

ENSAIO

PROLEGÔMENOS
SOBRE A EXISTÊNCIA DE
LEIS DA NATUREZA

GILDO MAGALHÃES
Universidade de São Paulo
São Paulo | São Paulo | Brasil
gildomsantos@hotmail.com
orcid.org/0000-0001-6005-2185

DO SIGNIFICADO E DA EXISTÊNCIA DE LEIS NATURAIS

O desenvolvimento das ciências da Natureza tem se pautado pela suposição, estabelecimento e uso de “leis”, geralmente expressas de forma quantitativa, mas também podendo receber um enunciado apenas qualitativo. Exemplos usuais podem ser encontrados na física, como a conhecida lei da gravitação universal (a atração gravitacional é proporcional ao produto das massas e ao inverso do quadrado das distâncias), ou na química, como a lei dos gases perfeitos (é uma constante o produto da pressão pelo volume, dividido pela temperatura) ou na biologia, como a lei de Hardy-Weinberg (uma população está em equilíbrio genético quando não está mais evoluindo). Outros campos científicos também recorreram a leis, como a geologia (por exemplo, as camadas de estratificação do solo são horizontais), e até mesmo na matemática, cuja classificação como ciência natural é controversa, encontramos esse modo de expressão (como na lei estatística dos grandes números, em que a repetição em grande número de um evento, faz com que a frequência da ocorrência se aproxime de sua probabilidade).

As leis consideradas fundamentais na ciência atual são relativamente poucas, e sua adoção não acarreta necessariamente um entendimento direto dos fenômenos mais complexos do universo, como a vida, a sociedade, a cultura. É preciso reconhecer que por maior que tenham sido os desenvolvimentos do conhecimento, as experiências reais dos seres humanos costumam estar muito além do alcance daquelas leis fundamentais. Tampouco as leis iluminam a explicação de fenômenos naturais básicos, como a estrutura da matéria e da energia, ou a distribuição dos elementos químicos pelo espaço cósmico.

A inteligibilidade do mundo pressupõe que haja esse tipo de “leis”, pois do puro acaso perceberíamos somente confusão. A exploração e conhecimento do nosso mundo revelaram nas suas estruturas e processos a presença de regularidades profundas, o que reforçou nossa capacidade de sobrevivência. Podemos citar como exemplos bem-sucedidos as disposições das propriedades dos elementos químicos na Tabela Periódica, que por sua vez se refletem na previsibilidade de suas propriedades físicas e químicas, bem como nas de seus compostos. A cristalografia também desvendou como a natureza apresenta as formas das substâncias de maneira que podemos inferir pela sua geometria características fascinantes. Indo a outro extremo de grandeza temos as estruturas solares, galácticas e extragalácticas, que nos permitiram situar melhor nosso próprio planeta dentro da interação do cosmos. É também discernível a formação de estruturas físico-químicas regulares até mesmo em extremos de temperatura, exibindo a supercondutividade, próxima ao chamado zero absoluto, e os plasmas filamentos no estado de fusão nuclear observados na superfície de nosso Sol. Poderíamos estender essas manifestações de formação de ordem para a geologia da Terra e possivelmente para as camadas sólidas, líquidas e gasosas dos planetas em geral. Certamente as formas de vida que conhecemos manifestam a seu modo, tanto na forma quanto na função, como as leis naturais se estendem para todos os domínios da natureza.

Desde já, é necessário apontar que a existência dessas regularidades não significa aceitar a rigidez de um determinismo extremo, como a que aparece no sistema de mundo laplaciano e de suas equações. Pelo contrário, podemos admitir que existem graus de liberdade na natureza, capazes até de formar novas ordens ainda insuspeitas com nosso nível atual de conhecimento. Com esse cuidado, podemos também aceitar que individualmente e em algum caso

particular uma entidade natural não siga uma dada lei natural, mas o que observamos é que em média e em grande número os entes seguem as regularidades que detectamos em nossas repetidas observações. Podemos até usar, para sermos mais abrangentes nos casos mais gerais, o termo “tendências” ou “propensões” para as manifestações da natureza. Esta última expressão foi utilizada por Karl Popper nas suas críticas à interpretação usual da física quântica, ilustrando as propensões com sua metáfora da tábua de pregos inclinada por onde descem esferas (Popper 1992, 82-88). Diferentemente da probabilidade, a propensão neste sentido serve para evidenciar a tendência de uma propriedade ser manifestada, produzindo ao final de um processo uma dada estatística.

Quando hipóteses feitas sobre a natureza começam a ser encaradas como “leis”? Essa transformação pode ser vislumbrada quando se consegue usar uma hipótese ou um conjunto de hipóteses como se fosse um “instrumento”, possivelmente enquadrando essa hipótese em uma teoria mais ampla e conseguindo com isso aumentar a nossa capacidade de ação no mundo, através da construção de novos instrumentos, que sem o apoio daqueles pontos de partida seriam inconcebíveis. Dentro dessa teoria, uma lei terá a sua capacidade de descrever um conjunto de fenômenos, conjunto este que será sempre limitado, pois nenhuma teoria consegue descrever todos os fenômenos. Com isto a teoria com suas “leis” conseguirá demonstrar uma capacidade de prever fenômenos até então insuspeitos de que poderiam ser observados, mas que assim conseguem ser no mínimo vislumbrados. Finalmente, a utilidade desse procedimento se demonstra cabalmente para a comunidade de estudiosos, e mesmo publicamente, se ele permite a construção de novos “instrumentos” que aumentem a nossa capacidade de ação no mundo (Moreira 2010, 256-261).

