Milagres na Bíblia Violam Leis Físicas Conhecidas?

Eduardo F. Lütz
edlutz@gmail.com

Conteúdo

1 Introdução

Antes de iniciar, é importante deixar claro que este não é um artigo científico. Se encaixa mais na categoria de bate-papo sobre um tema de interesse especialmente para cristãos.

Se não fossem diversas linhas filosóficas estranhas baseadas em generalizações equivocadas e conceitos inconsistentes que fazem muito sucesso e têm sido amplamente divulgados e aceitos tanto no meio cristão quanto fora dele, o assunto deste texto seria fácilmente resolvido e entendido. Porém, como precisamos lidar com muitos problemas conceituais antes de chegar ao ponto (e não teremos condições de lidar com todo tipo possível de ideia estranha que circula hoje em dia), textos deste tipo acabam sendo muito longos. É importante, porém, tratar de pelo menos um pequeno conjunto de ideias que têm obscurecido questões como a da relação entre milagres e leis físicas.

Pode-se crer ou não que os milagres descritos na Bíblia realmente ocorreram. Independentemente da crença pessoal adotada, é muito melhor definir conceitos que façam sentido não apenas popularmente, mas também tecnicamente. Independentemente de você acreditar ou não na literalidade e veracidade dos relatos de milagres apresentados pela Bíblia, podemos questionar se no cenário dessas narrativas tais eventos seriam ou não violações de leis físicas.

É óbvio que esses relatos procuram enfatizar o poder de Deus em contraste com as limitações humanas. "O que é impossível para os homens é possível para Deus." Lucas 18:27. Isso é ponto pacífico. Mas o fato de algo ser impossível para os homens implica em que esse algo viola leis físicas necessariamente? Deveria ser óbvio que não, pois o fato de alguma lei física (conhecida ou não) permitir algo não significa que esse algo esteja ao nosso alcance. Por exemplo, as leis físicas permitem a existência de superaglomerados de galáxias. Isso significa que somos capazes de trazer à existência superaglomerados de galáxias? Claro que não. Essa implicação não existe. Mas enfim, esse é apenas um argumento irrelevante ao problema, que às vezes surge juntamente com outros do mesmo tipo ao se discutirem essas coisas.

Existem diferentes opiniões quanto à relação entre milagres e leis físicas. Por exemplo, alguns tomam o que Agostinho de Hipona escreveu sobre milagres para dizer que ele defendia a ideia de que milagres violam leis físicas. Mas ele disse que "milagres não são contrários à natureza, mas apenas contrários ao que nós sabemos sobre a natureza", o que era verdade em sua época e ainda é verdade em relação ao que a maioria das pessoas pensa sobre como funciona a natureza. Uma escritora mais recente, Ellen White, entendia que Deus é o Criador de todas as leis, físicas e espirituais (Manuscrito 49, 1897; Parábolas de Jesus, 347–348), que os mesmos princípios que regem o mundo físico, regem também o mundo espiritual (Educação, 99–100; Fudamentos da Educação Cristã, 375) e que Deus é soberano e não está limitado por Suas leis, porém *jamais as anula ou age contrariamente a elas*; pelo contrário, está constantemente a usá-las como Seus instrumentos (Patriarcas e Profetas, 114). Na verdade, as leis de Deus determinam como as coisas devem funcionar para que a realidade seja otimizada e violar essas leis significaria agir de forma imperfeita. Voltaremos a este ponto.

Nosso objetivo não é questionar a viabilidade ou inviabilidade dos milagres bíblicos, nem tentar explicar seus detalhes à luz do conhecimento atual, muito menos tentar afirmar que podem acontecer espontaneamente como consequências de leis físicas ou que nós poderíamos fazer algo assim. Tudo isso é desnecessário e irrelevante a nossos propósitos. O objetivo é apenas olhar um pouco mais de perto a compatibilidade ou não entre os milagres, conforme descritos na Bíblia, e leis físicas conhecidas para ver se há fortes evidências de violação.

É desnecessário definir milagres como violações de leis físicas (conhecidas ou não), e essa prática é ainda mais desaconselhável se essa suposta violação está em disputa. Se alguém pretende demonstrar que os milagres realmente violam leis físicas, que fique a vontade para tentar, mas não deveria *definir* milagre dessa maneira. Talvez este seja o ponto central.

Outro ponto bastante importante nestas considerações é a ideia ingênua que a maioria das pessoas parece ter a respeito do conhecimento que a Ciência nos permite ter sobre leis físicas. Essa situação lamentável passa por conceitos equivocados e incoerentes de ciência, o que induz que se lhe atribuam limitações falsas. Discutiremos brevemente este problema também.

2 Leis Físicas versus Boatos

Existe uma diferença abismal entre as leis usadas na prática por físicos e engenheiros para descobrir, projetar e entender coisas, e as versões populares (boatos) dessas leis, embora a maioria delas não possua versão popular. Até mesmo entre físicos, existem muitos que usam essas leis da maneira correta na prática ao mesmo tempo em que mentalizam conexões filosóficas nem sempre consistentes, o que tende a causar sérias dificuldades de entendimento quando essas pessoas precisam trabalhar em outras áreas da própria Física. Em alguns casos, conexões filosóficas equivocadas têm causado grandes dificuldades de entendimento até em fenômenos básicos e simples — um colega de grupo de pesquisa "travou" ao lidar com fenômenos simples em segunda quantização por causa de falácias que ele assimilou em livros famosos em Filosofia da Ciência; felizmente conseguimos resolver o problema ao analisar aquelas falácias. Passamos por conversas do mesmo tipo com outros colegas que estavam com dificuldades semelhantes em outras áreas também.

As mesmas fontes de falácias de inspiração humanista têm sido apreciadas no meio cristão tanto quanto na academia secular. O dano intelectual de diversas ideias bastante populares em Filosofia da Ciência tem sido considerável. Em geral, as pessoas não conseguem rastrear sozinhas a origem da perplexidade e perceber que é fruto de um tipo de literatura. Muito piores do que isso são os casos de pessoas que confundem essas falácias com palavras de sabedoria e as defendem com unhas e dentes, permanecendo cegas às consequências disso.

Um sintoma desses problemas é que deixam as pessoas afetadas com grandes dificuldades de perceber que toda a complexidade que observamos no mundo natural é consequência de uns poucos princípios simples, e induzem-nas a confiar em bases frágeis e serem extremamente céticas com o que se demonstra mais confiável. Basicamente, confiam cegamente em uma corrente filosófica em particular e desconfiam da Matemática. Galileu já mencionava o quão cuidadosos precisamos ser com a filosofia humana que obscurece o entendimento dos padões matemáticos que Deus usou para criar o universo. Mas este é um longo assunto à parte.

Se algumas falácias sobre leis físicas conseguem confundir até pesquisadores que dispõem de instrumentos conceituais tecnicamente válidos, o que esperar então de argumentos baseados em boatos sobre leis físicas que trazem distorções importantes em sua base? E notemos que é possível percorrer um trecho considerável no aprendizado de leis físicas enquanto se nutrem essas distorções.

Um dos problemas que enfrentamos na universidade é que os estudantes não têm tempo para entender o que estão aprendendo. E quando resolvem reservar esse tempo, acabam expostos a literatura com muitas falácias e argumentos que foram identificados como inválidos já nos primórdios da revolução científica, mas que persistem hoje em dia como se fossem grandes novidades e proporcionassem uma visão mais abrangente da ciência.

Há também argumentos recentes. Por exemplo, ao apontar-se o perigo do reducionismo, um argumento apresenta a Termodinâmica como reducionista e a Mecânica Estatística (mais abrangente) como sendo o oposto. O problema é que a Mecânica Estatística é que faz uso do reducionismo, ao contrário da Termodinâmica. São muitos pequenos detalhes como este que acabam construindo um castelo de cartas para defender ideias equivocadas.

O ponto é que não podemos confiar em materiais de divulgação e muito menos em literatura de filosofia da ciência para chegar a conclusões importantes. Mas vamos a pontos um pouco mais específicos sobre leis físicas versus boatos.

Coloquialmente, podemos dizer que violamos leis físicas ao não cuidar da saúde, por exemplo. Na verdade, o que estamos fazendo é violar recomendações de saúde baseadas em leis físicas. Se alguém pular do topo de um prédio estará violando a lei da gravidade? De forma nenhuma, mas estará usando a gravidade para sua própria destruição. Não está errado dizer-se que essa pessoa está violando uma lei física em sentido metafórico, mas se tomarmos essa expressão como literal e tentarmos tirar conclusões importantes sobre o caráter e o funcionamento das leis físicas a partir disso, estaremos incorrendo em um grave erro de raciocínio.

Já que mencionamos a gravidade, sem entrar ainda no significado técnico disso, poderíamos dizer que aviões violam a lei da gravidade quando não caem? A lei da gravidade diz que tudo deve cair sempre? Diz que as coisas necessariamente devem sofrer aceleração em direção ao centro de gravidade? Não, nada disso é verdade. A lei da gravidade (seja qual for a versão ou aproximação) apenas estabelece uma influência, que normalmente é uma entre muitas. No caso do avião, a gravidade o puxa para baixo, enquanto forças aerodinâmicas compensam para que ele não caia. Nenhuma lei é violada.

E se fosse um anjo a erguer o avião, isso violaria a lei da gravidade? Claro que não, pois simplesmente haveria outra força compensando a da gravidade e nada estaria sendo necessariamente violado. Precisaríamos de uma descrição detalhada do processo que o anjo utilizou para suspender o avião para fazer essa afirmação? De forma nenhuma!

