

FÍSICA E BIOLOGIA: POSSÍVEIS LIMITES DE DEMARCAÇÃO CONCEITUAL

Arthur ARAÚJO¹

- RESUMO: A partir do texto do físico alemão E.Schroedinger, *O que é vida?* (1943), analisam-se os possíveis limites de demarcação conceitual entre física e biologia. Há um limite possível entre física e biologia? Ou a biologia pode ser reduzida à física? Avaliam-se diferentes pontos de vista entre cientistas e filósofos.
- PALAVRAS-CHAVE: física; biologia; limites; reducionismo; evolução.

O sol largo como uma folha

Anaxímens de Mileto
(cerca de 585-528 a.C.)

Introdução

Que limites possíveis de demarcação podemos estabelecer entre os domínios da física e da biologia? Que critério de demarcação conceitual podemos aplicar aos possíveis limites entre o que é estritamente físico ou biológico no mundo? O velho Aristóteles já parece assinalar um possível limite entre a natureza física e a natureza animada das coisas no mundo. A Física de Aristóteles (*Física*, 192b 13-4) tem como objeto o princípio de movimento e mudança das coisas em si mesmas na sua natureza própria (*physis*). Mas quanto à natureza das coisas animadas, por oposição às coisas inanimadas (pedras, montanhas, etc), Aristóteles (*De Anima*, 415a 25-b1) introduz o

¹ Professor Adjunto do Departamento de Filosofia e do Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade Federal de Goiás-UFG. Artigo recebido em set/06 e aprovado para publicação em nov/06.

princípio de vida, ou *psykhé*, e igualmente inclui as plantas entre homem e animais – a alma ou *psykhé* é o princípio vital dos seres animados ou dotados de ânimo (movimento próprio, geração, reprodução, alimentação, etc).

Na teoria aristotélica das causas, por outro lado, podemos identificar um conceito embrionário de “evolução”, na definição das causas “formal” e “eficiente” que corresponde, respectivamente e em termos biológicos, à *forma* (estrutura ou organização físico-anatômico) do ser vivo e à *capacidade de realização de algo* (movimento próprio, geração, reprodução, alimentação, etc). O sentido de *forma* (ou *estrutura*) e *capacidade de realização* não parece remeter a um princípio físico ou mecânico estritos. Ele parece indicar, ao contrário, um modo de sustentar os processos de geração de seres e espécies diferentes. No sentido aristotélico, com efeito, podemos ver um critério de demarcação conceitual, entre o que é físico e o que biológico, implicado nas definições das causas “formal” e “eficiente”. Aristóteles parece ter sido levado a esse critério de demarcação a partir da observação do desenvolvimento de embriões. Na concepção aristotélica, a natureza está organizada segundo causas finais e as mudanças que ocorrem na *natureza* das coisas correspondem e realizam uma certa essência – nos seres vivos, essa essência é ao mesmo tempo causa final, formal e eficiente (cf. Prigogine e Stengers, 1991, p.29).

Já no Século XVIII, e provavelmente como um reflexo dos limites de explicação mecanicista, o problema do conhecimento da natureza passa a ser visto como o problema do conhecimento do próprio homem: “a *fisiologia do homem* torna-se ..o ponto de partida e a chave do conhecimento da natureza. As matemáticas e a física-matemática perdem sua posição e são substituídas ..pela biologia e a fisiologia.” (Cassirer, 1992, p.100). Por outro lado, nos últimos 100 anos aproximadamente, após a revolução darwinista no Século XIX, o problema do limite entre física e biologia parece ter ganhado um contorno nítido nos debates de filosofia das ciências. Nesse sentido, vale assinalar aqui um capítulo da biografia de Darwin (Desmond e Moore, 1995, p.230) onde se pode ver sua preocupação com o estatuto das leis da natureza e a explicação dos fatos evolutivos: que tipo de lei explicaria a vida biológica e o próprio homem? Darwin tinha consciência de que uma tal lei não teria o sentido das leis físicas estritas e, então, expressou sua crença na idéia de “transmutação” ou evolução como é conhecida atualmente (ibidem, p.240). Certamente, a vida, a origem e ascendência do homem, considerado o “mistério dos mistérios” por Darwin, levariam a uma revisão do estatuto das leis da natureza – o conhecimento da natureza implicaria o conhecimento do homem e sua história evolutiva.