Além disso não podemos deixar de assinalar que nosso conhecimento do que é uma “lei natural” costuma historicamente surgir de modo bastante imperfeito e vai sendo melhorado com o passar do tempo, ou seja uma “lei” é um conhecimento histórico, pois ela se situa em um dado contexto social, econômico e cultural. Por exemplo, quando dizemos hoje em dia que os planetas se movem em órbitas elípticas em torno do Sol, isto significa que, para nossos conhecimentos atuais, elas são trajetórias muito próximas de elipses. Para uma grande maioria das questões a isso relacionadas, podemos usar essa descoberta feita por Kepler no início do século XVII como se fosse uma verdadeira lei a esse respeito. O mesmo ocorre com qualquer formulação que nos tenha permitido adentrar no domínio do conhecimento da natureza – sem que tenhamos chegado a um resultado “final” desse conhecimento, e provavelmente nunca chegaremos.

Essa visão do alcance da ciência já havia sido plenamente compreendida por alguns cientistas capazes de refletir sobre sua atividade, como Ernst Mach no começo do século XX, ao concluir que a ciência não ambiciona ser uma visão completa da natureza, mas humildemente pretende trabalhar para se ter uma visão mais completa no futuro. O verdadeiro cientista, segundo sua concepção, tolera trabalhar com uma visão incompleta do mundo, preferindo isso a ter uma concepção aparentemente perfeita, mas inadequada (Mach 1989, 541-559).

É neste mesmo sentido que vai o pensamento de seu contemporâneo Henri Poincaré, levando-nos a concluir que toda “lei natural” é um enunciado imperfeito e provisório, a ser futuramente substituído por uma lei mais completa (Poincaré 2000, 135-173). Este provisoriado é, aliás, o que demonstra o movimento que se pode denominar de “progresso” científico. No entanto, o

fato de que qualquer lei seja apenas aproximativa não justifica o ceticismo extremo perante a ciência, que leva ao oposto, que é a desconfiança total da eficiência científica, da mesma maneira que a aceitação cautelosa e provisória do conhecimento atual não deve nunca ser substituída por uma crença cega nele. A demonstração pragmática do valor da ciência nos é dada cotidianamente, desde tempos remotos em que naturalmente não se conceituava a ciência como hoje em dia, mas sua ancestral, a técnica, já nos ensinava a confiar em resultados validados pela experiência.

Desta forma, aquilo que chamamos de leis da natureza, deve ter suas propriedades científicas muito bem entendidas. Elas nunca são exaustivamente completas e exatas, pois o conhecimento da natureza pelo ser humano nunca foi nem poderá ser absoluto. A história da ciência tem demonstrado essa limitação como válida no passado e tudo aponta para sua validade no futuro, conquanto se possa avançar cada vez mais no conhecimento científico.

COMO SURTIU E EVOLUIU O CONCEITO DE LEIS NATURAIS

Uma vez estabelecido que estamos aqui considerando o termo “leis naturais” no sentido pragmaticamente aproximativo e historicamente mutável discutido atrás, é interessante indagar melhor como se deu seu surgimento. Como tantos outros conceitos usados na ciência, logo se verifica que as origens desse conceito são controversas. Uma possibilidade para iniciar a discussão é o argumento de que esse desenvolvimento foi tributário da teologia medieval, principalmente através da interpretação de Aristóteles feita por Tomás de Aquino no século XIII sobre a ordem do mundo, sem olvidar influências mais antigas, como as discussões de Agostinho no século IV.

Para a teologia cristã, a lei natural reflete a fidelidade divina, ligada à finalidade do universo; mas, ao mesmo tempo, parte dos teólogos tem admitido que a criação divina não está dada de uma vez por todas, o que implica uma abertura para novas leis, em uma continuação da atividade divina, ou seja, existe a liberdade de criar. Para esta linha de pensamento, a finalidade da criação deve possibilitar a liberdade para todo universo, não só para o ser humano. Se existe um Deus criador, nessa concepção, e se há leis que estabelecem conexões causais no mundo natural, então é de se supor que a natureza do Deus criador se reflete na natureza do mundo criado – o universo precisa espelhar ao mesmo tempo a ordem e a liberdade divina. Em consequência da postulação forte da liberdade, o universo é visto como tendo uma característica imanente de ser frutífero, e a frutificação decorrente, por sua vez, depende de haver ordem, evitando-se o caos – o que naturalmente impõe um certo caráter de “lei” ao universo criado.

Em resumo, o universo não é nem completamente determinista e enrijecido num rigor que acabaria levando à sua morte, nem arbitrariamente à vontade para mudar sem demonstrar obediência a princípios muito gerais de criação de ordem. Há uma espécie de “caminho do meio” entre os dois extremos.

Outros autores defenderam o ponto de vista da época do aparecimento de leis naturais com o florescimento crescente da ciência no século XVII, em conexão principalmente com as múltiplas e proficuas discussões das ideias filosóficas de Descartes (Harrison 2008, 13-36). Em seus *Princípios de filosofia*, Descartes expõe o que foram consideradas três “leis naturais” fundamentais: a conservação do movimento na ausência de forças externas, a tendência de o

movimento ser retilíneo, se não houver nada que contrarie essa tendência, e as leis da colisão elástica de corpos rígidos.

Também é geralmente admitido que no século XVII os pressupostos teológicos para explicar as leis naturais começam a ser abandonados, em função dos referidos avanços nas ciências naturais e de uma crescente dessacralização do universo, embora a teologia natural continuasse a trabalhar com a suposição de um criador divino, tese principalmente revigorada no século XIX com as obras de William Paley e que igualmente influenciou fortemente muitos cientistas.