Por esta consideração simples, já deveríamos nos dar conta de que a lei da gravidade não obriga coisa alguma a ir para lugar algum (cair, por exemplo). Apenas contribui com uma das influências que atuam sobre todas as coisas. Na verdade, o mesmo vale para as demais leis. Cada uma impõe um tipo de influência ou restrição, sendo que cada uma dessas restrições precisa do contexto adequado para funcionar.

Outra ideia falsa que as pessoas tendem a nutrir sobre leis físicas é que nosso conhecimento delas veio de métodos indutivos, isto é, pela observação de casos particulares com subsequente extrapolação para o caso geral. Quando um assunto é muito novo, frequentemente se faz isso, de fato. E isso é o que se faz normalmente na "falsamente chamada ciência" (aquela de cunho essencialmente filosófico, baseada em protocolos muito anteriores à revolução científica, como observação, formulação de hipóteses, testes, etc.). Porém, essa não é a única alternativa, pois podemos fazer uso de uma caixa infinita de ferramentas matemáticas chamada de Ciência, que nada tem a ver com o protocolo aristotélico apresentado em livros didáticos como se fosse o método científico. Dentre as ferramentas que temos tirado dessa caixa, a grande maioria é dedutiva (parte do geral para o particular), embora haja entre elas também muitas que nos ajudam em processos indutivos.

Indução pode ser feita de forma segura ou nem tanto. Quando notamos, por exemplo, que uma fonte de informações se mostra confiável em tudo o que podemos conferir e passamos a confiar nessa fonte mesmo em coisas que não podemos testar, isso é indução baseada em uma relação de confiança, fé. Todos fazemos isso de uma forma ou de outra.

Em processos de indução usados em considerações filosóficas, a humanidade tem falhado miseravelmente muitas e muitas vezes. Essa foi justamente uma das principais motivações dos pioneiros da revolução científica ao propor que a Matemática tivesse um papel fundamental nas pesquisas. Curiosamente, as limitações da filosofia humana têm sido apresentadas como se fossem limitações da ciência (porque se define ciência de maneira inconsistente) e elementos da falsa ciência têm sido apresentados como exemplos de que essas limitações são reais. Obviamente tais exemplos apresentam essas limitações, pois a falsa ciência é parte da filosofia humana — Galileu a chamava de filosofia ordinária, com discurso eloquente mas praticamente despido de conteúdo confiável.

Resumindo, a falsa ciência tem as mesmas limitações básicas que qualquer corrente filosófica, mas a Ciência conforme entendida pelos pioneiros tem uma natureza radicalmente diferente de tudo isso e foi ela que possibilitou o tremendo avanço no conhecimento ao longo dos últimos séculos.

Um exemplo de indução segura (usando princípios matemáticos um pouco mais de perto): dada uma sequência infinita de expressões algébricas (ex.: $1/n!$, com n sendo $0, 1, 2, \ldots$) provamos que (1) a primeira delas satisfaz alguma propriedade P e (2) provamos que se a expressão de ordem n satisfaz à propriedade P, então a de $n+1$ também a satisfará. Com base nesses dois teoremas, sabemos que a propriedade P é válida para qualquer termo.

Na seção 5, abordamos algo sobre métodos dedutivos para obter leis físicas.

Outro detalhe importante sobre leis físicas: sua expressão na forma de equações diferenciais possui uma riqueza que (talvez exceto em casos triviais) não permite boas traduções em palavras ou mesmo em termos de conceitos filosóficos. Para citar um caso dos mais simples e fáceis de traduzir, podemos citar a equação principal da Mecânica Newtoniana:

$$\mathbf{F} \,=\, \frac{d\mathbf{p}}{dt}\,.$$

Podemos facilmente colocar isso em palavras: "força é a derivada do momentum em relação ao tempo", mas o que significa isso para um leigo? Ou podemos dizer também, força é a taxa de variação do momentum em relação ao tempo. Talvez tenha ficado um pouco mais claro, mas as coisas que conseguimos deduzir a partir dessa fórmula se usarmos raciocínio simbólico formal são em muito maior número e mais seguras (mais fiéis à fórmula original) do que se tentarmos tirar conclusões só com base no que parece razoável — coisa que alguns chamam de lógica, embora trate-se apenas de uma lógica intuitiva e frágil, levando a conclusões incorretas com frequência, ao contrário da lógica formal.

Temos outros casos, mesmo alguns não tão complexos, mas muito mais desafiadores, como a equação diferencial da Relatividade Geral, com suas 256 componentes contendo uma infinidade de informações sobre uma infinidade de situações, tudo isso resumido nesta pequena equação com jeitinho inocente:

$$R^{\mu\nu} - \frac{1}{2}\,g^{\mu\nu}R + \Lambda\,g^{\mu\nu} \,=\, \kappa\,T^{\mu\nu}\,.$$

Olhe para isso e tende concluir só com base em raciocínos puramente qualitativos que a direção radial dentro de um buraco negro é uma dimensão de tempo (essa informação está aí, junto com uma infinidade de outras). Isso dá uma primeira ideia pálida da diferença entre nossa capacidade de raciocínio desarmada e o que é possível fazer usando métodos matemáticos. Ocorre que, mesmo conhecendo algumas equações, vemos na literatura filosófica autores partindo dessas mesmas coisas e chegando a conclusões contrárias ao que obtemos pelas vias seguras das demonstrações de teoremas.

Um outro exemplo interessante é a simplicidade matemática da Mecânica Quântica em comparação com as tentativas fracassadas de entendê-la filosoficamente. Matematicamente, é algo simples. Filosoficamente, é algo extremamente desafiador. Quando usamos duas abordagens para estudar um mesmo problema, e uma delas nos dá resultados corretos com facilidade (abordagem matemática) ao passo que a outra tem imensas dificuldades com o assunto e ainda frequentemente fornece resultados errados (abordagem filosófica), qual seria a mais indicada para lidar com o problema? Por mais óbvia que a resposta pareça, a humanidade tem insistido em confiar mais na própria filosofia mesmo para essas coisas. E a literatura de filosofia da ciência está recheada disso.

A Ciência transcende à Filosofia e não pode ser compreendida (completamente entendida) por ela.

Embora em alguns casos seja possível expressar leis físicas de outras maneiras, elas apresentam propriedades de equações diferenciais que em geral passam despercebidas do público leigo. Por exemplo, uma mesma lei pode gerar comportamentos que parecem ser totalmente diferentes entre si, dependendo do contexto. O desconhecimento de detalhes como esse de vez em quando leva a conclusões filosóficas equivocadas. Falaremos um pouco mais desse assunto na seção 4.

A versão intuitiva que muitos possuem de algumas leis físicas frequentemente só é compatível com as próprias leis em casos bem específicos. Por isso é muito perigoso chegar a conclusões filosóficas importantes com base apenas em informações qualitativas de algumas leis e, pior, acreditar que esse é o único conhecimento do assunto de que todos dispõem. Note-se que a maioria das leis não é conhecida do público leigo mas é bastante estudada por quem é da área.

É comum encontrarmos autores que baseiam-se apenas em uma versão qualitativa e equivocada de umas poucas leis e usam isso para tirar conclusões fortes e arrogantes sobre limitações do conhecimento científico como um todo. Sem o devido conhecimento da estrutura matemática de leis físicas reais, quase tudo o que se pode dizer sobre elas em geral terá baixa probabilidade de estar certo.

Outro problema que costuma surgir quando se discutem interações entre Teologia e Ciência, é a ideia de que as leis que conhecemos hoje podem se demonstrar inválidas amanhã. Existe um boato segundo o qual os paradigmas da ciência mudam constantemente e que o que podemos pensar saber hoje se tornará obsoleto amanhã. Isso só é verdade para a falsa ciência, baseada em paradigmas, aquela que é parte da filosofia humana. Até hoje, não se tem notícia de que isso tenha ocorrido quando se usaram métodos matemáticos coerentemente. O caso da Mecânica Newtoniana versus Mecânica Quântica e Relatividade tem sido incorretamente citado como se fosse um exemplo de como o conhecimento científico se torna obsoleto com o tempo. Na verdade, tanto a Relatividade quanto a Mecânica Quântica **são casos particulares** da Mecânica Newtoniana (a Mecânica Newtoniana não postula tempo absoluto, por exemplo); apenas incluem leis a mais.

Mas a Bíblia não afirma que "havendo ciência, desaparecerá" (I Coríntios 13:8)? Bem... na verdade, não mesmo! Não no sentido da verdadeira ciência. O que está no original é "εἴτε γνῶσις καταργηθήσεται", isto é, se houver **entendimento** (forma de internalizar informações), tornar-se-á obsoleto. Em grego, conhecimento e entendimento são coisas diferentes. Entendimento é essencialmente o material de trabalho da filosofia humana. O da Matemática é o conhecimento ('μάθημα'). Note que, na linguagem do Novo Testamento, os discípulos eram chamados de "μαθητής". Estavam recebendo **conhecimento** de valor eterno.

Etimologicamente, a palavra 'matemática' refere-se ao conhecimento do conhecimento, ou a estrutura do conhecimento em geral. Na prática, quando estudamos o papel fundamental dos princípios matemáticos que aprendemos na natureza e suas consequências, constata-se que não faz sentido algum tentar restringir o escopo da Matemática a uma ou mais áreas do conhecimento. Tentativas de limitá-la são não apenas inúteis, mas inconsistentes. Aliás, essas considerações foram feitas pelos pioneiros da Ciência. Já no século 13, Roger Bacon concluiu que a Matemática é o fundamento de todas as áreas do conhecimento.

