimento final" - que eu esteja enterrado o caminho da investigação científica e raciocínio lógico? Muita gente diz que, se houver. É chamado de misticismo.

168: "Information, Physics, Quantum: The search for Links" de John Wheeler, Complexity, Entropy and the Physics of Information (ed. Wojciech H Zurek Addison-Wesley, Redwood City, California, 1990), p. 8. See also n. 21 to ch. 7.

Vicious Circles and Infinity no original. NT.

170. Vicious Circles and Infinity: An Anthology of Paradoxes por Patrick Hughes e George Brecht (Doubleday, New York 1975), placa 15.

171 "Information" por Wheeler, p. 8

172. Ibid., P. 9.

Conhecimento Místico

Muitos cientistas têm uma profunda desconfiança do misticismo. Não surpreende, pois o pensamento místico está no extremo oposto do pensamento racional, que é a base do método científico. Além disso, o misticismo tende a ser confundido com o oculto, paranormal e outras crenças marginais. Na verdade, muito dos maiores pensadores do mundo, incluindo alguns notáveis cientistas como Einstein, Pauli, Schrödinger, Heisenberg, Eddington e Jeans, juntaram-se ao misticismo. Meu sentimento pessoal é que o método científico deve ser prosseguido, tanto quanto possível. O misticismo não é um substituto para a investigação científica e raciocínio lógico, embora esta abordagem pode ser aplicada de forma consistente. É só no passado, as questões fundamentais em que a lógica e a ciência pode deixar-nos. Eu não estou dizendo que a ciência e a lógica podem fornecer respostas erradas, mas podem ser incapazes de responder à espécie de "por quê?" (Em oposição ao "como") que nós pedimos.

A expressão "experiência mística" é freqüentemente usada por pessoas religiosas ou para aqueles que praticam a meditação. Essas experiências, que são certamente bastante reais para aqueles que as experimentam, seriam difíceis de expressar em palavras. Místicos muitas vezes falam de um sentimento avassalador de estar na presença do universo, ou Deus, a vislumbrar uma visão holística da realidade, ou estar na presença de uma influência poderosa e amorosa. Mais importante, os místicos pode apreender a *realidade última*, em uma experiência única, em contraste com a seqüência longa e tortuosa dedutiva (explicado o problema da tartaruga) o método lógico de investigação científica. Às vezes o caminho místico parece envolver um pouco mais que um sentimento interior de paz - "uma calma alegre e compassiva, que se situa para além da atividade da mente ocupada", foi a maneira que um colega físico uma vez descreveu para mim. Einstein falou de um "sentimento religioso cósmico" que inspirou suas reflexões sobre a ordem e a harmonia da natureza. Alguns cientistas, sobretudo o físico Brian Josephson e David Bohm acredita que experiências místicas alcançadas através da prática regular da meditação silenciosa pode ser um guia útil na formulação de teorias científicas.

Em outros casos, as experiências místicas parecem ser mais direto e revelador. Russell Stannard escreveu sobre a impressão de enfrentar uma força dominante de algum tipo, "de molde a impor respeito e reverência. ... Há um senso de urgência sobre o assunto, o poder é de origem vulcânica, reprimido, pronto para ser liberado." [173] O escritor de ciência David

Peat descreve "um notável senso de intensidade que parece invadir o mundo à nossa volta com significado. ... Nós sentimos que nós estamos jogando algo universal e eterno, talvez, de modo que adquire um determinado momento sublime e o tempo parece se expandir sem limites. Nós sentimos que as fronteiras entre nós e o mundo exterior desaparece, porque o que estamos experimentando está além da categoria e as tentativas de ser capturado no pensamento lógico." [174]

173. *Grounds for Reasonable Belief* por Russell Stannard (Scottish Academic Press de Edimburgo, 1989), p. 169

174. *The Philosopher's Stone: The Sciences of Synchronicity and Creativity* por F. David Peat (Bantam Doubleday, New York, 1991), na imprensa.