Como a interpretação teológica tem ligação com o estabelecimento de bases éticas para a sociedade, lembramos que “lei natural” pode também significar um direito natural, isto é, os princípios morais imanentes que sejam aplicáveis a todos os seres humanos, através de várias culturas e classes sociais, como o direito ao trabalho e o respeito à vida, por exemplo. Ao contrário do que afirmam alguns defensores do relativismo cultural, o direito natural é uma noção estabelecida há tempos para se poder conviver em sociedade de maneira equilibrada e coletivamente aceitável, através de pactos ou convenções, escritas ou simplesmente transmitidas através das gerações. Tomás de Aquino explicitou essa norma por meio do conceito de *jus gentium* (direito das gentes), que deriva da *lex naturalis* (lei natural), aquela que pode ser seguida por quaisquer formas de vida, enquanto que o direito das gentes seria um produto notadamente humano (Heydte 2014, 132-134).

A lei moral seria, dessa forma, um reflexo da natureza divina, que é a do bem (Clayton 2008, 53-56). Nessa acepção, toda lei natural partilha desse bem, porque o atributo divino é o do amor, que se revela por ser regular e confiável. Há, portanto, algum sentido em ver uma ponte entre religião e ciência no aspecto das “leis naturais”, porque a natureza criada pela divindade alcançaria o propósito de harmonia do melhor mundo possível, como claramente enunciado por Leibniz, ou ainda pelo *conatus* (esforço), erigido como base da ética por Espinosa. A natureza criada estaria forçosamente em consonância com a natureza do criador. Religiões diversas, tais como a hebraica, cristã, muçulmana e a hinduísta, têm admitido essa propriedade da lei natural como direito universal ser também uma lei moral.

Não obstante essa ligação histórica, há um consenso geral de que o conceito de lei natural passou a ser admitido para além das bases teológicas, sendo gradativamente dessacralizado, com os desenvolvimentos introduzidos por trabalhos como os de Kepler, Galileu, Pascal, Huygens, Newton e outros. Houve o conhecido empenho, utilizado amplamente pela ciência moderna para procurar um divórcio - sem sucesso, como argumentam alguns historiadores da ciência (Numbers 2009).

A análise da gênese do conceito de lei natural, feita por Edgar Zilsel, um dos fundadores da sociologia da ciência, aponta para outras origens, observando que a civilização ocidental tem suas bases materiais na tecnologia, atividade que já seria uma resultante da investigação de leis naturais (Zilsel 2003, 96-122). A explicitação desse conceito já estaria registrada no livro bíblico de Jó, com a divindade quantificando as chuvas e comandando a natureza. Afirma também Zilsel que a palavra astronomia também tem essa conotação, lembrando que trata da lei (*nomos*) dos astros.

Ainda segundo Zilsel, Kepler parece ter sido o primeiro naturalista a usar ocasional, mas expressamente, a metáfora de “lei” para exprimir relações matemáticas observadas na natureza. Com Descartes já se registra a própria expressão de “lei da natureza”, sendo que o filósofo Espinosa transformou o conceito teísta de lei natural em Descartes e o interpretou de uma forma panteísta. Posteriormente, Newton vai incorporar o termo “lei” ao estudo do movimento e da gravitação. A economia monetária expandida pelo capitalismo mercantil rompeu os laços do feudalismo e levou à instituição de regulamentações nacionais na aurora do Estado moderno. Uma doutrina de leis naturais universais também estaria associada com a existência de uma soberania central e poderosa. Haveria, portanto, numa longa duração, uma ligação entre a situação dos judeus que haviam saído nos tempos bíblicos de uma organização beduína de clãs, dentro de um claro contexto de autoritarismo e despotismo dos antigos estados do Oriente Próximo, e a eclosão científica intensificada pelo estabelecimento do capitalismo moderno no estado absolutista.

Numa visão mais contemporânea, foi sugerido que há uma espécie de ritmo entre os fenômenos da natureza, o que não é imediatamente apreendido pelo olhar, mas apenas através da sua análise científica (Feynman 1995, 13). Segundo essa perspectiva são esses ritmos e padrões que chamamos de “leis físicas”, e num grau acima dessas regularidades que observamos está a própria natureza, cujas leis, que vamos conhecendo e até dotando de forma matemática, são uma interpretação gradativa do comportamento rítmico da natureza. Por outro lado, a ciência frequentemente lida com fenômenos que ainda não podem num dado momento serem explicados e, portanto, aparentam estar fora do domínio de “leis naturais”, o que ocorre mesmo nos campos que se pretendem ter maior exatidão, como na física.

POR QUE DEVERIAM EXISTIR LEIS NATURAIS?

Se no mundo não houvesse uma ordem e, portanto, algo que pudesse redundar na existência de leis, o universo seria provavelmente estéril e fadado à desordem crescente, mas o que vemos é um mundo que se frutifica, se expande e transforma continuamente em meio à criação de ordem. Novamente, é notável nesse quadro que seja compatível falar ao mesmo tempo em leis e livre-arbítrio, sem cair em contradição. A contraposição de necessidade versus liberdade também levantou na teologia cristã um dilema filosófico, lógico e moral bastante antigo, e nesse domínio pode-se ver como essa convivência de opostos possibilita até mesmo vislumbrar uma aproximação entre ciência e religião, desde que a solução buscada não seja dicotômica, mas dialética.