3 Uma Visão Filosófica das Leis Físicas

A natureza está repleta de regularidades observáveis a olho nu e muitas mais observáveis através de instrumentos e de consequências dessas regularidades. Usualmente, chamamos essas regularidades de 'leis'. Esta é uma forma indutiva de iniciar o estudo dessas coisas, quando praticamente nada se sabe sobre o assunto.

De longe, a forma mais eficiente conhecida de representar leis é por meio de expressões matemáticas. Quando traduzimos tais expressões para uma linguagem não-formal, a perda de informações pode chegar a quase 100% em alguns casos. Este é um longo assunto que já abordamos brevemente.

A um conjunto de leis, expressas formalmente (matematicamente), juntamente com os teoremas que podem ser demonstrados a partir dessas leis, chamaremos de teoria científica. Quanto mais exata for a expressão das leis, maior será a região de validade da teoria. Teorias dessa natureza permitem usualmente a dedução de uma infinidade de leis, frequentemente incluindo fenômenos nunca observados até a ocasião da formulação da teoria.

De que formas podemos descobrir leis físicas? Experimentalmente, cada tipo de lei pode ser constatada de várias maneiras independentes entre si e testadas quanto ao nível estatístico de confiabilidade, e isso é feito muitas e muitas vezes. Esses dados são coletados e recoletados e publicados periodicamente.

No âmbito teórico, somos também capazes de deduzir essas mesmas leis praticamente sem precisar de informações experimentais. Como? Especulando para depois ver se funciona? Isso seria terrivelmente ineficiente. Métodos matemáticos servem também para lidar com esse problema. Vamos exemplificar uma das formas de deduzir leis físicas e comentar como ela foi descoberta. O método funciona independentemente de nossa interpretação filosófica, mas a motivação de sua descoberta foi metafísica.

No século 18, Pierre Louis Maupertuis, avaliava a força de argumentos teístas e ateístas. Os argumentos tendiam a beirar a ingenuidade, como "se Deus existisse (onipotente, onisciente e bondoso), não haveria injustiça ou coisas ruins em geral"[1] ou "somente o Ser Supremo poderia criar coisas tão boas, belas ou complexas"[2]. Concluiu que nenhum dos lados apresentava fortes evidências objetivas. Propôs então uma mudança de abordagem: se fosse possível deduzir detalhes de coisas observáveis no mundo físico a partir dos ensinamentos bíblicos sobre o Ser Supremo, e se essas coisas observáveis fossem confirmadas, isso seria uma poderosa evidência não apenas de que existe uma divindade, mas que ela corresponde ao que a Bíblia ensina.

Maupertuis afirmou haver conseguido deduzir algo nessa linha. Chamou de "princípio da ação mínima". Basicamente, tratava-se de uma lei de otimização. As leis básicas criadas por Deus refletiriam Seu caráter e seriam necessariamente otimizadas. Outros pesquisadores, como Euler, Lagrange e Hamilton, trabalharam sobre esse fundamento e constataram que era possível reproduzir as previsões da teoria de Newton e uma infinidade de outras leis a partir desse princípio.

Mesmo hoje em dia, o princípio da ação mínima é usado até mesmo nas pesquisas mais avançadas nas fronteiras do conhecimento humano sobre Física.

Há um outro aspecto das leis físicas o qual é pouco comentado. Como distinguimos uma mesa de uma cadeira, por exemplo? Tipicamente, cadeiras e mesas possuem características diferentes, seja em sua estrutura ou em sua relação com outros sistemas — como seu uso, por exemplo. Essas características são regras que definem o que é cadeira e o que é mesa. Tais regras não precisam ser naturais. Podem ser totalmente dependentes de usos, costumes e linguagem. Nada impede que, em alguma língua, só haja uma palavra para representar tanto mesa quanto cadeira. Mesmo assim, haverá a necessidade de distinguir mesa-cadeira de outras coisas e essa distinção se faz por meio de uma ou mais regras, implícitas ou explícitas. Que regras exatamente são essas é algo que depende da linguagem usada, mas o fato de não ser possível distinguir uma coisa qualquer de outra sem haver regras (procure entender a palavra 'regra' da forma mais geral possível) independe de linguagens ou classificações.

Vejamos um exemplo: resolvemos definir 'triângulo' como sendo um polígono de três lados (imagine que já definimos polígono). Existe uma certa arbitrariedade nisso. Poderíamos ter escolhido qualquer outra palavra para representar polígonos de três lados. Também poderíamos ter usado outros conceitos mais básicos ao invés do conceito de polígono para definir triângulo. Porém, uma vez feita a definição, ela passa a ter implicações das quais não podemos fugir.

Note-se que se definirmos triângulos dessa maneira, todas as propriedades gerais de polígonos são automaticamente herdadas pelos triângulos, mas a restrição de ter apenas três lados é uma regra (axioma) adicional que tem suas consequências.

Os itens de uma definição rigorosa, formal, matemática, chamam-se axiomas. Axiomas não são verdades auto-evidentes ou indiscutíveis por natureza. São simplesmente elementos de uma definição. Para que algo se encaixe na definição (ex.: para que algo seja um triângulo), precisará necessariamente obedecer aos axiomas que definem o triângulo, pois é assim que definições formais funcionam (uma definição não-formal pode ocorrer via intuição e não ser sequer verbalizada, mas o princípio básico é o mesmo). Por esta razão é 100% seguro utilizarmos os axiomas que definem algo a fim de obter conclusões (demonstrar teoremas) sobre a família de entidades que se encaixam naquela definição. Na pior das hipóteses, podemos constatar que essa família é vazia ou que nossos axiomas são contraditórios — esta última situação implicaria na primeira.

Dependendo de como definimos as coisas, estaremos agrupando diferentes características que associamos a coisas. Quando pensamos apenas neste aspecto ao estudar Matemática ou Física, ficamos com a impressão errada de que estamos inventando Matemática e Física. Mas essa liberdade em definir linguagens não implica em que o que estamos representando não seja real. Na verdade, lidamos com coisas muito mais reais desta forma do que seria possível por meio de abordagens não-formais (como as filosóficas, por exemplo). Embora as leis físicas admitam diferentes representações (e temos métodos matemáticos para lidar com um conjunto infinito de representações de cada vez), elas possuem propriedades bem definidas que aparecem em todas as representações que satisfazem certos critérios mínimos de representatividade.

As mesmas leis físicas tendem a ter diferentes efeitos sobre sistemas com características diferentes. Dependendo de como classificamos os aspectos da realidade, podemos ter muita facilidade de entender como as leis físicas se aplicam a eles ou ter muita dificuldade. Este é um dos motivos pelos quais é importante usar definições eficientes, tanto no sentido de reaproveitar teoremas (ex.: aproveitar teoremas sobre polígonos aplicando-os a triângulos), quanto no entendimento de como a realidade funciona com o menor esforço possível — precisando-se conhecer menos leis.

Ao observar superficialmente cada família de sistemas, vemos uma quantidade gigantesca de regras, uma incrível complexidade no mundo físico, uma quantidade aparentemente intratável de relações. Em suma, parece-nos que há várias áreas do conhecimento independentes entre si e que cada uma possui regras exclusivas que não possuem relação alguma com princípios matemáticos mais fundamentais ou mesmo com as leis físicas básicas. Mas essa é uma percepção causada pela forma de organizar os conhecimentos. Há maneiras que nos ajudam a entender que mesmo as coisas mais complexas funcionam por meio

[1] Há um argumento falacioso segundo o qual essas três características não podem coexistir: onisciência, onipotência e bondade. A chave da falácia está em uma definição absurda de onipotência, como a capacidade de fazer absolutamente qualquer coisa, mesmo absurda, como encontrar um número real cujo quadrado seja negativo. Onipotência assim não existe, e não é isso que a Bíblia ensina sobre Deus.

[2] Na versão mais moderna, complexidade irredutível aponta para um designer. Verdade, exceto que não parece possível provar se algo é ou não irredutivelmente complexo, o que faz o argumento cair no vazio.

de regras simples, sempre derivadas, de alguma forma, de regras mais fundamentais até que cheguem às universais.

Embora em nosso primeiro contato com o mundo físico definamos as regularidades que observamos como sendo leis físicas (lembre-se: regularidades aplicam-se também a classificações artibtrárias de sistemas), um pouco mais adiante em nosso aprofundamento, faz mais sentido concentrarmo-nos mais em regras básicas e universais, aplicáveis a todos os sistemas que existem, sejam feitos de matéria, espaço-tempo, vácuo quântico ou informação pura. Essas regras correspondem ao que chamamos de leis físicas básicas, as quais se desdobram diferentemente para diferentes sistemas em diferentes situações.