Muitos físicos e biólogos têm assumido recentemente posições filosóficas contra ou a favor da demarcação de limites entre a natureza física ou

biológica dos objetos no mundo. Quando nos referimos a fenômenos ou termos da vida biológica (estrutura genética, reprodução, transmissão hereditária, comportamento adaptativo, etc), podemos conceber limites de demarcação entre fenômenos estritamente físicos e biológicos? Certamente, e parece evidente, objetos biológicos, objetos dos quais podemos estudar sua organização, estrutura e propriedades, são entidades físicas. Mas, por outro lado, pode-se questionar: todos os objetos físicos são entidades biológicas? Igualmente merece ser assinalado que possíveis limites ou não entre física e biologia remetem à demarcação conceitual, e não empírica, embora diferentes teorias procurem apresentar resultados empíricos a favor ou contra a demarcação de domínios.

Reduccionismo Fisicalista – Schroedinger

Quando assumiu uma cátedra na Universidade de Dublin, no seu famoso texto de 1943, *O que é vida?* (1997), célebre exemplar do reduccionismo fisicalista, Schroedinger propõe a redução da biologia à química que, por sua vez, é reduzida à física – em última instância, o que existe no mundo é físico – e argumenta contra a demarcação de limites estritos entre física e biologia. Ele propõe um modelo físico (quântico) de explicação da organização e reprodução celulares.

No Capítulo 3 (p.43), dedicado às mutações, Schroedinger considera que essas são eventos importantes na base da Seleção Natural e na geração de “exceções à semelhança entre pais e filhos”. Ele remete sua referência às mutações aos trabalhos do geneticista holandês Hugo De Vries no início do Século XX. Na prole das linhagens, alguns indivíduos, 2 ou 3 por dezenas de milhares, apresentam uma certa alteração pequena por “salto” que gera uma descontinuidade – De Vries chamou “mutações” a esses “saltos” ou descontinuidade.

De Vries introduz o “mutacionismo” no contexto do darwinismo. Enquanto o darwinismo clássico explica a evolução por micromutações, orientadas para uma mesma direção por pressão da Seleção Natural, os “saltos”, ou “macromutações”, correspondem a transformações hereditárias cromossômicas de grande amplitude – perde-se de vista a clássica concepção darwinista de evolução gradual das espécies. Considerados eventos raros, visto que o risco de alta frequência pode levar a desvantagens (mutações negativas), as mutações são vistas como uma vantagem que favorece à seleção natural (Schroedinger, 1997, p.43-4) – apenas as mutações que favorecem o indivíduo são mantidas e herdadas. Mas este é um ponto de vista contrastante com as teorias neutralistas avançadas nos anos 60 e, particu-

lar, com os trabalhos do geneticista japonês Motoo Kimura. No chamado *neutralismo*, o acaso tem o papel de gerador de diversidade do material genético e que favorece, e não determina, a ação da Seleção Natural – as unidades cromossômicas seriam potencialmente equivalentes (neutras) entre si (Blanc, 1994, p.119-0).