-

A linguagem usada para descrever essas experiências geralmente reflete a cultura das pessoas em causa. Os místicos ocidentais tendem a enfatizar a qualidade pessoal da presença, muitas vezes se descrevem como estar com alguém, geralmente a Deus, que é diferente de si mesmos, mas que sente uma ligação profunda. Há, naturalmente, uma longa tradição de tais experiências religiosas na Igreja Cristã, e entre outras religiões ocidentais. Os místicos orientais enfatizam a totalidade da existência, e tendem a identificar-se mais perto do presente. O escritor Ken Wilber descreve a experiência mística oriental em uma linguagem caracteristicamente enigmática:

"Na consciência mística, a realidade é detido, direta e imediatamente, ou seja, sem mediação, qualquer elaboração simbólica, qualquer conceituação ou abstração, sujeito e objeto se torna um em um ato atemporal e onipresente está além de toda e qualquer forma de meditação. Os místicos falam da realidade universal de contato em sua "semelhança" em sua "mesmice" em seu "aperto", sem qualquer intermediário, além das palavras, símbolos, nomes, pensamentos, imagens". [175]

A essência da experiência mística, então, é um tipo de atalho para a verdade, um contato direto e imediato com uma derradeira realidade percebida. Segundo Rudy Rucker:

"O ensinamento central do misticismo é esta: *a realidade é Una*. A prática do misticismo é encontrar formas de experimentar esta unidade diretamente. O Uno foi chamado de várias maneiras, o Bom Deus, Cosmos, Mente, o Vazio, ou (talvez mais neutro), o Absoluto. Nenhuma porta do castelo labiríntico da ciência abre diretamente para o Absoluto. Mas se você entender o labirinto bem o suficiente, você pode saltar para fora do sistema e a experiência do eu absoluto. ... Mas no final, o conhecimento místico do curso seja atingido ou não atingido em tudo. Há uma transição gradual. ..." [176]

No capítulo 6 foi descrito como alguns cientistas e matemáticos afirmam que tiveram súbitos dados reveladores semelhantes às experiências místicas. Roger Penrose descreve a inspiração matemática como uma aparição repentina no reino platônico. Rucker relata que Kurt Gödel também falou da "outra conexão com a realidade", pelo qual ele podia perceber diretamente os objetos matemáticos, tais como infinito. Gödel mesmo era aparentemente capaz de conseguir isso através da adoção de práticas meditativas como o fechamento de outra maneira e estar em um lugar tranquilo. Para outros cientistas experiência reveladora ocorre espontaneamente no meio do clamor por dia. Fred Hoyle relata um incidente como o que aconteceu enquanto estava dirigindo no norte da Inglaterra. "Assim como a revelação de que ocorreu a Paulo no caminho de Damasco, a estrada levou-me a Bower Moor .." Hoyle e Jayant Narlikar seu colega estavam no final dos anos sessenta, trabalhando em uma teoria cosmológica do eletromagnetismo envolvendo uma matemática um pouco decepcionante. Um dia, enquanto eles estavam lutando com uma particularmente difícil integral, Hoyle decidiu tirar umas férias de Cambridge para se reunir com alguns colegas para andar nas Highlands escocesas.

"Enquanto as milhas passou mentalmente transformou o problema da mecânica quântica, a forma confusa que geralmente eu tenho que pensar sobre a matemática na minha cabeça. Normalmente, eu tenho que escrever tudo no papel, e depois jogar com as equações integrais e a melhor maneira que pudermos. Mas em algum lugar Bowes Moor meus conhecimentos de matemática, ficou claro, nem um pouco, nem muito, mas como se uma luz imensa e brilhante havia sido acesa. O que me levou totalmente convencido de que o problema foi resolvido? Menos de cinco segundos. Apenas duro para ter certeza que antes do fade claramente farto das etapas essenciais armazenados e disponíveis em minha memória. É indicativo do grau de certeza que eu senti no dia seguinte, não se preocupou em escrever qualquer coisa no papel. Quando dez dias mais tarde ou assim, retornar a Cambridge achei possível escrever tudo sem dificuldade." [177]

Hoyle também relata uma conversa sobre o tema da revelação com Richard Feynman:

"Alguns anos atrás eu tinha uma descrição gráfica de Dick Feynman como você se sente um momento de inspiração, como é seguido por uma intensa sensação de euforia, que dura talvez dois ou três dias. Perguntei quantas vezes isso aconteceu, para que Feynman respondeu "quatro", ao qual ambos concordam que 12 dias de euforia não foi uma grande recompensa para uma vida de trabalho. [178]