Note-se que também falamos em informação pura. É importante entender que isso se aplica a toda e qualquer forma de informação. Informação segue leis matemáticas como qualquer outra coisa. Tudo o que existe envolve informação. Quando se fala em mundo espiritual ou seres espirituais, frequentemente se procura fugir de qualquer conhecimento que seja possível ter sobre essas coisas a partir do mundo físico. Mas entidades assim envolvem informação como qualquer outra entidade. E a informação, por definição, segue regras. Ideias do tipo "seres espirituais não estão sujeitos a regras" ou "estão apenas sujeitos a regras totalmente desconhecidas pela humanidade" são baseadas apenas em ignorância do tipo de coisas a que temos acesso por meio dos padrões matemáticos que encontramos na natureza. Embora este assunto não seja nosso foco no momento, é importante evitar esse pensamento ousado e arrogante disfarçado de cautela. Basicamente é uma falácia (erro de lógica) do tipo: "se eu não conheço, ninguém conhece". Na verdade, temos muita informação sobre como funcionam sistemas de informação em geral, independentemente de sua natureza exata e não há qualquer razão justificável para desprezar essas coisas.

4 Características de Equações Diferenciais

Não é possível ter conhecimento razoável de leis físicas (incluindo as leis que regem a informação e, consequentemente, seres espirituais) sem sólidos conhecimentos sobre equações diferenciais.

Discutiremos brevemente o conceito de equação diferencial e sua importância para o estudo das leis físicas.

Leonardo da Vinci sugeriu que, ao iniciar-se o uso da ciência, isto é, de métodos matemáticos mais abrangentes para estudar a realidade, um bom ponto de partida seria a Mecânica, dada a sua simplicidade e facilidade de efetuar medições em comparação com a maioria dos demais assuntos imagináveis. Isaac Newton fez exatamente isso.

Mesmo em um assunto tão simples como a Cinemática, ele já se deparou com uma importante limitação do conhecimento humano sobre Matemática. Ele só conseguia lidar com situações muito especiais, como o movimento retilíneo uniforme, por exemplo. Porém, crendo que a informação sobre os princípios matemáticos relevantes ao problema estavam codificados na própria realidade, Newton fez uma espécie de "engenharia reversa" e descobriu o Cálculo Diferencial e Integral. Com isso, passou a poder lidar com acelerações e outros fenômenos mais complexos. Isso foi essencial até mesmo para resumir o que descobriu na forma de um conjunto de leis.

O que é ensinado no Ensino Médio hoje em dia sobre as leis de Newton é uma espécie de tradução para um caso muito particular de tal maneira a esconder o Cálculo dos estudantes (que ainda não aprenderam o que é isso). Autores utilizam o Cálculo para deduzir umas poucas fórmulas (ex.: movimento retilíneo uniformemente acelerado) representando casos muito particulares e essas fórmulas são passadas aos estudantes para que as decorem. Perde-se com isso toda a essência de como funcionam as leis físicas. Dessa forma, elas parecem arbitrárias e pouco abrangentes. Essa maneira de estudar leis físicas é essencialmente uma farsa. No mínimo seria importante dizer-se aos estudantes que não é assim que se estuda Física e que as leis reais não se parecem com aquilo. Mas como os professores dirão essas coisas aos alunos se eles mesmos costumam formar-se sem um conhecimento correto do significado do que aprenderam na universidade?

Sem um conhecimento de equações diferenciais não é possível aprofundar-se muito no estudo das leis físicas, já que elas frequentemente relacionam entre si diferentes ordens de taxas de variação, entre outras características das equações diferenciais.

Mas o que é uma equação diferencial? Antes de responder isso, é útil relembrar o conceito de equação algébrica. Vejamos um exemplo:

$$x + 4 \,=\, 7\,. \tag{1}$$

Resolver esta equação significa descobrir qual o valor de x. Embora seja óbvio que neste caso a resposta é 3, existe uma metodologia para resolver equações assim, pois na maioria dos casos a solução não é óbvia.

Existem equações algébricas que possuem mais de uma solução. Por exemplo,

$$x^2 \,=\, 4\,,\ \ x \in \mathbb{R}\,. \tag{2}$$

Esta equação possui exatamente 2 soluções: $+2$ e -2.

Essas equações são úteis em diversos casos quando conhecemos algumas relações e precisamos obter resultados numéricos. Porém, na maioria dos casos de interesse, os resultados de que precisamos não são números, mas outras entidades matemáticas, como comportamentos ao longo do tempo, por exemplo.

Para não darmos um salto muito grande, vejamos um exemplo de comportamento *numérico* aproximado ao longo do tempo. A posição de um objeto preso à ponta de uma mola praticamente sem atrito oscilando com uma amplitude suficientemente pequena é dada aproximadamente por

$$x(t) \,=\, A\cos(\omega t)\,, \tag{3}$$

sendo A a amplitude do movimento, ω a frequência angular e t o tempo medido por um cronômetro que iniciou a contagem quando x estava em um máximo. Pergunta-se, qual a fórmula da velocidade (outro comportamento) em função do tempo? Queremos saber a velocidade instantânea, não a média[3]. E outra questão, de onde saiu essa fórmula acima?!

Bem, o Cálculo é uma parte da Matemática que responde a perguntas como estas e uma infinidade de outras.

Velocidade é a taxa de variação da posição em relação ao tempo. Em uma dimensão, isso se escreve assim:

$$v(t) \;=\; \frac{dx(t)}{dt}\,, \tag{4}$$

sendo que

$$\frac{dx(t)}{dt} \;\equiv\; \lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta x(t)}{\Delta t} \;=\; \lim_{\Delta t\to 0}\frac{x(t+\Delta t)-x(t)}{\Delta t}\,. \tag{5}$$

Traduzindo em palavras essa última expressão, a taxa de variação de $x(t)$ em relação a t é a razão entre a variação de x e a variação de t no limite em que a variação de t tende a zero. Se substituirmos Δt por 0 diretamente em 5, o resultado será 0/0, que é uma das formas que a Matemática tem de recusar-se a fornecer uma resposta. Mas existe uma maneira válida de utilizar esta fórmula, a qual nos permite transformar a função $x(t)$ na função $v(t)$. Fazendo o cálculo corretamente e usando 3, obteríamos

$$v(t) \;=\; -A\omega\sin(\omega t)\,. \tag{6}$$

Para chegar a esta fórmula, usamos a relação 4, que relaciona uma grandeza com a taxa de variação de outra. Podemos montar sistemas de equações assim para resolver problemas. Neste caso, estamos escrevendo sistemas de equações diferenciais.

E de onde veio a fórmula 3? Veio de uma equação diferencial. Basicamente, combinando a lei de Hooke (das molas),

$$F \;=\; -kx \tag{7}$$

(esta é uma lei aproximada cuja dedução não vamos mostrar aqui) com a lei fundamental da mecânica de Newton,

$$F \;=\; \frac{dp}{dt}\,, \tag{8}$$

sendo $p = mv$, obtemos

$$\frac{d}{dt}\left(m\frac{dx}{dt}\right) \;=\; -kx\,, \tag{9}$$

que é uma equação diferencial cuja solução é a função $x(t)$. Na verdade, deveríamos dizer, as funções $x(t)$, porque existem infinitas soluções para esta equação. E qualquer uma delas pode ser colocada na seguinte forma:

$$x(t) \;=\; A\cos(\omega t) + B\sin(\omega t)\,, \tag{10}$$

sendo

$$\omega \;\equiv\; \sqrt{\frac{k}{m}}\,. \tag{11}$$

A fórmula 10 representa todas as soluções possíveis da equação 9. Se conhecermos as condições iniciais do sistema (posição e velocidade iniciais, por exemplo), poderemos determinar A e B, isto é, uma solução específica entre as infinitas possíveis.

Mas é importante ir um pouco além e esclarecer melhor o conceito de equação diferencial, pois este assunto é indispensável a um entendimento minimamente funcional sobre leis físicas.

Dada uma função $f(x)$ (de uma variável independente x) suficientemente bem comportada (sem falhas, contendo somente curvas suaves, sem pontas agudas, etc.), expressamos sua taxa de variação em relação a x, isto é, sua *derivada* em relação a x da seguinte maneira:

$$f'(x) \;\equiv\; \frac{df(x)}{dx} \;\equiv\; \lim_{\epsilon\to 0}\frac{f(x+\epsilon)-f(x)}{\epsilon}\,.$$

Assim como definimos $f'(x)$ a partir de $f(x)$, podemos definir

$$f''(x) \;\equiv\; \frac{df'(x)}{dx}\,,$$

e assim por diante.

Uma equação diferencial para $f(x)$ é essencialmente uma equação envolvendo elementos de $\{f(x),\, f'(x),\, f''(x),\, f'''(x),\, ...\}$, sendo que $f(x)$ é uma função incógnita a ser determinada. Por exemplo, 9 pode ser colocada na seguinte forma:

$$x''(t) + \frac{k}{m}x(t) \;=\; 0\,,$$

sendo que x faz o papel de f (função incógnita) e t faz o papel de x (variável independente).

Existem técnicas para resolver equações diferenciais e obter soluções gerais, como 10.

Mas as equações das leis físicas dificilmente se apresentam nessa forma unidimensional. Tipicamente envolvem funções de várias variáveis. Com isso, nos deparamos com novas entidades matemáticas, como as derivadas parciais, por exemplo. Vejamos o caso simples de uma função do tipo $f(x, y)$. Podemos falar na taxa de variação de f em relação somente a x (quando y não varia) e na taxa de variação de f em relação somente a y (quando x não varia). Essa primeira taxa é chamada de derivada parcial de f em relação a x, e é representada pelo símbolo

$$\frac{\partial f(x,y)}{\partial x}\,,$$

e a segunda é a derivada parcial de f em relação a y, representada por

$$\frac{\partial f(x,y)}{\partial y}\,.$$

Defimos a derivada parcial de f em relação a x da seguinte maneira:

$$\frac{\partial f(x,y)}{\partial x} \;\equiv\; \lim_{\epsilon\to 0}\frac{f(x+\epsilon,y)-f(x,y)}{\epsilon}\,.$$

[3] A velocidade média é zero para um número inteiro de ciclos

Analogamente, definimos também a derivada parcial de f em relação a y.