Na sua interpretação, Schroedinger (1997, p.44) considera figurativamente a teoria de De Vries como uma “teoria quântica da biologia” – as mutações são saltos quânticos nas moléculas do gene. Assim, na forma contínua e regular do metabolismo celular, grupos pequenos de átomos têm um papel fundamental nos eventos ordenados de um organismo vivo, i.é, como assinala o filósofo físico J.J.C. Smart (1991, p.113), o núcleo da biologia passa a ser processos físico-químicos. A esse tipo de reducionismo podemos chamar ontológico: “todos os processos vivos são *essencialmente* ou *nada mais que* processos químicos e físicos” (Lorenz, 1995, p.40). Na elegância da teoria de Schroedinger, resta aquele sentido latente da ontologia físico-química e a compressão dos organismos e dos processos biológicos: o que existe, em última instância, são processos físicos atuando nas atividades funcionais do organismo, em particular processos celulares, o que inclui o genoma. Schroedinger, parece provável, tinha em mente a compatibilidade da redução físico-química a esses aspectos da *biologia funcional*, em particular, o que ocorre no nível celular.

Reduccionismo Evolutivo – Darwinismo

No Capítulo “Pensando em termos biológicos” (as diferenças entre os objetivos da pesquisa em Física e em Biologia), o etologista K. Lorenz (1995) mostra a diferença e a aplicação do método na biologia em comparação à física. Se Lamarck inventou o termo biologia, e antes o naturalista francês Buffon tinha proposto romper com o método monista (mecanicista) na ciência no Século XVIII, Darwin seguramente consolidou o método de pesquisa na biologia. Em grande parte, a etologia amplia a extensão do método darwinista no estudo dos diferentes tipos de comportamento e organismos.

Com efeito, e ao contrário do reducionismo ontológico, no ponto de vista de Lorenz, esse tipo de reducionismo considera a *evolução* o núcleo da biologia. A teoria da Seleção Natural de Darwin remete o *locus* da evolução ao organismo e à relação com o meio e, assim, teria introduzido os conceitos de comportamento, “história” ou história da vida na terra. Comparativamente, nas palavras do físico W. Heisenberg (1995, p.79), na sua avaliação das diferentes relações entre física e biologia, “conceitos como

vida, órgão, célula, função, etc, não encontrariam correspondência na física ou na química”.

Igualmente um expoente da mecânica quântica no Século XX, em ensaio em homenagem a Luigi Galvani, Niels Bohr (1937/1995) avalia a relação entre física e biologia e, embora mantenha referência ao princípio de complementariedade, vê um possível limite de demarcação entre ambas:

Não se têm faltado sugestões de que se tem uma correlação direta entre a vida, o livre-arbítrio e os aspectos dos fenômenos atômicos ..Contudo (.).os chamados aspectos holísticos e finalistas dos fenômenos biológicos decerto não podem ser imediatamente explicados pela característica de individualidade dos processos atômicos; ..o caráter essencialmente estatístico da mecânica quântica parece, à primeira vista, até mesmo aumentar as dificuldades de compreendermos as regularidades biológicas propriamente ditas. (Bohr, 1995, p.26)

Na referência de Bohr aos fenômenos biológicos, parece claro que estes têm um sentido histórico (“finalista”) e ecológico (“aspectos holísticos”) e se remetem aos fatos da própria vida – Bohr parece concordar que os fenômenos biológicos se reduzem ao próprio organismo e suas relações ecológicas.

No reducionismo evolutivo, ao contrário do “essencialmente” ontológico ou “nada mais que” do fisicalismo, na expressão de Julian Huxley, *nothingelsebuttery* (Lorenz, 1995, p.41), o fator tempo passa a ser crucial no processo evolutivo: o evento histórico estabelece limites à redução ontológica fisicalista. O que determina a forma e a função dos organismos vivos é a sucessão de eventos evolutivos responsável por sua produção e preservação (Lorenz, 1995, p.43): como um sistema vivo é agora em relação ao passado e como ele se tornou o que é. O que parece ampliar o domínio e conceder autonomia às explicações biológicas, no sentido evolutivo, é uma pergunta alheia aos físicos: *Para quê? – Para que um gato tem unhas afiadas, pontudas, curvas, retráteis?, e respondermos diretamente: Para agarrar camundongos* (Lorenz, 1995, p.51). A pergunta e a resposta mostram uma finalidade e uma orientação no processo evolutivo cujo valor remete à preservação das espécies – finalidade e orientação que não têm sentido teleológico, mas, ao contrário, um sentido de adaptação e preservação funcionais das características relevantes ao comportamento do organismo ou *teleonomia* (por exemplo, o valor funcional da forma das unhas do gato).