Uma polêmica que já apareceu mais atrás na questão da existência de leis naturais é se o universo explicado a partir do reconhecimento dessas leis é apenas uma criação arbitrária de nossa imaginação, ou se é uma explicação que reflete fenômenos naturais, independentemente de nossa presença para explicá-los (Planck 1993, 2). A obediência da natureza às leis é imanente à constituição do mundo ou é uma construção da mente humana, ou ambas e de forma interativa? Essas questões dizem respeito a uma dúvida básica, que é a de haver uma razão para que o mundo seja inteligível, ao invés de ser um caos e sem alguma racionalidade como aquela pensada pela mente humana. Argumentaremos mais à frente contra a conhecida opinião de Einstein, de que o mais ininteligível do mundo seria o fato de ele ser inteligível.

Uma justificativa para haver uma base para um mundo regulado por leis que são inteligíveis pelos homens foi expressa por alguns cientistas pelo chamado “princípio antrópico” (Barrow e Tipler 1996). Segundo uma versão deste princípio, o universo deve ter as propriedades que permitam o desenvolvimento da vida em alguma época de sua história cronológica. Em consequência, o processamento inteligente de informações obrigatoriamente teria de emergir no universo e, uma vez existente, ele nunca mais cessa. As leis naturais e as propriedades que constatamos com nossa ciência, tais como as constantes da física (constante gravitacional, constante de Planck, etc.) apoiam o surgimento da vida e, mais especificamente, de um ser como o homem, capaz de compreender com sua inteligência que o universo pode ser entendido e explorado, capaz inclusive de propor um “princípio antrópico” para explicá-lo.

Uma controvérsia associada com a questão anterior é: por que as leis naturais se expressam em geral de forma matemática para nós humanos? Lembramos que Kepler atribuiu a incapacidade de Aristóteles em conceituar um mundo baseado em princípios matemáticos a ele não aceitar que o cosmo tivesse sido criado, mas sim que seria eterno (Harrison 2008, 19). Seria a matemática também algo intrínseco ao universo, ou é esta apenas uma invenção humana para conseguir alguma explicação satisfatória para o intelecto humano?

A respeito da matematização da natureza é notável o fato de que pode haver várias descrições matematicamente equivalentes. Por exemplo, a lei da gravitação pode ser matematicamente expressa de três maneiras: a) pela lei de Newton, que é causal mas assume que a ação pode se dar à distância, de forma imediata como se fosse uma propriedade mágica; b) pelo potencial gravitacional e pelo seu campo, em que a ação depende do que acontece numa vizinhança de um objeto e a força gravitacional se exerce na direção em que o potencial muda mais rapidamente; c) de acordo com um princípio de mínima ação, minimizando a média da diferença entre energia cinética e potencial para uma dada trajetória. Apesar da equivalência matemática, filosoficamente elas são descrições muito diferentes, mas isto pode ser uma decorrência de que nosso conhecimento das leis da natureza é bastante incompleto e, numa etapa futura, talvez consigamos evidenciar que não há a equivalência matemática suposta, ou até ao contrário, que todas as alternativas possam ser unificadas em uma só.

Uma outra discussão decorrente da admissão de ordem é sobre o motivo da possível inteligibilidade humana do funcionamento do universo, pois pode-se argumentar que, ao entender como é a “máquina do universo” (para usarmos uma linguagem metafórica já consagrada, embora imperfeita), o homem desvenda uma organização que é natural e pode ser descoberta. Alternativamente pode-se, todavia, novamente pensar que se está impondo uma interpretação criada pelo próprio homem, a partir de como ele percebe os eventos do mundo. Um contra-argumento a isso foi fornecido na segunda metade do século XIX, por meio da conversação sobre a mente e o infinito, travada pelo matemático Georg Cantor com seu amigo Richard Dedekind: o cérebro humano é parte da natureza, interagindo permanentemente com ela e, portanto, é “natural” que nossa mente (que transcende o conjunto fisiológico do cérebro) seja adequada para tratar do funcionamento do universo (Magalhães 2013, 85-102). Neste sentido, a matematização seria algo natural e inerente ao universo.

A criação se desfaz, mas persiste na duração através do que fez. Isto dá um novo e mais amplo significado aos teoremas de Gödel na primeira metade do século XX, que também se inspirou no trabalho de Cantor sobre a

matemática transfinita. Foi demonstrado por Gödel que qualquer sistema formal axiomático contém proposições indecidíveis, sendo, portanto, sempre incompleto, e que sua consistência só pode ser provada admitindo-se (criando-se) novas regras axiomáticas. Não há possibilidade de descrever em sua totalidade os fenômenos naturais a partir de um conjunto de “leis” básicas – mas podemos afirmar que o reconhecimento desta impossibilidade já é em si uma lei básica mais geral. Dito de outra forma, o conhecimento humano das leis naturais nunca pode ser completo – mudando nosso conhecimento, de certa forma é como se mudassem as leis, reconhecendo-se assim que elas são um conhecimento histórico; e mais ainda, se as próprias leis estiverem mudando na longa duração, elas evoluem à medida que o universo se transforma.

Destacamos a seguir que a obediência a princípios gerais, esses que às vezes são chamados de “leis”, só faz sentido quando aplicado em coletividades. Quando há mais de um ente ou dois em interação, o comportamento coletivo se torna complexo e não-linear. A complexidade se manifesta pela não-linearidade, que também pode ser expressa dizendo-se que o todo é maior do que a simples soma (linear) de suas partes.