Conceitos assim, são usados para definir outros. Por exemplo, o gradiente de uma função $f(x,y,z)$, sendo (x,y,z) coordenadas cartesianas, é um vetor dado por:

$$\nabla f \,=\, \hat{\imath}\frac{\partial f}{\partial x}+\hat{\jmath}\frac{\partial f}{\partial y}+\hat{k}\frac{\partial f}{\partial z}\,.$$

E o operador gradiente (∇) pode ser usado para gerar outros, como o laplaciano (∇^2), o rotacional ($\nabla\times$) e o divergente ($\nabla\cdot$). Operadores assim aparecem com frequência em expressões de leis físicas. Um exemplo são as leis do eletromagnetismo expressas pelas equações de Maxwell:

$$\nabla\cdot\mathbf{E} \,=\, \frac{\rho}{\epsilon_0}\,, \tag{12}$$

$$\nabla\cdot\mathbf{H} \,=\, 0\,, \tag{13}$$

$$\nabla\times\mathbf{E} \,=\, -\mu_0\frac{\partial\mathbf{H}}{\partial t}\,, \tag{14}$$

$$\nabla\times\mathbf{H} \,=\, \mathbf{J}+\epsilon_0\,\frac{\partial\mathbf{E}}{\partial t}\,, \tag{15}$$

sendo

- $\mathbf{E}$ é o vetor do campo elétrico,
- $\mathbf{H}$ é o vetor do campo magnético,
- ρ é a densidade de carga elétrica,
- $\mathbf{J}$ é a densidade de fluxo de carga elétrica (densidade de corrente elétrica),
- μ_0 é a permeabilidade magnética do vácuo,
- ϵ_0 é a permissividade elétrica do vácuo.

Entre uma infinidade de outras coisas, este sistema de equações diferenciais implica em que a velocidade da luz no vácuo é constante e absoluta se não houver um referencial inercial preferencial (e não há). Isso implica na Relatividade Especial.

A intuição e a filosofia têm-se demonstrado repetidamente incapazes de lidar com estas coisas por conta própria, levando frequentemente a conclusões erradas e permanecendo completamente cegas para quase tudo o que as equações diferenciais têm revelado de forma natural e fácil quando as usamos com métodos adequados.

De tudo o que dissemos, uma das coisas mais importantes é que uma mesma equação diferencial trata de uma infinidade de situações diferentes, fornecendo resultados específicos e detalhados para cada caso. A equação que representa a propagação de ondas (sem amortecimento), por exemplo,

$$\nabla^2 u \,=\, \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}\,,$$

funciona para ondas de qualquer formato propagando-se em uma infinidade de meios e dimensionalidades, fornecendo resultados precisos em cada caso.

Esta mesma equação está por trás do funcionamento da flauta, do piano, do sax, do tambor, do violino, da voz humana e assim por diante. Isso inclui os respectivos timbres. Se você rachar uma flauta, seu som ficara ruim, na melhor das hipóteses, mas a lei continua sendo exatamente a mesma, porém agora com resultados diferentes em função do estado da flauta. Rachar a flauta não viola a lei que rege as ondas, apenas faz com que ela produza resultados diferentes do ideal.

5 Tecnicalidades

A partir de agora, vamos ver alguns exemplos de detalhes técnicos sobre leis físicas, detalhes esses indispensáveis para que se tenha alguma noção de como se pode lidar com essas coisas e também vermos uma pequena amostra do que se pode saber através disso. Este conhecimento é antigo e veio de desdobramentos da proposta de Maupertuis. Vamos explicar algumas coisas em palavras para dar uma ideia do que está acontecendo para quem não tem familiaridade com esta área da Matemática.

Utilizando ensinamentos bíblicos a respeito de Deus e do que Ele faz, Maupertuis deduziu que as leis físicas fundamentais são necessariamente otimizadas. Este é o fundamento do princípio da ação mínima.

Como se deduzem leis físicas a partir do princípio da ação mínima? Primeiro, é necessário expressá-lo formalmente:

$$\delta\mathcal{S}=0\,. \tag{16}$$

Aqui, $\mathcal{S}$ representa o que chamamos de ação, e o símbolo δ é uma derivada funcional, cuja anulação representa o princípio que usaremos efetivamente.

Para quem conhece Cálculo, a ideia básica é análoga a usar o fato de que derivadas se anulam em pontos críticos (máximos, mínimos e pontos de inflexão) a fim de localizá-los. Isso é comum em problemas de otimização que aparecem em exercícios de introdução ao Cálculo Diferencial. A ideia é semelhante, mas a aplicação se baseia em coisas um pouco mais avançadas.

Para quem não conhece Cálculo, pode-se pensar em um caso particular que ajude. Imagine que temos um gráfico mostrando o lucro de uma empresa dia a dia durante alguns anos. Se em dado dia esse lucro está aumentando, então o ponto mais à direita tende a ficar um pouco mais acima e o da esquerda um pouco mais abaixo. Se traçarmos uma linha ligando esses pontos, essa linha terá uma inclinação positiva, isto é, ela sobe. Se o lucro estiver diminuindo com o tempo, a inclinação dessa reta será negativa. Se o lucro se mantém constante, a inclinação é nula (reta horizontal). Se o lucro estava caindo, aos poucos foi parando de cair e depois começou a subir aos poucos, há um ponto em que a reta que mostra a tendência de crescimento do lucro fica na horizontal (inclinação zero). O mesmo acontece se o lucro estava subindo, começa a estabilizar e reverte, começando a diminuir. A inclinação dessa reta que mencionamos corresponde à derivada da função que estamos representando (lucro) em relação à variável do eixo horizontal (tempo, em nosso exemplo). Em máximos e mínimos, a derivada é zero.

Em outras palavras, dada uma função suficientemente suave $f(x)$, seus máximos e mínimos obedecem à equação

$$\frac{df(x)}{dx} = 0\,.$$

Em problemas de otimização buscamos encontrar máximos ou mínimos, que ficam em pontos em que a derivadas tem valor zero. O símbolo δ que aparece no princípio da ação mínima é uma espécie de derivada um pouco mais complexa do que a usual, mas totalmente baseada no mesmo conceito fundamental.

O próximo passo é decidir se preferimos uma abordagem reducionista (que inclua até os detalhes microscópicos do sistema) ou se preferimos lidar apenas com propriedades globais dos sistemas que vamos estudar. A reducionista fornece mais informações e se aplica a casos mais gerais, mas em muitas situações a abordagem globalista é suficiente. Detalhes sobre essas diferenças são apresentados em outro artigo.

Utilizaremos uma notação matemática intermediária, não muito avançada a fim de ser mais acessível a um público que esteja, no mínimo, familiarizado com Cálculo a várias variáveis, sem precisar muito mais do que isso.

Vejamos como funciona a abordagem reducionista. Leva-se em conta que as características em cada parte do sistema podem diferir entre si e variar de formas diversas em relação a todos os aspectos relevantes. Neste caso, a ação para o sistema como um todo adquire a seguinte forma:

$$\mathcal{S} = \int_\Omega dV \mathcal{L}(q_j, q_{j;\alpha_1}, q_{j;\alpha_1\alpha_2}, ..., q_{j;\alpha_1\ldots\alpha_m}, x^\alpha)\,, \qquad (17)$$

sendo que o símbolo q_j representa todas as variáveis locais de cada parte do sistema, sendo j contínuo ou não, e $q_{j;\alpha} \equiv \nabla_\alpha q_j$ representa a componente α de uma derivada covariante (uma espécie de generalização do gradiente) no espaço de variáveis que determina a extensão do sistema, isto é, que contém a região Ω.

Aplicando o princípio da ação mínima, eq. 16, obtemos:

$$\begin{aligned}\delta\mathcal{S} &= \int_\Omega dV \sum_{j=1}^{s} \left[\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_j}\delta q_j + \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha_1}}\delta q_{j;\alpha_1} + \right.\\ &\qquad \left. ... + \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha_1\ldots\alpha_m}}\delta q_{j;\alpha_1\ldots\alpha_m}\right] = 0\,. \qquad (18)\end{aligned}$$

Dadas as condições de contorno, desejamos saber que regras o sistema precisa seguir para que o princípio da ação mínima seja obedecido. Para calcular a resposta, fazemos uso de uns poucos teoremas e do fato de que as condições de contorno são dadas (mas não precisamos saber quais são elas):

$$\delta\nabla_\alpha = \nabla_\alpha\delta\,, \qquad (19)$$

e

$$\delta q_j(\Gamma) = \delta q_{j;\alpha_1\ldots\alpha_\ell}(\Gamma) = 0\,. \qquad (20)$$

Sendo Γ a fronteira de Ω. Vejamos como lidar com os primeiros termos do integrando:

$$\begin{aligned}&\int_\Omega dV \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha}}\delta q_{j;\alpha}\\ &= \int_\Omega dV \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha}}\nabla_\alpha\delta q_j\\ &= \int_\Omega dV \left[\nabla_\alpha\left(\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha}}\delta q_j\right) - \nabla_\alpha\left(\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha}}\right)\delta q_j\right]\\ &= -\int_\Omega dV \nabla_\alpha\left(\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha}}\right)\delta q_j\,. \qquad (21)\end{aligned}$$

O último passo baseou-se em uma aplicação do teorema de Gauss que permite transformar uma integral de volume em uma integral de superfície:

$$\begin{aligned}\int_\Omega dV \nabla_\alpha\left(\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha}}\delta q_j\right) &= \int_\Gamma df_\alpha \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha}}\delta q_j\\ &= 0\,, \qquad (22)\end{aligned}$$

pois as variações δq_j anulam-se em Γ (fronteira do sistema) em função das condições de contorno, sejam elas quais forem (elas só precisam estar definidas, sendo que os detalhes da definição não afetam este resultado).