Assim, com efeito, se o reducionismo fisicalista parece compatível com a biologia funcional, o fator tempo e o conhecimento da história evolutiva remetem a aspectos do desenvolvimento da mundo vivo ou das diversas formas de vida biológica – aspectos que lidam com a evolução e que Mayr (2005, p.40) considera ser o campo da *biologia histórica* cujo método e princípio são diferentes das ciências físicas. Na tentativa de oferecer respostas

aos *para quê?* ou *por quê?*, diferentemente do físico, o biólogo evolutivo, e eventualmente na ausência de experimentos apropriados, elabora sua metodologia na forma de “*narrativas hipotéticas*” (Mayr, *ibidem*): são cenários hipotéticos de recriação da evolução biológica que procuram elaborar respostas a certos tipos de questões – “para que” ou “por que”, por exemplo, gatos têm unhas afiadas, pontudas, curvas, retráteis?

No curso da evolução, a partir da variedade de estruturas e grupos celulares, alguns surgiram e tiveram a capacidade de duplicar a si mesmos, e na ocorrência de mudanças acidentais, a competição teria levado ao esquema de “sobrevivência do mais apto”. Heroicamente, no teatro da evolução, o organismo exerce o papel de mecanismo de realização da Seleção Natural por adaptação ao meio ou modificação do comportamento. Alguns biólogos (L.L. Whyte *apud* Piaget, 2002, p.67) chegam a atribuir às células o poder de regulação das mutações, o que mostra ou pode mostrar a extensão explicativa dos mecanismos de Seleção Natural. Desde pequenas unidades elementares a comportamentos de indivíduos, os mecanismos de Seleção Natural gerariam as fontes necessárias à adaptação do organismo às variações do meio e inclusive à seleção das mutações favoráveis.

Não-Reduccionismo Evolutivo – Gould

O biólogo evolutivo e paleontólogo Stephen J. Gould é um partidário do “saltacionismo” inspirado por De Vries – podem-se ver as transformações das espécies independente de elos intermediários nos processos evolutivos. Na sua homenagem aos 50 anos de *O que é vida?*, Gould aponta exatamente, como um problema no modelo de Schroedinger, que um tema tão amplo (*O que é vida?*) tenha sido reduzido à natureza física do material hereditário – uma visão limitada do amplo significado da vida e que não inclui as grandes mudanças nos diferentes ecossistemas.

Gould, por outro lado, igualmente aponta os limites do reduccionismo evolutivo. Considerado o organismo o *locus* das mudanças evolutivas, o palco geológico é remetido a um papel insignificante – perde-se de vista, por exemplo, o conceito de co-evolução. Com efeito, temos uma visão da uniformidade como característica das tendências evolutivas a partir da soma gradual de alterações mínimas. Gould vê *O que é vida?* como um problema na hierarquia e na história.

Não apenas os organismos são o *locus* da Seleção Natural, mas uma hierarquia drástica (Gould, 1997, p.45) integra vários níveis crescentes (genes, organismos, espécies, etc); e, por outro lado, temos o comportamento da terra. Se a Seleção Natural age em diversas escalas, a terra teria tido

igualmente um comportamento adequado correspondente. A partir da extinção em massa por impacto de meteorito no fim do cretáceo (Gould, 1997, p.46), uma evidência crítica é tida e introduz uma importante reconstrução de eventos em níveis superiores de hierarquia.