Esta socialização decorrente da multiplicidade não impede que algum elemento do conjunto acabe por se afastar do que são geralmente considerados os ganhos decisivos da interação coletiva: maior capacidade de sobrevivência com mínimo dispêndio possível de esforço. Mas salientamos que um equilíbrio costuma ser seguido por desequilíbrio, pois se não fosse assim, nada mudaria e o universo seria estático e acabaria por estagnar e, pelas próprias leis naturais, morrer. Como já notamos anteriormente, é preciso que haja mudança, mas ao mesmo tempo não se deteriore o conjunto de uma forma caótica e infrutífera, resultando que tem de haver uma certa obediência às leis naturais, mas não de forma absoluta.

Essa dialética foi pressentida por alguns pensadores, como Karl Marx, embora de forma limitada, quando ele anteviu uma possibilidade de conciliação, expressa num dos capítulos finais de *O Capital*. Na chamada “fórmula trinitária”, ele afirma que o homem socializado não poderia prescindir, em qualquer modo econômico de produção, de uma base, o “reino da necessidade”, que é o único que pode gerar o “reino da liberdade” (Marx 1974, 820).

Aliás, a respeito da economia física, é relevante questionar em que medida poderia ela também exibir alguma “lei natural”. Isto é pertinente porque na natureza parece atuar uma espécie de princípio “econômico” tendo em vista a criação de estruturas ordenadas para o melhor aproveitamento energético possível. Esta “lei” pode ser aplicada para entender diversas estruturas naturais, como a formação dos flocos de neve, o desenho volumétrico das colmeias de abelhas, as células de convecção térmica nos líquidos em ebulição (células de Bénard) e uma miríade de outros fenômenos naturais. Essas construções de ordem permitem que, ao serem estudadas, sejam demonstradas relações matemáticas que são visíveis através do arranjo espacial (simetria) das soluções encontradas, que são em certa medida autopoieticas. Mesmo no mundo natural considerado inanimado há uma tendência à auto-organização – supercondutividade, efeito túnel, plasmas, galáxias são alguns exemplos diversificados disso.

A maior justificativa para a existência de leis naturais pode ser localizada no caráter teleológico de sua atuação, implícito em explicações como a do princípio antrópico, citado mais atrás. Deve-se insistir que o sentido teleológico está desvinculado de uma associação obrigatória com princípios teológicos,

embora naturalmente uma teologia como a cristã pressuponha também uma direção teleológica. A teleologia aqui defendida está de acordo com a visão exposta, de um desenvolvimento ordenado, mas não determinista do universo (maiores detalhes poderão ser encontrados em Magalhães, 2019).

Examinaremos a seguir algumas objeções à ideia de ordem e sentido de transformação do universo, começando pela biologia moderna. Para alguns, as explicações biológicas não possuem as características de necessidade e universalidade que se atribuem às leis da física. As leis naturais da biologia, como as da evolução, não costumam se expressar de forma matemática com a generalização atribuída às da física, por exemplo, apesar de existirem nichos como os da genética de populações, em que se podem apresentar estudos sujeitos a tratamentos estatísticos diversos. Em decorrência, os adversários da teleologia defendem que a evolução biológica não pode ter um sentido pré-determinado, restando apenas o puro acaso como causa das variações e adaptações das espécies.

Pode-se, porém, contrapor que, pelo contrário, a biologia deve ser encarada como uma ciência em que a direção das transformações é a mais evidente. Os adeptos da *Naturphilosophie* no início do século XIX e até mesmo um contemporâneo de Goethe como Kant, observavam que no ser vivo a organização das partes parece ser tal que estas existem para realizar a finalidade umas das outras, cooperando para realizar um ideal do todo do qual são partes (Richards 2002, 64-69). Em outras palavras, para o ser vivo não haveria separação entre produtor e produto.

O biogeoquímico soviético Vladimir Vernadsky afirmava a esse respeito que a biosfera segue leis de evolução que, do ponto de vista energético, são não apenas universais, mas necessárias (Vernadsky, 1997). Este cientista ampliou o conceito de biosfera para o de “noosfera”, como resultado da tendência da biosfera de, a partir do surgimento do homem, contar com uma nova e poderosa força geológica, o pensamento científico, cuja energia transforma a face do planeta. Concluiu ainda que o consumo de energia nesta biosfera ampliada sempre aumenta historicamente, o que permite a obtenção de energia livre cada vez mais “estruturada”.

Assim, para Vernadsky, com o surgimento da espécie humana é a própria biosfera (que inclui desde camadas geológicas das rochas, até as partes superiores da estratosfera) que está continuamente em evolução, e não somente as espécies nela contidas. A organização interna da biosfera é que ditaria a evolução. Teria sido em consequência desta evolução que o pensamento humano criativo, ou “científico”, passou a dar à biosfera o caráter distinto de “noosfera”, ou esfera da razão, através do fenômeno do conhecimento humano.

Isto pode ser melhor entendido utilizando-se a noção de auto-organização, em que a biosfera maximiza a diversidade de agentes independentes e de sua interação coletiva, para propagar a vida, numa cadeia causal de caráter universalmente necessário (Gregersen 2008, 81-100). Sistemas auto-organizantes são também autopropagantes e esta capacidade autopoietica da vida funcionaria como plataforma para o surgimento de ordens mais complexas, de forma que novas propriedades e elementos dos sistemas sejam produzidos no processo de auto-organização. A evolução costuma acarretar complexidade, que pode ser matematicamente formulada por intermédio do grau de estruturação dos organismos, relacionado ao seu tamanho, e pelo desempenho desses organismos em suas interações sociais, inclusive na prática da comunicação e no uso mais organizado do consumo de energia. Com a autopoiese surgem, com a passagem

do tempo, novas propriedades e novos elementos dos sistemas, ou seja, novas leis dentro de uma lei mais geral que é a da auto-organização.