Para lidar com os termos de ordem superior, reduzimos a ordem de derivação de q_j:

$$\begin{aligned}&\int_\Omega dV \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha\beta}}\delta\nabla_\beta\nabla_\alpha q_j\\ &= \int_\Omega dV \left[\nabla_\beta\left(\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha\beta}}\delta q_{j;\alpha}\right) - \nabla_\beta\left(\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha\beta}}\right)\delta q_{j;\alpha}\right]\\ &= \int_\Gamma df_\beta \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha\beta}}\delta q_{j;\alpha} - \int_\Omega dV \nabla_\beta\left(\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha\beta}}\right)\delta\nabla_\alpha q_j\\ &= -\int_\Omega dV \left\{\nabla_\alpha\left[\nabla_\beta\left(\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha\beta}}\right)\delta q_j\right]\right.\\ &\qquad \left. -\nabla_\alpha\nabla_\beta\left(\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha\beta}}\right)\delta q_j\right\}\\ &= -\int_\Gamma df_\alpha\nabla_\beta\left(\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha\beta}}\right) + \int_R dV \nabla_\alpha\nabla_\beta\left(\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha\beta}}\right)\delta q_j\\ &= \int_\Omega dV \nabla_\alpha\nabla_\beta\left(\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha\beta}}\right)\delta q_j\,. \qquad (23)\end{aligned}$$

Para uma ordem arbitrária ℓ,

$$\begin{aligned}&\int_\Omega dV \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha_1\ldots\alpha_\ell}}\delta q_{j;\alpha_1\ldots\alpha_\ell} =\\ &\qquad (-1)^\ell \int_\Omega dV \nabla^{(\ell)}\left[\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha_1\ldots\alpha_\ell}}\right]\delta q_j\,, \qquad (24)\end{aligned}$$

sendo que utilizamos a notação

$$\nabla^{(\ell)} \equiv \nabla_{\alpha_1}\nabla_{\alpha_2}\ldots\nabla_{\alpha_\ell}\,. \qquad (25)$$

Levando estes resultados à equação (18) e notando que a integral deve anular-se apesar de serem as variações δq_j independentes e arbitrárias, obtemos um conjunto (que pode ser infinito) de equações diferenciais, cada uma delas da forma

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_j} + \sum_{\ell=1}^{m} (-1)^{\ell} \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial q_{j;\alpha_1 \dots \alpha_\ell}} = 0 \,. \tag{26}$$

Estas são as equações (diferenciais) de Euler-Lagrange generalizadas e representam leis físicas.

Em sistemas físicos usuais, as derivadas de ordem superior a um são nulas no integrando, o que torna várias expressões mais simples.

A título de exemplo, é interessante notar que as equações de Maxwell, que mencionamos antes, podem ser obtidas pelo mesmo processo que acabamos de descrever. Isso também é verdade para a equação fundamental da Relatividade Geral e para as demais leis. Leis de conservação (ex.: conservação de energia) podem ser obtidas do mesmo princípio via teorema de Nöther.

Outro detalhe é que é necessário saber a forma de $\mathcal{L}$ (densidade lagrangiana) para usar estas equações diferenciais. Frequentemente utilizamos as simetrias conhecidas das leis físicas para determinar isso. A seleção da densidade lagrangiana corresponde a especificar o contexto das leis que se pretendem deduzir. É uma forma de “dizermos” ao princípio da ação mínima sobre qual contexto desejamos obter informações.

A título de exemplo, podemos deduzir equações de leis da mecânica, seja newtoniana ou em casos particulares como aqueles com que trabalhamos na Teoria Quântica de Campos, na Relatividade Geral ou mesmo na Teoria das Cordas. Isso vale também para o eletromagnetismo, para a força nuclear, para as interações fracas e para a gravidade. Este tipo de abordagem também pode ser usada no estudo de estratégias de sobrevivência, teoria dos jogos, moral, ética, etc.

Note-se que este caminho é essencialmente dedutivo, apesar de haver pessoas afirmando que a ciência é essencialmente indutiva (com isso mostram que não falam da mesma ciência que mencionamos aqui). Tal ideia provém de um conceito de ciência correspondente ao que Galileu chamou de filosofia ordinária que faz promessas que não pode cumprir. A verdadeira ciência não apresenta esse tipo de limitação.

Apesar disso, ao contrário da falsa, a verdadeira ciência é muito impopular e poucos são os que fazem uso direto dela.

6 Simetrias e Leis de Conservação

Na segunda década do século 20, Emmy Nöther publicou um teorema revolucionário.

Esse teorema usa o princípio da ação mínima para provar que simetrias geram leis de conservação. Mas o que são simetrias e o que são leis de conservação?

6.1 Simetrias

Informalmente, simetria é uma transformação que não transforma alguma coisa.

Um triângulo equilátero no plano, por exemplo, não é afetado por giros de 120° ou múltiplos disso em torno de seu centro, nem por reflexões em relação às retas que passam por suas três alturas. Essas coisas são simetrias do triângulo equilátero.

As leis físicas também possuem simetrias.

As mesmas leis que regem o que acontece aqui regem o que acontece em todo o universo (e podemos observar isso). Podemos chamar isso de simetria de translação (no espaço).

As mesmas leis que regem o que acontece agora, regiam o que acontecia ontem e regerão o que acontecerá amanhã. Podemos chamar isso de simetria de translação no tempo.

As leis físicas são as mesmas independentemente da orientação no espaço. Podemos chamar isso de simetrias de rotação.

E existem diversas outras simetrias que exigem conhecimentos mais profundos para que façam sentido.

6.2 Leis de Conservação

Lei de conservação é aquela que diz que toda a variação da quantidade de alguma coisa em certa região precisa ser igual ao que entra ou sai pela fronteira dessa região.

Em uma notação familiar à maioria das áreas da Física e da Engenharia, as leis de conservação de grandezas escalares (exemplo: massa) podem ser expressas de forma semelhante a:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} \;=\; -\nabla \cdot \mathbf{j} \,. \tag{27}$$

De acordo com o teorema de Nöther, a simetria de translação no tempo implica na lei da conservação da energia, e a simetria de translação no espaço implica na conservação de momentum. Tudo isso (e mais algumas coisas) é expresso pela seguinte fórmula da conservação do tensor de energia-momentum-tensões:

$$\nabla_\alpha T^{\alpha\beta} = 0 \,.$$

Esta notação permite lidar com situações bem mais gerais, mas ainda significa que o que aparece em um sistema é o que entra pela fronteira.

Outro ponto que devemos manter em mente é que, assim como deduzimos leis físicas em geral a partir do princípio da ação mínima diretamente, indiretamente ainda ganhamos de brinde uma série de leis de conservação, tudo isso de maneira dedutiva, embora com base em simetrias observadas.

O ponto é que não estamos às cegas tateando e usando indução de forma ineficiente, mas contamos com métodos poderosos (a quase totalidade dos quais não mencionamos aqui) para avançar rapidamente e continuar descobrindo uma infinidade de coisas como se tem feito efetivamente.

É equivocada a noção de que conhecemos apenas superficialmente umas poucas leis. Conhecemos o princípio básico que permite saber uma infinidade de coisas, embora seja verdade que existam muitos detalhes ainda desconhecidos sobre o universo.

7 Matéria Escura e Desconhecimento

Há quem afirme que conhecemos apenas 4% do universo, pois 96% do que existe no universo é matéria escura e energia escura.

O primeiro problema com essa afirmação está na forma ingênua de medir conhecimento. Para entender como funciona o universo, é preciso entender as leis e os *tipos* de coisas sobre que elas atuam, não conhecer individualmente cada item (ex.: cada partícula do universo). Não é necessário conhecer todos os elétrons do universo para estudar elétrons, pois uma das leis físicas diz que eles são necessariamente todos indistinguíveis. Quem conhece um, conhece todos.

Digamos que exista uma partícula que compõe a matéria escura do universo. Isso seria apenas um tipo, ainda que abundante, comparado com todas as demais que conhecemos. A fração ficaria invertida. Não é a quantidade de material que conta, mas quantos tipos de partículas existem.

Outro detalhe é que várias coisas conhecidas contribuem para o efeito que chamamos de matéria escura, desde material interestelar frio até neutrinos e fótons. Mas essas coisas em si não conseguem explicar os efeitos gravitacionais que observamos, por isso foi levantada a possibilidade de existir algum tipo de material até agora desconhecido.

Um fato muito curioso precisa ser levado em conta, entretanto. A distribuição aparente da suposta matéria escura em torno dos centros galácticos é regular na maioria dos casos de uma maneira tal que se parece com o efeito de uma lei ainda não estudada, como efeitos quânticos da gravidade acumulados e visíveis a grandes distâncias. A Teoria das Cordas pode lançar luz sobre isso nos próximos anos. Mas esse efeito corresponderia a valores de parâmetros na equação de Einstein ou, dependendo da forma como se trabalha, algum termo adicional, não a 96% do que há para saber sobre o universo.