Mas, na sua visão dos processos evolutivos, o ponto crítico avançado por Gould tem a ver com a contingência histórica. As supostas “leis da natureza” ou regularidades são vistas como casos particulares de uma história contingente tomada em uma magnitude ampla – o mundo é assim, mas poderia ter sido diferente. Uma história contingente opõe-se a uma visão finalista do curso da natureza (tipo, por exemplo, harmonia pré-estabelecida). Gould propõe reestruturar o domínio da contingência contra uma tradição metafísica da necessidade causal: “Por que isso e não outra coisa entre milhares de outras coisas?” (Gould, 1997, p.48). Nas suas próprias palavras, o aspecto lúdico e plural do pós-modernismo parece oferecer vantagens interpretativas da vida (Gould, 1997, p.39). Embora sua visão seja contrastante com o reducionismo do darwinismo, a partir de uma interpretação pluralista da evolução por diferentes níveis e contingência, Gould parece, por outro lado, reconhecer o sentido crucial da história na compreensão de *O que é vida?*.

Ainda no prelúdio do darwinismo

Um ponto parece decisivo na crítica de Gould a Schroedinger: a vida tem ou integra muito mais do que apenas material hereditário. No entanto, a concepção de reestruturação do domínio da contingência parece levar a um ponto crítico. Robert Foley (2001), antropólogo evolutivo, assinala que ocorre uma certa tendência a uma progressiva substituição da biologia adaptativa, no Século XIX, por uma “biologia lotérica”, no Século XX. Na evolução, e inclusive na evolução humana, o que ocorre é resultado do acaso (ou contingência histórica nos termos de Gould). Mas, e embora o darwinismo acentue no organismo o *locus* da seleção e a pressão do acaso na luta por sobrevivência, parece que mecanismos biológicos de adaptação já são bem estabelecidos e mostram grande valor explicativo e amplitude.

Assim, como ocorre no comportamento adaptativo, mecanismos biológicos básicos do cérebro, por exemplo, “resolvem” certos problemas apresentados por situações e circunstâncias ecológicas novas. Pode ocorrer a resposta a uma situação inédita a partir de um repertório armazenado de informação genética: por exemplo, a mudança de estratégia evasiva da presa em função da mudança de comportamento do predador. Isso é o que o etologista K. Lorenz chama a ação de “*Mecanismos Liberadores Inatos*”: inscri-

tos geneticamente, os padrões motores fixos representam unidades funcionais que respondem seletivamente às situações estimulantes.

Se, por um lado, a herança filogenética representa um certo imperativo interno na evolução das espécies, por outro, o meio representa uma tendência externa associada ao comportamento adaptativo (co-evolução) – o que parece caracterizar um aspecto que, em parte, favorece a pretensão de co-evolução radical proposta por Gould. Com efeito, as estratégias adaptativas de comportamento, o que inclui a experiência do indivíduo ou processos ontogenéticos, sugerem que não temos determinismo interno ou externo; temos, ao contrário, um processo constante de co-evolução entre o organismo e o meio. O que pode mostrar, com efeito, possíveis limites conceituais entre física e biologia é que organismos vivos têm experiência e relação constantes com o meio, i.é, são entidades históricas e evolutivas; e a física não lida com conceitos de história e evolução. O que explica atividade cognitiva e comportamento de organismos vivos são mecanismos que têm essas características históricas e evolutivas (como a Seleção Natural e a adaptação).

Creio que podemos concordar com o antropólogo evolutivo Robert Foley (1993, p.328-9) e considerar que a essência da revolução darwinista significa que as espécies são originadas dos mesmos processos biológicos e dos mecanismos de Seleção Natural. Nós, seres humanos, somos uma espécie única e singular, mas todas as espécies são únicas e singulares. O que nos interessa é compreender que os mecanismos que tornam as espécies únicas são gerais para todas. Somos, portanto, apenas mais uma outra espécie única.