175 Quantum Questions (ed. Ken Wilber, Biblioteconomia Novo, Shambhala, Boulder e Londres, 1984), p. 7

176 Infinity and Mind por Rudy Rucker (Birkhauser, Boston, 1982), PP47, 170.

177. "The Universe: Past and Presente", de Fred Hoyle, da Universidade de Cardiff relatório 70 (1981), p. 43

178. Ibid., P. 42.

-

Eu mencionei a experiência de Hoyle aqui em vez de no capítulo 6, porque ele próprio descreve como um verdadeiro acontecimento religioso (em oposição à puramente platônico). Hoyle acreditava que a organização do cosmos é regida por uma "super inteligência " a qual seca a evolução através de processos quânticos, uma idéia que eu mencionei brevemente no Capítulo 7. Além disso, o de Hoyle é um Deus teológico (algo como Aristóteles ou Teilhard de Chardin) para levar o mundo a um estado final no futuro infinito. Hoyle acredita que atuar em escala quântica essa super inteligência pode implementar idéias para o futuro, e completas no cérebro humano. Isto, sugere Hoyle, é a fonte de inspiração matemática e musical.

O Infinito

Em nossa busca por respostas mais recentes é difícil não ser conduzido de uma maneira ou de outra até o infinito. Se isto é uma torre infinita de tartarugas, uma infinidade de mundos paralelos, um conjunto infinito de proposições matemáticas ou um Criador infinito, a existência física certamente não pode estar enraizada em algo infinito. As religiões ocidentais têm uma longa tradição de identificar Deus com o infinito, enquanto a filosofia oriental procura eliminar as diferenças entre os um e muitos, e identificar o vácuo e o Infinito - zero e o infinito.

Quando os primeiros pensadores cristãos, como Plotino proclamou que Deus é infinito, preocupavam-se basicamente para mostrar que Ele não se limitou de forma alguma. O conceito matemático de infinito era para essa época ainda muito vago. Acreditou-se geralmente um limite para o infinito, que poderia construir uma lista, mas na realidade é inatingível. Mesmo Aquino, que deu a Deus uma natureza infinita, não estava preparado para aceitar que a infinidade tem mais que apenas uma existência potencial, em oposição a uma existência real. Um Deus onipotente "não pode fazer algo absolutamente ilimitado", afirmou.

A crença de que o infinito era paradoxal e contraditório em si mesma persistiu até o século XIX. Nesta fase, o matemático Georg Cantor, ao investigar problemas em trigonometria, finalmente conseguiu dar uma demonstração lógica e rigorosa de auto-consistência do infinito real. Cantor passou maus momentos com seus pares, foi desprezado por alguns matemáticos eminentes e levado como louco. Na verdade sofria de uma doença mental. Mas, eventualmente, as regras para a manipulação de números infinitos consistente, apesar de muitas vezes bizarros e anti-intuitivo, passaram a ser aceitos. Na verdade grande parte do século XX, a matemática é baseada no conceito de infinito (ou infinitesimal).

Se o infinito pode ser apreendido e manipulado usando o pensamento racional, Isto abre o caminho para entender a explicação última das coisas sem a necessidade de misticismo? Não, não. Para ver por que, nós tomamos um olhar para o conceito de infinito mais próximo.

Uma das surpresas do trabalho de Cantor é que não há só um infinito, mas uma multiplicidade deles. Por exemplo, o conjunto de todos os números inteiros e frações, ambos são infinitos. Sente-se intuitivamente que há frações mais inteiros, mas não tão assim. Por outro lado, o conjunto de todos os lugares é maior do que o conjunto de todas as frações, ou todos os números inteiros. Poderíamos perguntar Existe um infinito mais grande? Bem, o que acontece se combinar todos os conjuntos infinitos juntos em um super conjunto? A classe de todos os conjuntos possíveis foi chamada o Absoluto de Cantor. Não é um problema. Esta entidade não é em si um todo, pois se fosse, por definição, deve incluir em si. Mas os conjuntos auto-referenciais cai dentro do paradoxo de Russell.