No caso da energia escura, a própria constante cosmológica (Λ) da equação de Einstein já é um termo nada misterioso de "energia escura" que aparece naturalmente dependendo de como se deduz a equação. Por exemplo, quando formamos um sistema de equações com a identidade de Bianchi contraída e a lei da conservação de energia, obtemos como solução a equação de Einstein com a constante cosmológica. E, dependendo de como lidamos com a energia do vácuo, podemos verificar o que falta. Isso não seria qualitativamente novo, mas apenas uma questão de verificar exatamente em que tipo de universo vivemos, isto é, quais os parâmetros dele que ainda não medimos.

8 Milagres e Violações

Conforme já explicamos, as leis físicas básicas parecem ser realmente consequências de um princípio de otimização ($\delta\mathcal{S} = 0$).

É interessante notar ainda que este mesmo princípio também pode ser aplicado à otimização de condições de sobrevivência (incuindo saúde) para seres vivos em geral e à otimização de regras de convivência para seres sociais. No caso dos seres humanos, utilizamos as palavras 'ética' e 'moral' para descrever este tipo de coisa.

Além disso, deste mesmo princípio de otimização obtemos também leis que regem a informação.

Diante disso, faz muito sentido a unificação de leis descrita por Ellen White: "Os mesmos princípios regem o mundo espiritual e o mundo natural." Fundamentos da Educação Cristã, 375.

Na verdade, isso parece tão óbvio quanto o ovo de Colombo no cenário bíblico: Deus é perfeito, tudo o que Ele faz é otimizado, Ele criou tanto o mundo espiritual quanto o natural, portanto ambos precisam seguir o mesmo princípio de otimização, que gera as mesmas leis para os mesmos ambientes. Temos essencialmente uma *mesma lei para reger tudo* e é essa mesma lei que se desdobra tanto nas leis físicas que observamos quanto nos Dez Mandamentos.

Então faz sentido falarmos na "lei de Deus" (singular), não apenas no sentido de Torá. A Bíblia faz realmente referências a violações da lei de Deus (ἀνομία), mas ao invés de chamar isso de 'milagre', ela chama de 'pecado' (I João 3:4), e diz que o salário do pecado é a morte (falta de otimização em áreas essenciais tende a levar à degradação, com aumento descontrolado de entropia).

Mas essa é uma outra longa conversa. Nosso interesse no momento é sobre se milagres seriam ou não violações dessas regras de otimização. Em função do que vimos até aqui, é justo reformular a pergunta fundamental deste artigo:

— *Será que Deus vê-Se obrigado a agir de forma imperfeita (pecaminosa) para poder realizar milagres?*

E, paralelamente, poderíamos indagar: teria a visão de Deus sido tão curta ao definir as leis físicas a ponto de torná-las barreiras ao invés de instrumentos para Seus propósitos? Bem, não se elas foram otimizadas, conforme tanto a Bíblia quanto a natureza nos levam a crer, aí teríamos realmente um indício de que Deus nem sempre age de maneira perfeita, ou seja, Ele mesmo teria defeitos.

É interessante entrarmos em alguns casos específicos de relatos bíblicos de milagres a fim de esclarecer coisas que, para muitos, parecem ser violações de leis físicas.

8.1 Multiplicação de Alimentos

A Bíblia menciona mais de um evento em que ocorre multiplicação de alimentos. Em um deles (Mateus 14:13–21), Cristo transformou cinco pães e dois peixes em alimento suficiente para uma multidão de cinco mil homens e mais mulheres e crianças, sobrando ao final doze cestos cheios.

"Ora", dirá alguém, "temos aqui uma clara violação da lei de Lavoisier, que afirma que na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma".

É instrutivo entender que, a rigor, esse enunciado de Lavoisier, quando aplicado a um contexto geral, amplo e irrestrito, está errado. Existem coisas na natureza que são criadas e/ou destruídas o tempo todo. O que aparentemente ele tinha em mente era que, em reações químicas, todos os átomos dos reagentes estão presentes nos produtos, e não há destruição ou criação de átomos no processo. Isto está correto com excelente aproximação em processos de baixa energia.

Conforme já mencionamos, as leis de conservação podem ser deduzidas de forma muito mais elegante e precisa do que o enunciado qualitativo de Lavoisier, desde que utilizemos o teorema de Nöther (ligado ao princípio da ação mínima). De brinde, ainda descobrimos exatamente em que circunstâncias essas leis de conservação se aplicam e em que casos elas não impõem limites.

Uma expressão suficientemente precisa para nossos propósitos é a equação 27 aplicada ao caso da massa, isto é, em que ρ é a densidade de massa e $\mathbf{j}$ é a densidade de fluxo de massa. Porém, para tornar mais acessível o significado desta equação, vamos expressá-la na forma integral:

$$\frac{dm}{dt} = -\int_S \mathbf{j} \cdot d\mathbf{S}\,,$$

sendo m a massa contida em uma região cuja fronteira é S, e sendo $\mathbf{j}$ a densidade de fluxo de massa.

Esta equação diz que a taxa de variação de massa em uma certa região é igual à taxa de entrada de massa nessa região através de sua fronteira. Qualquer variação de massa diferente disso implicaria em criação ou destruição de massa.

Mas vamos dar um passo atrás e questionar a própria existência da lei de conservação de massa. De onde ela vem e em que circunstâncias ela se aplica?

Em primeiro lugar, um dos resultados da Relatividade Especial é que energia e massa são proporcionais:

$$E = mc^2\,.$$

Isso significa que conservação de energia implica em conservação de massa e vice-versa.

Em segundo lugar, o fato de as leis básicas serem imutáveis ao longo do tempo implica em conservação de energia e, consequentemente, de massa. Em outras palavras, a imutabilidade da lei é condição suficiente para que a energia e a massa se conservem.

Reciprocamente, existe uma relação de dualidade entre o tempo e o operador quântico que corresponde à energia de tal maneira que o operador energia é o gerador das translações no tempo (evolução) e a criação do tempo (criação do universo) gera energia.

Em outras palavras, é permitido aparecer energia do nada no momento da criação do tempo, porém não mais a partir daí.

"Aha!", dirá alguém. "Então vemos aí claramente que, ao multiplicar alimento, Cristo violou uma lei física que deveria ser válida ao longo de toda a história do universo exceto na criação do tempo. E isto é um exemplo de milagre que viola leis físicas." Calma, não tão rápido.

Note que a equação da conservação diz que a taxa de variação de massa (ou energia) em certa região é igual à taxa de entrada de massa nessa região. Nada impede que massa seja introduzida em ou retirada de um sistema. Ela só não aparece ou desaparece espontaneamente. Dá pra notar a diferença?

Se Deus estivesse confinado a este universo e sem acesso a nada externo e Ele quisesse efetuar a multiplicação de alimentos, Ele teria de escolher entre transportar e transformar materiais deste universo ou violar a lei de conservação de energia. Como Ele transcende ao universo, Ele ainda tem a opção de introduzir o que quiser no universo sem violar lei de conservação alguma. Nenhuma lei se opõe a que Deus introduza mais massa ou energia no universo.

Outro argumento que alguém poderia levantar é que Deus poderia alterar as leis temporariamente para poder criar energia e depois restaurá-las ao seu curso normal. Isso parece verdade, em princípio, porém esbarra em um problema sério: essas leis baseiam-se em um princípio de otimização e alterá-las significa introduzir imperfeições no universo no sentido de fazer com que coisas comecem a acontecer de forma não-otimizada ("burra"), o que seria contrário ao caráter de Deus, que é sábio e perfeito.

8.2 Andar sobre as Águas

Logo em seguida à multiplicação dos 5 pães e dos 2 peixes, Jesus mandou os discípulos entrar em um barco e atravessar para o outro lado do "mar" (que hoje chamaríamos de lago) enquanto Ele despedia a multidão. Depois disso, subiu a colina para orar.

Enquanto isso, os discípulos navegavam pelo lago enfrentando ondas ameaçadoras. A certa altura, viram alguém que se aproximava e que parecia caminhar sobre a água. Pensaram que fosse um fantasma. Era Jersus, que os chamou e os acalmou. Para confirmar a identidade do Mestre, Pedro pediu para poder também andar sobre as águas e ir ao encontro dEle, o que conseguiu por um curto período de tempo.

Que leis físicas podem candidatar-se como possíveis vítimas de violação nesta história? Empuxo, gravidade, tensão superficial?

Na verdade, não faz sentido algum falar-se em violação dessas coisas pois são apenas influências que podem ser parametrizadas como forças que contribuem para a aceleração de um sistema. Por exemplo, a gravidade nos puxa em direção ao centro da Terra, mas a "resistência" do solo nos impede de entrar chão a dentro, compensando a força gravitacional e nos mantendo no lugar. A "resistência" do solo viola a lei da gravidade? Claro que não! Trata-se apenas de uma das forças que precisam ser levadas em conta para calcular a aceleração sofrida por objetos.

No Ensino Médio, os estudantes ficam sabendo que é importante calcular a força resultante que atua sobre um objeto a fim de calcular sua aceleração, sendo essa resultante a soma de todas as que atuam no objeto:

$$\mathbf{F} = \sum_i \mathbf{F}_i \, .$$

A aceleração é então calculada a partir da fórmula de Newton:

$$\mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt} = \frac{d(m\mathbf{v})}{dt} \, .$$

Quando m é constante,

$$\mathbf{F} = m\frac{d\mathbf{v}}{dt} = m\mathbf{a} \, .$$

Para que a aceleração seja nula, basta que a força resultante seja nula: $\mathbf{F} = 0$.