Mas o aparecimento de algo novo, “propriedades sistêmicas totalmente novas” (Lorenz, 1995, p.41), não parece significar “uma diferenciação da essência” (ou forma), embora signifique a emergência de um processo evolutivo no sentido literal – *Evolução é uma mudança nas propriedades de populações de organismos ao longo do tempo* (Mayr, 2001, p.8). Parece evidente que a diferença entre dois estágios evolutivos remete a uma diferença de grau, e não diferença de essência ou forma, como muito bem mostrou Darwin (1872). Embora o passo evolutivo do animal ao homem tenha significado uma diferenciação na ordem dos primatas, por volta de 5 milhões anos atrás (Foley, 1993, p.52-3), Darwin (1872/2000, p.22) mostrou que certas capacidades mentais, como a expressão das emoções, remetem a traços fisiológicos e anatômicos comuns, evidentes nos diferentes tipos de comportamento, e que parecem indicar uma forma anterior e animal do homem – a forma humana e suas propriedades parecem indicar uma diferença de grau entre dois estados evolutivos e resultado de uma diferenciação interna na ordem dos primatas. Esse ponto de vista de Darwin, uma vez mais, parece

evocar o princípio leibniziano do *continuum* (*Natura non facit saltum*),² já expresso em *A origem das espécies*, no Capítulo 14, p.445 (1859/1979), e que tem sido mantido por vários autores (Foley, 2003): a forma humana, anatomicamente moderna, se não é completamente animal, por outro lado, está longe de ser uma diferença essencial ou uma ruptura no processo evolutivo – este é o argumento central de Robert Foley.

Conclusão: aproximações entre Monismo Neutro e Evolução

Nos anos 1860, quando ainda era um jovem estudante de medicina, William James teria engrossado o grupo de darwinistas de Harvard e observado que a vida mental segue leis de variação e seleção. Em seu *Ensaio em Empirismo Radical* (1912), posteriormente, William James (1912/1979, p.174) supõe que existe uma “matéria-prima” ou um “estofo” (*primal ou material stuff*), que compõe as coisas no mundo e ao qual ele chama “experiência pura” ou “fluxo imediato da vida” (ibidem, p.206). É o primeiro passo de William James na tentativa de afirmar um “empirismo radical” isento de compromisso com algum tipo de dualismo (sujeito-objeto, mente-matéria, pensamento-mundo, interno-externo, etc). A “experiência pura” ou “fluxo imediato da vida” parece sugerir, comparativamente ao darwinismo, a idéia de um *continuum* no mundo (ibidem, p.192) instanciado por diferentes termos (sujeito-objeto, mente-matéria, pensamento-mundo, interno-externo, mental-físico, etc). Ao contrário de alguns autores, entre eles Russell e Mach, na concepção de William James, o monismo neutro vai além de um sentido epistemológico na experiência individual e supõe um certo tipo de ontologia (“matéria-prima” ou um “estofo”) na sustentação da relação entre diferentes termos do mundo. Comparativamente ao monismo neutro, e em termos da existência de fatos físicos e biológicos, parece razoável sugerir a integridade das leis físicas e o fechamento causal do mundo, i.é, a vida biológica só teria sido efetivada na continuidade com fatos físicos.

Creio que a concepção de “experiência pura” ou “fluxo imediato da vida” parece remeter a um significado como *vida* no sentido biológico, i.é, vida como um complexo de diferentes sistemas e organizações. Abaixo uma ilustração do “empirismo radical” proposto por William James:

2 Embora esse princípio tenha uma ampla aplicação na física, como reconhecia Leibniz, com ele, Darwin quis expressar que a ação da Seleção Natural ocorre por meios lentos, graduais e sucessivos.

(MUNDO)

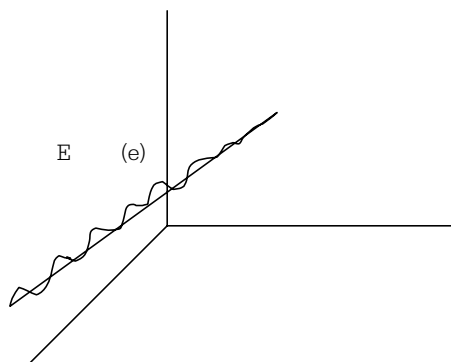


Figura 1 – E: “experiência pura” ou “fluxo imediato da vida”.
(e): experiências ou instanciações de relações entre diferentes termos no mundo. (sujeito-objeto, mente-matéria, pensamento-mundo, interno-externo, mental-físico, etc).

