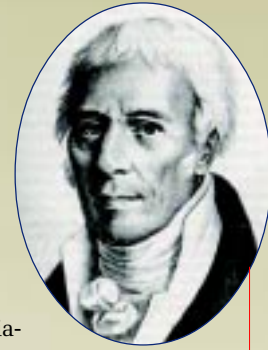
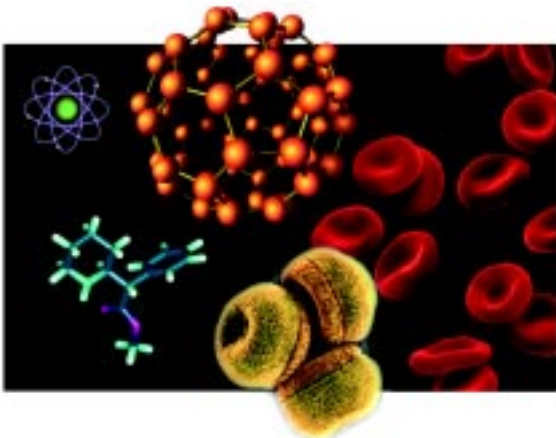


Uma ciência autônoma



O estudo dos seres vivos ganhou, há 200 anos, um nome – biologia – e com ele um *status* de ciência autônoma, diferente das outras ciências naturais. Essa visão da biologia, porém, vem sendo contestada desde o final do século 19 pelos chamados reducionistas, segundo os quais todo fenômeno biológico poderia ser explicado por princípios da física e da química. Para os defensores da autonomia da biologia, no entanto, os comportamentos e as características dos seres vivos decorrem de um processo evolutivo e não podem ser reduzidos às mesmas leis que explicam átomos e moléculas.

O debate entre os reducionistas, para os quais os princípios que explicam átomos e moléculas servem também para células e seres vivos, e os autonomistas, para os quais a complexidade da biologia a torna uma ciência distinta, ainda se desenvolve nos meios acadêmicos



O vocábulo ‘biologia’ foi criado há cerca de 200 anos – independentemente, por dois naturalistas, o alemão Gottfried Treviranus (1776-1837) e o francês Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) – para se referir a uma “ciência dedicada ao estudo dos seres vivos”. As pesquisas nessa área, porém, começaram muito antes, na Grécia antiga. Aristóteles (384-322 a.C.), por exemplo, contribuiu para a zoologia, a botânica, a taxonomia e a biologia do desenvolvimento em obras como *Do movimento dos animais*, *Da geração e da corrupção* e *Das partes dos animais*. Até o século 19, as pesquisas ‘biológicas’ eram realizadas por naturalistas, que classificavam os seres vivos e descreviam sua ‘história natural’. Eles tinham a preocupação de organizar a diversidade de formas e comportamentos para facilitar o entendimento de possíveis relações e afinidades entre organismos.

O conhecido biólogo evolucionista Ernst Mayr, da Universidade de Harvard, um estudioso da história da biologia, define-a como a ciência que engloba todas as disciplinas dedicadas ao estudo dos seres vivos. A abrangência dessa definição leva, no entanto, a que se pergunte como pode existir uma ciência tão geral, em especial sabendo-se que são muitas as suas subdisciplinas, que tratam de diferentes aspectos dos organismos. Pode-se dividir a genética, por exemplo, em mendeliana e molecular, a ecologia em ecologia de populações e de comunidades, e assim por diante.

A evolução das subdisciplinas pode tornar cada vez mais difícil a comunicação entre pesquisadores, levando a supor até que os objetos de estudo de cada uma sejam muito diferentes. Essa diversificação é um obstáculo à constituição de uma biologia unificada e autônoma, já que uma ciência autônoma deve fundamentar seu conhecimento usando conceitos e fatos referentes aos fenômenos característicos de todos os seus objetos de estudo.