Adicionar uma força ao sistema não viola qualquer lei. Se você suspender um livro no ar não estará violando a lei da gravidade, apenas adicionando sua própria força ao sistema para deslocar o livro até a posição desejada e mantê-lo lá.

Trata-se de algo tão simples e básico que é difícil até imaginar o que se passa na cabeça de pessoas que tentam especular sobre possíveis violações de leis físicas no andar sobre as águas. Talvez a estranheza venha do fato de que, se tentarmos fazer isso de forma ingênua vamos afundar, assim como não basta bater os braços para sair voando como os pássaros. Mas isso não passa sequer perto de violar leis físicas.

O que acontece é que a gravidade, o empuxo e a tensão superficial da água não são os únicos fatores que influenciam o fenômeno descrito por Mateus, de forma que se somarmos apenas as forças provienientes dessas fontes, não obteremos a força resultante que atuava sobre Jesus ou Pedro. Simplesmente falta levar em conta alguma coisa, mas não há indício algum de violação do que quer que seja a não ser o desejo de alguns que gostariam que milagres fossem coisas absurdas.

8.3 Ascenção de Cristo e Outros

Tecnicamente, este é exatamente o mesmo caso do exemplo de andar sobre as águas. O que temos aqui é que há alguma força não explicitada no texto que compensa a da gravidade. Isso nada tem a ver com violação de qualquer lei.

É o mesmo caso do machado que flutuou na água e da abertura do Mar Vermelho. Como Deus fez para abrir o Mar Vermelho? O texto não diz (poderia ser vento ou qualquer outra coisa), mas Ele fez algo e isso corresponde a um campo de forças que deslocou as águas. Novamente, sem qualquer indício de violação de leis físicas.

8.4 Teletransporte?

Em Atos 8, lemos o caso em que Filipe recebeu de um anjo a ordem de ir até o caminho entre Jerusalém e Gaza. Filipe foi e encontrou um eunuco etíope em uma carruagem, lendo o livro de Isaías e desejando entender o significado do que lia. Filipe fez um resumo ao eunuco, falou do cumprimento do texto em Cristo e, a pedido do ouvinte, batizou-o. Após isso, o Espírito Santo transportou Filipe para Azoto.

Novamente, que leis físicas poderiam ter sido violadas nesse incidente? Existe alguma lei que proíba uma pessoa de ser levada de um lugar para outro? Não. E se isso ocorrer via teletransporte? Nenhum problema. E se isso ocorrer via alguma identificação topológica entre duas regiões do espaço (wormhole)? Não haveria problemas em relação a violação de leis físicas, embora wormholes baseados apenas em Relatividade Geral tendam a ser bastante perigosos (campos gravitacionais fortíssimos). Mas esta é outra longa história.

8.5 Ressurreição

A Bíblia fala muito em ressurreição. Apocalipse fala em duas ressurreições, uma dos justos, antes do milênio e outra dos ímpios, após o milênio, quando serão enganados uma última vez por Satanás, tentarão dominar a Nova Jerusalém, serão impedidos, ocorrerá a etapa final do julgamento e sofrerão a segunda morte (Apocalipse 20:14, última parte), isto é, serão destruídos definitivamente (Malaquisas 4:1–3; Mateus 10:28), e a morte e o inferno serão lançados no lago de fogo (Apocalipse 20:14).

Também há referências a ressurreições especiais, sendo a de Lázaro uma das mais famosas.

Ressurreição é uma reversão da morte, e morte é a cessação da vida (Salmo 6:5; 88:10–12; 115:17; 146:4; Eclesiastes 9:5,6,10). Se não há ressurreição, a morte é o fim e o Evangelho não faz sentido (I Coríntios 15:16–18).

Que leis físicas exatamente alguém pode especular que sejam violadas pela ressurreição? É importante entender que o aspecto mais fundamental da vida é o processamento de informações. Este é outro assunto longo do qual tratamos em outra oportunidade, mas o que é interessante levantar agora é quais são as leis físicas que lidam com informação. Direta ou indiretamente, todas. Mais diretamente, temos, por exemplo, regras sobre entropia, que pode ser expressa de tal maneira a funcionar como uma medida de informação.

Seres vivos baseados em DNA possuem um sofisticado sistema operacional suportado por uma base de programas representados em base 4 em nível molecular. Esses programas contém instruções de controle geral (ex.: como coordenar as diferentes tarefas e como elas se relacionam) e instruções específicas, como construir um exército de nanomáquinas chamadas enzimas, cada uma com uma função diferente mas que devem trabalhar cooperativamente em diferentes partes do sistema para mantê-lo funcionando.

No caso de seres que possuem um sistema nervoso, existe ainda outra camada de processamento de informação de mais alto nível. Um gato, por exemplo, possui órgãos sensoriais cuja informação de entrada é processada por sofisticadas redes neurais que reconhecem padrões, elaboram modelos (representações do ambiente, de presas, objetos, etc.), tomam decisões (atacar ou fugir? pular ou contornar?), raciocínio concreto, etc.

No caso de um ser humano, essas redes neurais são muito mais sofisticadas, permitindo pensamento abstrato, raciocínio formal (explicitamente matemático), considerações sobre passado, futuro, coisas imaginárias, possibilidades, etc. O grau de consciência resultante permite também emoções mais profundas, experiências mais ricas, senso moral, estético e outros fenômenos.

Muitos conjecturam ainda que existe algum outro mecanismo de processamento de informações (espírito) que pode sobreviver à morte do corpo, pensamento esse bastante arraigado em várias culturas ao redor do mundo. A Bíblia até faz referências a esse tipo de crença, embora em seus ensinos explícitos ela trate a morte como um período de absoluta inconsciência, em que todos os pensamentos, emoções e ações deixam de existir (ver passagens acima). Toda esperança do cristianismo original repousa na ressurreição e não na vida durante a morte (I Coríntios 15; I Tessalonicenses 4).

Independentemente do conceito de morte preferido de cada um estar mais próximo ou mais distante dos ensinamentos bíblicos fundamentais, resta o fato de que sabemos que a morte não se reverte espontaneamente. Os componentes do organismo começam a degradar-se com a morte. Um a um dos subsistemas que processam informação vão estragando e deixando de ser funcionais. Falhando os mecanismos de regeneração, ocorre aumento descontrolado na entropia do sistema.

Diante dessas considerações, será que a ressurreição não violaria a segunda lei da Termodinâmica? Não seria como um ovo quebrado no chão reunir todas as partes, reconstruir-se e voltar para o ninho de onde ele caiu?

Notemos que a segunda lei da Termodinâmica não diz que a entropia de um sistema não pode diminuir com o tempo, mas sim que a entropia de um sistema *isolado* não diminui com o tempo. Quando Deus ressuscita alguém, esse alguém não é um sistema isolado porque ele está interagindo com Deus.

Toda informação que define a pessoa (espírito) é conhecida por Deus e Ele pode reconstruir o que foi destruído pela morte de tal maneira a que a identidade da pessoa seja impressa no organismo que Deus construir para isso. Não há qualquer aberração física nisso, mas é um processo que não acontece espontaneamente.

Poderíamos aqui entrar nessa questão da identidade e como as leis físicas esclarecem isso de maneira surpreendente. É a Mecânica Quântica que nos permite descobrir esse tipo de coisa, entender que a identidade está nos estados (informação) e não nas partículas (que não possuem identidade). Porém, não é essencial entender isso para perceber que nem a ressurreição viola leis.

9 Conclusões

Sempre que o assunto sai ligeiramente do cotidiano trivial, há uma tendência de que as pessoas façam generalizações equivocadas e apoiem suas opiniões em correntes filosóficas que ainda utilizam ideias antigas que já foram refutadas durante o estudo científico das leis naturais ao longo dos últimos séculos.

A própria essência da revolução científica (o papel da Matemática), apesar de ter sido enfatizada por Galileu e outros, tem sido ignorada pelo *mainstream* da filosofia da ciência, estimulando uma confusão sobre o próprio conceito de ciência e que lhe sejam atribuídas limitações próprias das abordagens filosóficas em geral mas não da Ciência.

A falta de entendimento do que é Ciência leva a um pensamento simplista e distorcido sobre o caráter das leis físicas e da possibilidade que temos de lidar corretamente com elas. O conceito correspondente a cada lei física é substituído por uma caricatura qualitativa descaracterizada de elementos essenciais. Quando essas caricaturas são confrontadas com menções bíblicas a milagres, surge a sensação de que esses eventos violam leis físicas. Mas são essas caricaturas (versões ingênuas) das leis físicas que podem às vezes ser violadas não apenas por milagres mas até mesmo por fenômenos naturais usuais em certas partes do universo.

Por outro lado, quando utilizamos expressões válidas das leis físicas, não conseguimos ver qualquer evidência de que milagres as violem. Além disso, não parece ser possível existir situação alguma em que uma intervenção divina especial precise violar qualquer lei física para qualquer propósito. Pelo contrário, ao entendermos que as leis físicas são consequências de um princípio de otimização, e que esse princípio gera não apenas leis físicas mas também recomendações úteis para seres que podem tomar deciões, fica claro por que a Bíblia chama violações dessas leis de 'pecado' e não de 'milagre'.