Há muitos exemplos da crescente auto-organização biológica, dentre os quais se podem citar: 1) apenas na célula se encontram os arranjos espaciais de moléculas que constituem a sua membrana, componentes que participam da vida interna daquela célula e que fora dela não têm uma existência independente. Para alguns biólogos a evolução não atua apenas no núcleo (genoma) da célula, mas também no citoplasma, em conjunto com as membranas internas e a membrana externa da célula; a descrição da evolução mais compatível com esses fatos ainda seria a de Lamarck e dos neo-lamarckistas, e não a do acaso postulada por Charles Darwin (Chandebois 1996); 2) A regra de Hebb, sobre o reforço de trajetórias nervosas, que se aplica aos circuitos dentro do cérebro, diz que elas são formadas pelo uso repetitivo, pelo qual se facilita a utilização de forma mais intensa ou nova - também dentro da visão lamarckista da evolução pelo uso e desuso; 3) O emprego da linguagem, que é uma abstração lógico-matemática de crescente complexidade e que facilitou a transformação morfológica e fisiológica de homínídeos no atual ser humano, dotado de convoluções e capacidades cerebrais adaptadas para esse desenvolvimento altamente especializado.

As propensões das células, dos órgãos e da linguagem para fazer tarefas específicas estão sempre mudando, ou seja, esses sistemas do ser vivo criam ordem e ao mesmo tempo criam liberdade dentro de um processo de constante devir e não de rígida fixidez, mas em geral propício a se manter vivos e não a se autodestruir - dentro de uma “lei” mais geral, que é a da auto-organização. Admite-se que essa é uma característica geral do universo – dentro do qual a evolução biológica, e mais acentuadamente a humana, é uma demonstração de que, como afirmava Bergson, a evolução é criadora, e o processo admite a liberdade de ação e movimento, mas não é acidental (Bergson 1973, 182).

Numa outra frente contra a pertinência de propósito nas “leis naturais” encontramos na física uma visão associada à termodinâmica, em especial à sua “segunda lei”, que usa um conceito bastante aceito, mas pouco claro, o de entropia, embora não seja o único possível. Trata-se da asserção de que no universo a ordem se degrada e, se há uma tendência geral, é a de que os sistemas acabem em estados de dissipação total da energia útil dissipada em energia térmica, que não permite a continuidade da formação de ordem, em suma, o que se poderia chamar de caos térmico. Esta interpretação da termodinâmica não admite que o universo exerça uma liberdade de criação contínua de novas estruturas ordenadas.

Não obstante essa posição, poderia ser defendido que existe uma lei mais geral para sistemas termodinamicamente abertos (e não fechados, com entropia crescente), que permitiria a autoconstrução de ordem, de forma tal que o universo (e, em especial, a biosfera) em média maximize a construção da diversidade de agentes autônomos. É isto que tem ocorrido historicamente com os seres humanos, isto é, uma possibilidade de existência consistente com um aumento persistente da liberdade na criação – matematicamente falaríamos que os graus de liberdade tendem a aumentar pela atuação desta lei mais geral.

Se as leis da natureza favorecem o surgimento da vida, com as características observadas de autopoiese e (pelo menos) em nós, de mente, consciência e autoconsciência, viabilizando o exercício da prática da criatividade, poderíamos considerar as atuais interpretações da termodinâmica como sendo limitadas a casos especiais de sistemas fechados. As janelas de tempo e energia em que esses sistemas são observados tornam conveniente a simplificação de

considerá-los, para certos níveis de descrição da realidade, como sistemas fechados, mas isto não passaria de uma aproximação útil em certa escala, não em outras dimensões de análise.

Recentemente, a teoria matemática do caos elucidou novos aspectos ligados ao suposto caos termodinâmico. Trata-se do problema de descobrir se há uma correlação formal entre grandes conjuntos de agentes em sistemas que exibem os chamados “atratores”. Foi verificado que um grande número de fenômenos (inclusive fenômenos naturais, como os meteorológicos) que apareciam totalmente não ter uma “lei” de formação, acabavam depois de uma série de iterações de sua modelagem matemática por oscilarem em direção a um ponto (“atrator”), revelando assim uma complexa, mas bem ordenada estrutura subjacente ao que era considerado caótico. Ademais, a teoria do caos elucidou como, em outra direção, sistemas deterministas dotados de complexidade podem ser aparentemente imprevisíveis em seus efeitos, levando à impressão de ausência de ordem (Wildman 2003, 155-180). Evidencia-se desta forma que podem existir “leis” escondidas à primeira vista, mesmo que a complexidade acrescente graus de liberdade ao sistema, ou que os graus de liberdade simulem que a liberdade seja tão absoluta que se confunda com a desordem.

O caos absoluto como tal possivelmente nem existe na natureza, é como os conceitos de ponto, linha e plano, que são idealizações. A desordem total associada ao caos é compatível com a ideia citada de entropia crescente num ambiente fechado, ao passo que no universo os sistemas são termodinamicamente abertos, isto é, são “negentrópicos” (ou têm uma entropia negativa) e é mais provável que dificilmente conteriam subsistemas verdadeiramente caóticos.

O uso de probabilidades no conhecimento da natureza tem características formais semelhantes ao que foi discutido para o caos, e não vai contra a ideia de “lei natural”. Pode existir lei natural que do ponto de vista individual não seja obedecida. Mesmo nas sociedades humanas ocorrem situações em que há um afastamento deletério do que seria uma tendência seguida pela economia física natural, e que acabam por destruir a ordem, como por exemplo as crises capitalistas cíclicas, em que a especulação financeira destrói o que foi construído.