Na Figura 1 acima, os fenômenos ou termos do mundo são instanciados na experiência (e) sobre o fluxo imediato da vida (E) – muito provavelmente existe experiência (e) onde existe vida (E). A idéia de fluxo da vida tem um significado ontológico fundamental: o que existe no mundo, por exemplo, diferentes termos físicos e biológicos, inclusive termos mentais, existe no fluxo imediato da vida. Essa ontologia suprime as distinções entre termos e caracteriza o que se pode chamar *monismo neutro* – a matéria do mundo ou fluxo imediato da vida é algo anterior às distinções entre termos.

Mas pode-se considerar, comparativamente ao monismo neutro e à concepção de um *continuum* no mundo entre diferentes termos, que muito provavelmente termos biológicos (estrutura genética, reprodução, transmissão hereditária, comportamento adaptativo, etc) não podem ser capturados por princípios físicos estritos; eles teriam, ao contrário, um sentido *histórico* ou *evolutivo* e a física não lida com conceitos históricos. A integridade dos princípios físicos não vai ser violada, no entanto, uma possível redução dos fenômenos ou termos biológicos a níveis físicos elementares apenas mostraria limites na descrição do mundo natural (Edelman, 1992).

Se, por outro lado, assumirmos uma distinção entre a existência de “objetos intencionais e não-intencionais” no mundo natural (Edelman, 1992), o que vamos notar é que aqueles primeiros objetos são “entidades biológicas”, enquanto os outros não. Seres humanos e algumas espécies de seres vivos são exemplos de “objetos intencionais” e, por sua vez, entidades não-vivas (partículas atômicas e subatômicas, por exemplo) são “objetos

não-intencionais” – ou, em resumo, objetos biológicos são entidades físicas, mas nem todo objeto físico é uma entidade biológica ou intencional. A intencionalidade representa uma característica ou propriedade de certos objetos biológicos que, ao longo da história evolutiva, desenvolveram a capacidade de referência a coisas ou estados de coisas no mundo.

Abaixo, comparativamente ao Monismo Neutro de William James e à concepção de um *continuum* no mundo natural entre diferentes termos, segue uma ilustração da distinção de escala entre “objetos intencionais e não-intencionais” no mundo:

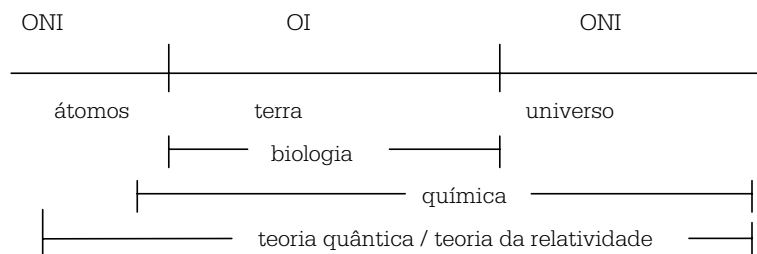


Figura 2 – OI: “objetos intencionais” – ONI: “objetos não-intencionais” (a ilustração é adaptada de Edelman, 1992, p.214).

Na Figura 2 acima, podemos considerar que o universo é constituído de partículas elementares. Essas partículas estão organizadas em sistemas. Alguns desses sistemas são vivos e evoluíram por um longo tempo; e, entre eles, alguns desenvolveram a capacidade de implementar a intencionalidade.