Perguntar se a biologia seria autônoma não tinha sentido até o século 19: as atividades dos naturalistas pareciam demarcar nitidamente as fronteiras dessa ciência. A diferença básica entre a biologia e outras ciências naturais, porém, era a crença em que os seres vivos exibiam ‘algo mais’ que um arranjo diferente de átomos. Para essa crença, denominada ‘vitalismo’, as propriedades dos seres vivos deviam-se a substâncias especiais ou ‘fluidos imponderáveis’, que receberam vários nomes: *anima*, *entelequia*, *archeus*, *élan vital*. A *vis vitalis* (força vital) proposta pelo químico

mico alemão George Stahl (1660-1734) é outro exemplo. Sob essa ótica, os fenômenos biológicos não podiam ser explicados da mesma forma que os da física e da química, já que a ‘substância especial’ não podia ser analisada ou sintetizada em laboratório.

A tese do vitalismo começou a ruir em 1828, quando o químico alemão Friedrich Wöhler (1800-1882) sintetizou a uréia, demonstrando que os seres vivos utilizam – em sua composição e para seu funcionamento – os mesmos elementos físico-químicos que constituem o mundo inorgânico. O golpe fatal na idéia de fluidos imponderáveis deu-se em 1844, com a síntese do ácido acético, a partir de compostos inorgânicos, pelo químico alemão Herman Kolbe (1818-1884). A partir daí começou a maturidade científica da biologia, embora até o século 20 o vitalismo ainda tivesse defensores.

Eliminar o ‘algo mais’ diferenciador da natureza dos seres vivos, porém, trouxe o risco de admitir que a biologia seria redutível a princípios da física e da química. O resultado seria a perda da autonomia que o vitalismo assegurava. Caso o ser vivo fosse apenas um aglomerado de átomos e moléculas, seu comportamento poderia ser explicado pelos mesmos modelos, leis e teorias formulados para entender o comportamento de seus constituintes básicos.

Essa possibilidade é defendida pelos chamados reducionistas. Para eles, todos os fenômenos biológicos são explicáveis pelas teorias da física. O biólogo alemão Jacques Loeb (1859-1924) expressou esse ponto de vista: “O objetivo fundamental das ciências físicas é a visualização de todos os fenômenos em termos de agrupamentos e deslocamentos de partículas básicas e, como não há descontinuidade entre a matéria que constitui o mundo vivo e o não vivo, a meta da biologia pode expressar-se do mesmo modo.”

Embora a redução de uma ciência a outra signifique simplificação e unificação, essa proposta só se torna viável quando certos padrões de explicações indispensáveis à ciência considerada secundária ocorrem na ciência primária, o que não ocorre entre a biologia e a física. Os autonomistas, como Mayr, afirmam que o reducionismo seria ingênuo, pois os organismos devem ser examinados e entendidos como um todo e, desse ponto de vista, os padrões de comportamentos dos seres vivos são peculiares. A tarefa dos autonomistas é identificar tais padrões e, a partir disso, estabelecer os fundamentos que diferenciariam a biologia das demais ciências.

Já o biólogo Francisco J. Ayala, da Universidade da Califórnia (Irvine), defende que a biologia se distingue da física porque seus objetos podem ser compreendidos a partir da noção de finalidade – ou seja, a explicação das características dos seres vivos estaria intrinsecamente associada a questões como sobrevivência e reprodução. Para os reducionistas, tais ar-

gumentos representam um vitalismo dissimulado, pois nada cientificamente relevante distingue os seres vivos dos demais objetos da natureza.

O reducionismo parte do pressuposto, talvez equivocado, de que os objetos da natureza podem ser organizados em níveis hierárquicos. Cada nível superior seria mais complexo, pois abrangeria os inferiores a ele. Os filósofos Paul Oppenheim e Hilary Putnam (da Universidade de Harvard) propõem a seguinte hierarquia: partículas elementares, átomos, moléculas, células vivas, organismos multicelulares e grupos sociais. A investigação de cada um desses níveis seria objeto de estudo de determinada área da ciência, que apontaria as leis que descrevem o comportamento dos objetos naquele nível. A redução consiste em derivar as leis dos níveis superiores a partir das leis que descrevem os níveis inferiores.