E aqui estamos novamente encontrar os limites "Gödelianos" do pensamento racional - o mistério no fim do universo. Não podemos conhecer o Absoluto de Cantor, ou de qualquer

outro absoluto, por meios racionais, a qualquer absoluto, sendo uma unidade e, portanto, completa em si mesma, deve ser auto incluído. Como Rucker apontou em conexão com a paisagem mental - a classe de todos os conjuntos de idéias - "Se a paisagem mental é, ele é um membro de outro compromisso, e, portanto, só pode ser realizado através de uma luz ou visão mística. Nenhum pensamento racional é um membro de si mesma, de modo nenhum pensamento racional pode amarrar em uma paisagem mental " [179]

179. Infinity por Rucker, P. 48.

O que é o Homem?

"Eu não me sinto como um alienígena neste universo."

Freeman Dyson

Será que a admissão franca do desespero discutidos na seção anterior que todo raciocínio metafísico não tem nenhum valor? Devemos adotar uma abordagem pragmática ateísta que está de acordo com fazer o universo como um dado, e continuar catalogando suas propriedades? Não há dúvida de que muitos cientistas estão se opondo temperadamente a qualquer forma de argumentos metafísicos e místicos. Desdenham a noção que pode haver um Deus, ou mesmo um princípio criativo impessoal que poderia sustentar a realidade e proporcionar aos seus aspectos contingentes menos arbitrariamente. Pessoalmente eu não compartilho de seu desdém. Embora muitas teorias metafísicas e teístas parecem inventadas ou infantis não são, obviamente, mais absurdas do que a crença de que o universo existe, e existe a maneira como ele é, sem razão. Parece que, pelo menos, vale a pena tentar construir uma teoria metafísica que reduz um pouco a arbitrariedade do mundo. Mas no final, uma explicação racional do mundo, no sentido de um sistema fechado e completo de verdades lógicas é quase certamente impossível. Estamos impedidos de alcançar o conhecimento final, a última explicação, por várias regras de raciocínio que são encorajados a procurar essa explicação em primeiro lugar. Se queremos progredir, devemos adotar um conceito diferente de "compressão" do que de explicação racional. Possivelmente o caminho místico é um caminho para o entendimento. Eu nunca tive uma experiência mística, mas mantenho a mente aberta sobre o valor de tais experiências. Pode ser que eles fornecem a única via para além dos limites que a ciência e a filosofia pode nos levar, o único caminho possível para o Último.

O tema central que tenho explorado neste livro é que através da ciência, nós, seres humanos somos capazes de apreender pelo menos alguns dos segredos da natureza. Temos rachado parte do código cósmico. Para o que poderia ser, porque o *Homo sapiens* deve levar a centelha da racionalidade que fornece a chave para o universo, é um profundo enigma. Nós, que somos filhos do universo – poeiras das estrelas animados - pode, no entanto, refletir sobre a natureza do universo, mesmo tão longe como a discernir as regras que funcionam. Como temos sido ligados a esta dimensão cósmica é um mistério. Mas a ligação não pode ser negada.

O que isso significa? Qual é o homem por fazer parte desse privilégio? Eu não posso acreditar que nossa existência neste universo é aleatória, um acidente da história, um choque acidental no grande drama cósmico. Nós somos muito intimamente envolvidos. As espécies físicas *Homo* pode não significar nada, mas a existência da mente, em alguns organismos em alguns planetas no Universo é certamente um fato de importância fundamental. Através de seres conscientes o universo gerou auto-consciência. Isso não pode ser um detalhe banal, um subproduto de forças menores, sem propósito e sem significado. Há uma verdadeira razão para nós estamos aqui • -