Causas e efeitos individuais podem então divergir do padrão mais aceito como natural e introduzirem uma aparência caótica, embora em geral a desobediência ao natural pode potencialmente ser danosa para a sobrevivência daquilo que não se submete à lei maior que foi atrás cogitada. Esta visa garantir a maior probabilidade de o indivíduo continuar a existir, e cada vez de forma a atuar no universo com a maior eficiência. Num outro diapasão, pode-se argumentar que um pouco de desobediência a um comportamento costumeiro pode dar frutos, no sentido de ajudar o universo em seu câmbio constante, de forma a propiciar o surgimento de novas configurações e até mesmo novas leis naturais, mantendo um equilíbrio dinâmico e em evolução.

Neste ponto, vamos introduzir uma recente proposta explicativa geral para a lei maior aventada e a formação de leis naturais, baseada na noção de euritmia. Conceitua-se euritmia como a propriedade que têm os seres de emergir dentro de uma estrutura relacional complexa e organizada tendendo para um máximo de estabilização, de forma a persistir existindo em constante interação com o meio circundante e em constante devir (Croca 2017, 21-44). Ela se coloca na trilha aberta por princípios que vieram primeiro da metafísica e só depois foram colocados em forma matemática para aplicações na física. São derivados

historicamente dos princípios de extremos aplicados na física: o princípio do menor caminho seguido pela luz (Heron de Alexandria), o princípio do menor tempo também para a propagação da luz (Fermat), o princípio da mínima ação (Leibniz) e outros. Pode-se dizer que um precedente dessa ideia estava também na “navalha de Ockham”, preceito aplicado para a lógica, exigindo parcimônia nas explicações de fenômenos.

Na forma atual, um dos princípios inspiradores da eurtmia, o princípio da mínima ação, foi descoberto por Lagrange, a partir de trabalhos de física matemática de Leibniz, Maupertuis e Euler. Leibniz afirmava que, de todos os mundos que podem ser criados, este é o que contém, além do inevitável mal, o maior bem. Aplicada à física, na forma de Leibniz, o princípio da mínima ação fornece tantas equações quantas são as variáveis, permitindo a resolução dos problemas através do chamado cálculo variacional. Para cada variação infinitesimal do movimento, consistente com as condições do caso, se anula uma função característica da variação. Para Maupertuis, a ação aplicada para realizar qualquer mudança na natureza é sempre um mínimo e toda ocorrência natural tem uma finalidade determinada, assumindo assim de fato uma teleologia.

Cada função característica pode ser referida ou a um elemento de tempo infinitesimal ou a um elemento finito de tempo durante o movimento. Se a referência for a um tempo infinitesimal, decorrem os princípios de deslocamentos virtuais, de Bernoulli, o princípio da resistência, de d’Alembert, o princípio da restrição mínima, de Gauss, e o princípio do menor caminho, de Herz.

Se, pelo contrário, for tomado como referência um intervalo de tempo finito, simplificam-se as soluções e exige-se que para o movimento desejado uma integral no tempo (chamada de “ação”) seja menor do que para qualquer outro movimento (para o princípio de Leibniz, trata-se da integral da energia cinética, ou seja, da velocidade).

Já para Lagrange, de todos os movimentos que podem levar um sistema de uma posição inicial até uma posição final, o movimento se dá para aquele no qual a ação é mínima, desde que a energia total permaneça constante. Hamilton modificou essa hipótese: a energia total não precisa ser constante e ele redefiniu a “ação” matematicamente como sendo a integral no tempo da diferença entre energia cinética e energia potencial (chamada de “potencial cinético” por Helmholtz) – resultando assim um princípio de extremos, isto é, de mínimos, mas também de máximos. Na teoria da relatividade de Einstein, essa ação é um invariante com respeito a todas as transformações de Lorentz, isto é, independe do sistema de referência do observador e não há prioridade entre espaço e tempo.

O princípio da mínima ação contém o princípio da conservação da energia, mas não reciprocamente e é discutível se o princípio da mínima ação continua válido quando há processos irreversíveis. Isto tem implicações para a discussão anterior em que se mencionou a termodinâmica e a entropia, que vale justamente para processos idealmente em sistemas fechados e que são irreversíveis. Um físico que se notabilizou para o aprofundamento das noções e aplicações da entropia foi Boltzmann, que foi, porém também quem aplicou um olhar crítico à validade das formulações termodinâmicas baseadas na entropia, pois achava que pode haver na natureza fenômenos e regiões do universo que contrariem a tendência ao caos e possam manter ou até diminuir a entropia.

Em conclusão, as concepções de um mundo regido por complexidade, não-linearidade e direcionamento frutificaram até chegarem no século XX às propostas de Louis de Broglie sobre o princípio de onda-guia da física quântica, que foi sendo generalizada para outros domínios científicos pela Escola de Lisboa no início do século XXI (Croca 2017), quando se levantou a hipótese de vigência de um princípio da euritmia. O enfoque eurítmico se notabilizou por possibilitar uma formulação inteiramente causal para a física quântica e conseguir explicar como as violações seguidas e ampliadas do “princípio da incerteza” de Heisenberg resultavam de premissas não verdadeiras, ou seja, este não era verdadeiramente uma “lei natural”, exceto em casos muito particulares.