Essa abordagem não proporciona uma compreensão satisfatória dos níveis hierárquicos superiores, devido a limitações metodológicas e conceituais. Aceitando-se a hierarquia sugerida por Oppenheim e Putnam, como seria possível entender os ‘macroprocessos’ geológicos, cosmológicos, biológicos e sociais que reclamam explicações além das referentes ao comportamento de partículas elementares, átomos e moléculas? Assim, é preciso elaborar novas teorias, modelos e conceitos para compreender como a interação dos integrantes de sistemas complexos resulta em comportamentos peculiares.

Mais grave ainda é que o reducionismo gera a expectativa de que o estudo dos componentes elementares bastaria para entender o comportamento do objeto. A representação bem-sucedida da estrutura do DNA através do modelo da dupla hélice trouxe a esperança de que o genoma conteria um programa de construção dos seres vivos. Desvendado o código genético, foi possível explicar, por exemplo, as etapas de desenvolvimento de um organismo. Novas descobertas, porém, mostram que o organismo não se desenvolve só a partir das informações do genoma.

O desenvolvimento envolve uma rede complexa de interações moleculares, determinantes citoplasmáticos e ambientais, fatores temporais e de localização. Para que o braço de um embrião se forme, por exemplo, é necessário que certas células embrionárias se diferenciem. A morte celular programada (apoptose) também é essencial no processo de desenvolvimento. Ela ocorre no desenvolvimento dos membros de vertebrados: os dedos, até um dado momento, estão unidos, mas em seguida as células das membranas que os unem morrem, e eles se separam.

A expressão dos genes de um organismo é apenas uma etapa na rede complexa de processos bioquímicos que alteram o comportamento das células e dirigem o desenvolvimento do embrião. Conhecer a estrutura do genoma é necessário, mas não suficiente

Após a descoberta da hélice dupla do DNA, outros estudos mostraram que as informações do genoma não bastam para que um organismo se desenvolva



para entender esse processo. Por isso, a compreensão da complexidade de interações que resultam na estrutura e no comportamento dos seres vivos dependerá da elaboração de teorias, modelos e conceitos mais abrangentes.

Sob o ponto de vista da filosofia, um problema deve ser resolvido ou dissolvido. No caso da biologia, não existe uma solução para a oposição reducionismo *versus* autonomismo porque não há o que reduzir. A única proposição do reducionismo aceitável, como axioma básico, é a que diz: se todas as partículas fundamentais desaparecessem, tudo o mais deixaria de existir. Mas por aí fica. Sendo assim, o problema deve ser dissolvido.

Embora em todas as ciências o estudo de componentes estruturais dos objetos seja indispensável, em biologia o mais importante é questionar que motivos os levam a desempenhar certas funções. O que unifica e distingue a biologia é a concepção teórica de que os organismos sofrem mudanças evolutivas relacionadas ao valor adaptativo de suas características diante das variações ambientais. Assim, o biólogo não deve se interessar só pela estrutura dos organismos, mas também pela maneira como uma característica contribui para que eles sobrevivam e se reproduzam. Um exemplo basta para ilustrar essa abordagem darwiniana.

Muitas mulheres enjoam durante a gravidez e, por isso, têm aversão a certos tipos de alimentos. No entanto, as náuseas podem produzir vômitos que diminuem a assimilação de muitos nutrientes. Uma explicação para esse fato é a de que o enjôo seria consequência das alterações hormonais da gravidez. Então, por que a aversão é apenas a alguns tipos de alimentos? Além disso, por que essas modificações não causam outros comportamentos como apatia, tristeza, agressividade ou pânico?