Bibliografia Seleccionada

- Barbour, Ian G. *Religion in an Age of Science* (SCM Press, London, 1990).
- Barrow, John. *The World Within the World* (Clarendon Press, Oxford, 1988).
- Barrow, John. *Theories of Everything: The Quest for Ultimate Explanation* (Oxford University Press, Oxford, 1991).
- Barrow, John D., and Tipler, Frank J. *The Anthropic Cosmological Principle* (Clarendon Press, Oxford, 1986).
- Birch, Charles. *On Purpose* (New South Wales University Press, Kensington, 1990).
- Bohm, David. *Wholeness and the Implicate Order* (Routledge & Kegan Paul, London, 1980).
- Coveney, Peter, and Highfield, Roger. *The Arrow of Time* (W. H. Allen, London, 1990).
- Craig, William Lane. *The Cosmological Argument from Plato to Leibniz* (Macmillan, London, 1980).
- Drees, Wim B. *Beyond the Big Bang: Quantum Cosmologies and God* (Open Court, La Salle, Illinois, 1990).
- Dyson, Freeman. *Disturbing the Universe* (Harper & Row, New York, 1979).
- Ferris, Timothy. *Coming of Age in the Milky Way* (Morrow, New York, 1988).
- French, A. P., ed. *Einstein: A Centenary Volume* (Heinemann, London, 1979).
- Gleick, James. *Chaos: Making a New Science* (Viking, New York, 1987).
- Harrison, Edward R. *Cosmology* (Cambridge University Press, Cambridge, 1981).
- Hawking, Stephen W. *A Brief History of Time* (Bantam, London and New York, 1988).
- Langton, Christopher G., ed. *Artificial Life* (Addison-Wesley, Reading, Mass., 1989).
- Leslie, John. *Value and Existence* (Basil Blackwell, Oxford, 1979).
- Leslie, John. *Universes* (Routledge, London and New York, 1989).
- Leslie, John, ed. *Physical Cosmology and Philosophy* (Macmillan, London, 1990).
- Lovell, Bernard. *Man's Relation to the Universe* (Freeman, New York, 1975).
- MacKay, Donald M. *The Clockwork Image* (Inter-Varsity Press, London, 1974).
- McPherson, Thomas. *The Argument from Design* (Macmillan, London, 1972).
- Mickens, Ronald E., ed. *Mathematics and Science* (World Scientific Press, Singapore, 1990).
- Monod, Jacques. *Chance and Necessity*, trans. A. Wainhouse (Collins, London, 1972).
- Morris, Richard. *Time's Arrows* (Simon and Schuster, New York, 1984).
- Morris, Richard. *The Edges of Science* (Prentice-Hall Press, New York, 1990).
- Pagels, Heinz. *The Dreams of Reason* (Simon and Schuster, New York, 1988).

Pais, Abraham. *Subtle Is the Lord: The Science and the Life of Albert Einstein* (Clarendon Press, Oxford, 1982).

Peacocke, A. R., ed. *The Sciences and Theology in the Twentieth Century* (Oriel, Stocksfield, England, 1981).

Penrose, Roger. *The Emperor's New Mind. Concerning Computers, Minds and the Laws of Physics* (Oxford University Press, Oxford, 1989).

Pike, Nelson. *God and Timelessness* (Routledge & Kegan Paul, London, 1970).

Poundstone, William. *The Recursive Universe* (Oxford University Press, Oxford 1985).

Prigogine, Ilya, and Stengers, Isabelle. *Order Out of Chaos* (Heinemann, London 1984).

Rowe, William. *The Cosmological Argument* (Princeton University Press, Princeton, 1975).

Rucker, Rudy. *Infinity and the Mind* (Birkhauser, Boston, 1982).

Russell, Robert John; Stoeger, William R.; and Coyne, George V., eds. *Physics, Philosophy and Theology: A Common Quest for Understanding* (Vatican Observatory, Vatican City State, 1988).

Silesius, Angelus. *The Book of Angelus Silesius*, trans. Frederick Franck (Vintage Books, New York, 1976).

Silk, Joseph. *The Big Bang* (Freeman, New York, 1980).

Stannard, Russell. *Grounds for Reasonable Belief* (Scottish Academic Press, Edinburgh, 1989).

Swinburne, Richard. *The Coherence of Theism* (Clarendon Press, Oxford, 1977).

Torrance, Thomas. *Divine and Contingent Order* (Oxford University Press, Oxford, 1981).

Trusted, Jennifer. *Physics and Metaphysics: Facts and Faith* (Routledge, London, 1991).

Ward, Keith. *Rational Theology and the Creativity of God* (Pilgrim Press, New York, 1982).

Ward, Keith. *The Turn of the Tide* (BBC Publications, London, 1986)

Weinberg, Steven. *The First Three Minutes* (Andre Deutsch, London, 1977).

Wilber, Ken, ed. *Quantum Questions* (New Science Library, Shambhala, Boulder, and London, 1984).

Zurek, Wojciech H., ed. *Complexity, Entropy and the Physics of Information* (Addison-Wesley, Redwood City, California, 1990).•

Tradução da versão em espanhol

Para mais livros e traduções visite: <http://ebooks-livros.blogspot.com>