Dos componentes que estão assumidos na adoção da euritmia, aquele que enfrenta a maior resistência entre os cientistas tem sido o do direcionamento, por implicar em um certo grau de teleologia, pois tudo se passa como se o movimento de eventos atuais de certa forma dependesse de eventos posteriores. Numa visão mais ampla, há um desenvolvimento de uma noção diferente de tempo, diferente do tempo cronológico. Contudo, mesmo no âmbito de uma descrição cronológica tradicional, pode-se aventar a justificativa de que o componente teleológico da euritmia surge pelo fato de não se tratar de um princípio aplicado a uma única entidade, mas a um conjunto bastante amplo, de forma que é o conjunto que indica e justifica o caminho a ser seguido, ou seja, o “melhor caminho” é uma consequência de uma estruturação que guia um ente individual para contribuir ao conjunto existente e, por sua vez, beneficiar o ente individual pela configuração geral existente.

Como já ressaltado, se a euritmia pressupõe que uma entidade exiba um determinado comportamento (por exemplo, siga uma trajetória) que seja a melhor, nada impede que alguma vez e em algum caso individual isto não seja o resultado obtido, admitindo-se que o comportamento previsto é o mais provável tendo em vista a sobrevivência da entidade, mas não é obrigatoriamente imposto. Implicitamente, todos os princípios dos extremos são compatíveis com a ideia de que a natureza prefere estados mais prováveis a menos prováveis, o que está coerente com o princípio da euritmia.

Coloca-se então desta forma e após um longo percurso histórico um motivo para a natureza ter leis naturais: é que essas formulações decorrem todas da tendência natural de se observar o princípio mais geral da euritmia.

REFERÊNCIAS

- BARROW, John & TIPPLER, Frank. *The Anthropic Cosmological Principle*. Oxford: Oxford University Press, 1996
- BERGSON, Henri. *A evolução criadora*. Rio de Janeiro: Opera Mundi, 1973
- CHANDEBOIS, Rosine. *Para acabar com o Darwinismo: uma nova lógica da vida*. Lisboa: Instituto Piaget, 1996
- CLAYTON, Philip. “Contemporary philosophical concepts of laws of nature: the quest for broad explanatory consonance”, in WATTS, Fraser (ed.), *Creation, Law and Probability*. Minneapolis: Fortress, 2008
- CROCA, José e MOREIRA, Rui. *Diálogos sobre Física Quântica, dos paradoxos à não-linearidade*. Rio de Janeiro: Capax Dei, 2010
- CROCA, José, CASTRO, Paulo, GATTA, Mário. *Euritmia. Complexidade e racionalidade numa perspectiva interdisciplinar*. Lisboa: Centro de Filosofia das Ciências da Universidade de Lisboa, 2017

- FEYNMAN, Richard. *The Character of Physical Law*. Cambridge (Mass.): MIT Press, 1995
- GREGERSEN, Niels Henrik. “Laws of physics, principles of self-organization, and natural capacities; on explaining a self-organizing world”, in WATTS, Fraser (ed.), *Creation, Law and Probability*. Minneapolis: Fortress, 2008
- HARRISON, Peter. “The development of the concept of laws of nature”, in WATTS, Fraser (ed.), *Creation, Law and Probability*. Minneapolis: Fortress, 2008
- HEYDTE, Friedrich August von der. *O nascimento do Estado soberano. Uma contribuição à história do direito natural, da teoria geral do Estado e do pensamento político*. Rio de Janeiro: Capax Dei, 2014
- MARX, Karl, *Capital, Volume Three*. London: Lawrence & Wishart, 1974.
- MACH, Ernst. *The Science of Mechanics*. LaSalle: Open Court, 1989
- MAGALHÃES, Gildo. “On a possible contribution of transfinite mathematics towards eurhythmy”, in CROCA, José et al. (eds.), *Space, Time, and Becoming* (Lisboa: FLUL, 2013)
- MAGALHÃES, Gildo. *A trama do universo. Evolução e euritmia*. São Paulo: LiberArs, 2019.
- MOREIRA, Rui. “The crisis in theoretical physics – science, philosophy and metaphysics”, in CROCA and ARAÚJO, *A new vision on physics. Eurhythmy, emergende and nonlinearity*. Lisboa: CFCUL/FCT, 2010
- NUMBERS, Ronald (ed.). *Galileo goes to jail and other myths about science and religion*. Cambridge (Mass.): Harvard University Press, 2009
- PLANCK, Max. *A Survey of Physical Theory*. New York: 1993
- POINCARÉ, Henri. *O valor da ciência*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2000
- POPPER, Karl. *A teoria dos quanta e o cisma na Física (Pós-escrito à Lógica da Descoberta Científica – vol. III)*. Lisboa: Dom Quixote, 1992
- RICHARDS, Robert. *The Romantic Conception of Life. Science and philosophy in the age of Goethe*. Chicago: University of Chicago, 2002
- VERNADSKY, Vladimir. *Scientific Thought as a Planetary Phenomenon*. Moscow: V.I. Nongovernmental Ecological Vernadsky Foundation, 1997
- WILDMAN, Wesley. “From law and chances in nature to ultimate reality”, in WATTS, Fraser (ed.), *Creation, Law and Probability*. Minneapolis: Fortress, 2008
- ZILSEL, Edgar. “The genesis of the concept of physical law”, in *The social origins of modern science*. Doordrecht: Kluwer, 2003.

Prolegômenos sobre a existência de leis da natureza
 Artigo recebido em 18/11/21 • Aceito em 30/04/22
 Revista de Teoria da História | issn 2175-5892



Este é um artigo de acesso livre distribuído nos termos da licença *Creative Commons Attribution*, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja citado de modo apropriado