A bióloga Margie Profet, da Universidade da Califórnia (Berkeley), elaborou uma hipótese sobre a evolução do enjôo por seleção natural para explicar sua ocorrência na gravidez. Examinando as conclusões de centenas de estudos, ela concluiu: a) certas toxinas vegetais, mesmo em doses toleráveis para adultos, podem causar defeitos no embrião; b) o enjôo é mais freqüente nas etapas de formação dos órgãos, períodos mais vulneráveis à ação dessas toxinas (nesse período, o crescimento do feto é muito lento, exigindo pouco aporte de nutrientes); c) o enjôo diminui na época em que os órgãos do feto estão quase completos e aumenta significativamente a necessidade de ingestão de nutrientes; d) o olfato das mulheres fica mais sensível no período de enjôo; e) o enjôo da gravidez ocorre em todas as culturas; e f) mulheres que têm pouco enjôo na gravidez abortam mais facilmente. A conclusão de Profet foi a de que, embora haja perdas de nutrientes, a ocorrência de enjôos seria

adaptativa porque protegeria o feto do efeito nocivo de toxinas, em especial de alguns vegetais.

Esse tipo de análise e interpretação é o que unifica e distingue a biologia das demais ciências. O 'pai' da teoria da evolução, o inglês Charles Darwin (1809-1882), nos ensinou que as formas, funções e comportamentos dos organismos resultam de suas interações com o meio ambiente, o qual se modificou ao longo da história evolutiva. O desafio de compreender a biologia é estabelecido pelas dificuldades de reconstituir essa história, cujos protagonistas principais são o acaso e a necessidade.

Os tipos de perguntas que se faz sobre a natureza determinam como e quais são os aspectos da realidade que se pretende conhecer. Ou seja, as perguntas já definem cenários de abordagens. Em biologia, tais cenários implicam recortes que podem abranger simultaneamente diferentes níveis de complexidade. Ao estabelecê-los, a oposição entre a autonomia e reducionismo desaparecerá. Esse procedimento permite que se considere a realidade independentemente de níveis hierárquicos. Dispensa-se também o reducionismo e suas limitações. Como a pergunta determina como será o recorte, as teorias, modelos e conceitos dependerão dessa configuração.

Como qualquer outra ciência, a biologia é autônoma. Essa autonomia distingue-se pelos tipos específicos de perguntas e proposições que os biólogos formulam sobre a complexidade dos organismos vivos. A estrutura teórica conceitual e empírica das teorias biológicas é irredutível à estrutura conceitual e empírica das teorias de outras ciências. Como Ayala argumentou, a maior parte dos conceitos biológicos – célula, órgão, espécie, ecossistema – não pode ser formulada em termos físico-químicos.

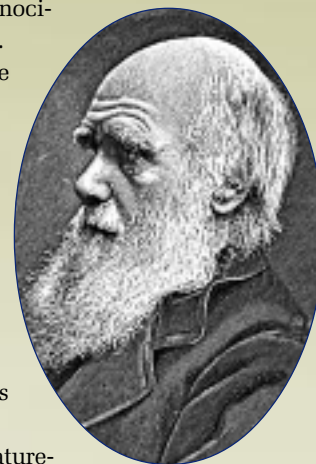
No entanto, o aperfeiçoamento da compreensão de fenômenos biológicos ocorre também a partir de contribuições de outras ciências. A importância do microscópio para a biologia é um exemplo disso. Os biólogos, porém, não devem perder de vista o fato de a biologia ser uma ciência cujo objeto de estudo, os seres vivos, têm uma história evolutiva e que muitas de suas características atuais são as que contribuíram para a sobrevivência e reprodução de seus ancestrais. A história evolutiva é o componente mais importante da estrutura teórica de uma biologia autônoma.

Francisco Ângelo Coutinho

*Departamento de Educação,
Fundação Educacional Monsenhor Messias*

Rogério Parentoni Martins

*Departamento de Biologia Geral,
Instituto de Ciências Biológicas,
Universidade Federal de Minas Gerais*



Charles Darwin revelou, com sua teoria da evolução, a importância da interação dos seres vivos com o ambiente