* * *

Minha conclusão é que, a partir de um ponto de vista darwinista, se a experiência e o comportamento no mundo representam um mecanismo importante na evolução dos organismos, e se acrescentarmos a ela (evolução) a concepção de Monismo Neutro, emprestada de William James (o que existe no mundo, existe no fluxo da vida), então a evolução parece remeter a fatos e eventos históricos – fatos e eventos que, embora contínuos com o resto do mundo natural, impõem limites à redução fiscalista. Considero, com efeito, que parece razoável manter limites de demarcação conceitual entre o que no mundo é físico e o que é biológico.

ARAÚJO, A. Possible limits of conceptual demarcation. *Trans/Form/Ação*, (São Paulo), v.29(2), 2006, p.19-31.

- ABSTRACT: from the German physicist Erwin Schrödinger's text, *What is life* (1943), the possible limits of conceptual division between physics and biology are analyzed. Is there a limit between physics and biology? Or can biology be reduced to physics? Different views will be analyzed among scientists and philosophers.
- KEYWORDS: physics – biology – limits – reductionism – evolution.

Referências bibliográficas

- BLANC, Marcel. *Os herdeiros de Darwin*. Trad. de Mariclara Barros. São Paulo: Scritta, 1994.
- BOHR, Niels. *Física Atômica e Conhecimento Humano*. Trad. de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995.
- CASSIRER, Ernest. *A filosofia do Iluminismo*. Trad. de Álvaro Cabral. Campinas: EdUnicamp, 1992.
- DARWIN, Charles. *The origins of species*. New York: Gramercy Books, 1979.
- _____. *A expressão das emoções no homem e nos animais*. Trad. de Leon de Sousa Lobo Garcia. São Paulo: Companhia das Letras, 2000 (1872).
- DESMOND, Adrian. e MOORE, James. *Darwin – a vida de um evolucionista atormentado*. Trad. de Hamilton dos Santos, Gustavo Pereira e Maria Alice Gelman. São Paulo: Geração Editorial, 1995.
- EDELMAN, Gerald. *Bright Air, Brilliant Fire – On the Matter of the Mind*. New York: BasicBooks, 1992.
- GOULD, Stephen. Jay. “O que é vida?” como um problema histórico. In: Michael Murphy e Luke O’Neill. Trad. de Laura Cardellini Barbosa de Oliveira. São Paulo: EdUnesp, 1997.
- HEISENBERG, Werner. *Física e Filosofia*. Trad. de Jorge Leal Ferreira. Brasília: EdUnB, 1995.
- JAMES, William. *Ensaio em Empirismo Radical*. Trad. de Pablo Rúben Mariconda. São Paulo: Abril Cultural, 1979 (1912).
- LORENZ, Korand. *Os Fundamentos da Etologia*. Trad. de Pedro Mello Cruz e Carlos C. Alberto. São Paulo: EdUnesp, 1995.
- MAYR, Ernest. *What Evolution is*. New York: Basis Books, 2001.
- _____. *Biologia, Ciência Única*. Trad. de Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- PIAGET, Jean. *Epistemologia Genética*. Trad. de Álvaro Cabral. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

- PRIGOGINE, Ilya. e STENGERS, Isabelle. *A Nova Aliança – metamorfose da ciência*. Trad. de Maria Joaquina Machado Trincheira. Brasília: EdUnB, 1991.
- FOLEY, Robert. *Os humanos antes da humanidade – uma perspectiva evolucionista*. Trad. de Patrícia Zimbres. São Paulo: EdUnesp, 2003.
- _____. *Apenas mais uma espécie única – padrões da ecologia evolutiva humana*. Trad. de Cíntia Fragoso, Heitor Ferreira e Hércules Menezes. São Paulo: EdUSP, 1993.
- SCHROEDINGER, Erwin. *O que é vida?* Trad. de Jesus de Paula Assis e Vera Yukie K. de Paula Assis. São Paulo: EdUnesp, 1977.
- SMART, John Jameison Carswell. *Nosso lugar no universo*. Trad. de J. E. Smith Caldas; São Paulo: Siciliano, 1991.