

GENE, ORGANISMO E AMBIENTE

Rosana Tidon

Departamento de Genética e Morfologia –

Universidade de Brasília, Brasília, DF

rotidon@unb.br

Neste texto são discutidas as interações entre genes, organismos e ambientes, analisando-se o contexto em que muitas idéias e concepções a respeito de Biologia Evolutiva foram interpretadas de modo inadequado e dificultaram o entendimento e os avanços científicos nessa área do conhecimento. Basicamente, estão aqui representadas as idéias publicadas dessa literatura, principalmente as expostas na obra de Richard Lewontin.

Em 1973, o geneticista Theodosius Dobzhansky publicou no periódico *American Biology Teacher* um texto com o seguinte título – Nothing in biology makes sense except in the light of evolution – (nada faz sentido em biologia a não ser sob a luz da evolução). Este artigo de Dobzhansky, desde a sua publicação, é um texto fundamental para as discussões sobre Biologia Evolutiva e tem se mostrado cada vez mais atualizado e verdadeiro face às novas e recentes pesquisas em várias áreas, principalmente nas da Biologia Molecular e Biologia do Desenvolvimento. Atualmente, Biologia Evolutiva integra não só as diversas disciplinas das Ciências Biológicas entre si, mas também a Biologia com outras áreas do conhecimento, tais como a Matemática, a Informática e a Sociologia.

Na verdade, a moderna teoria evolutiva baseia-se em duas importantes contribuições do século XIX: a percepção de que a variação entre espécies surge a partir daquela existente entre indivíduos (Darwin), e a descoberta de que a hereditariedade baseia-se na segregação de fatores discretos (Mendel). Os “fatores” (genes) estudados por Mendel eram considerados os agentes que causam a forma dos organismos. Tais “fatores” eram os sujeitos e o organismo era o objeto das forças do desenvolvimento. Dessa visão do gene como causa do or-

ganismo desenvolveu-se boa parte da Genética Molecular. A teoria darwinista pressupõe que forças externas moldam as espécies com base nas variações encontradas nos diferentes indivíduos, as quais seriam produzidas por forças internas. A essência da teoria de Darwin, portanto, inclui a separação das causas das variações *ontogenéticas*, procedentes de forças internas, e causas das variações *filogenéticas*, impostas pelo ambiente por meio da seleção natural. A partir desta visão, que considera o ambiente como o sujeito e o organismo como o objeto da evolução, desenvolveu-se toda a teoria evolutiva.

A partir desta visão, que considera o ambiente como o sujeito e o organismo como o objeto da evolução, desenvolveu-se toda a teoria evolutiva.

Embora as visões de Darwin e Mendel tenham representado um notável e necessário avanço científico na época em que foram propostas, elas posteriormente atuaram como obstáculos para progressos nessa área de estudos, uma vez que entraram em contradição com descobertas da Biologia de Populações e do Desenvolvimento. Duas idéias equivocadas, particularmente, comprometem o entendimento de processos ontogenéticos e da biologia evolutiva. Na primeira delas, a ontogenia é vista como o *desdobramento* de formas que já estavam latentes nos genes, como se o desenvolvimento seguisse rigorosamente uma receita escrita no DNA dos organismos. Na segunda idéia, o processo filogenético é encarado como um *problema e solução*: o ambiente propõe

um “problema” e os organismos oferecem “soluções”, sendo que a melhor delas será finalmente “escolhida”. Essas explicações, que se tornaram objetos de reflexão de vários cientistas, estão erradas uma vez que a relação entre gene, organismo e ambiente é muito mais complexa do que elas sugerem.

Relação entre genes, ambiente e organismo durante o desenvolvimento

Sabe-se que, nas ervilhas estudadas por Mendel, a relação entre genótipo e fenótipo é direta, ou seja, para cada genótipo existe um fenótipo correspondente. Na verdade, a essência do mendelismo consiste na idéia de que é possível deduzir o genótipo de um organismo a partir de seu fenótipo, ou dos seus descendentes, no caso de dominância completa. Da mesma forma, a maior parte da Genética Bioquímica, Molecular, e do Desenvolvimento, também se baseia em estudos realizados com características fenotípicas que não se sobrepõem e que são facilmente associadas a determinados genótipos. Como decorrência desses fatos, a maioria dos livros de Genética e Evolução considera que os organismos são “determinados” por seus genes. Algumas vezes, essa explicação genética é usada inclusive para justificar fenótipos comportamentais como, por exemplo, a tendência à violência ou ao alcoolismo.

Entretanto, a vasta maioria das características morfológicas, fisiológicas ou comportamentais não segue padrões tão simples, pelo contrário, o fenótipo dos organismos ao longo do desenvolvimento é marcado por interações complexas entre genótipo e ambiente. Os genes expressam apenas uma norma de reação específica a diferentes ambientes, ou seja, um mesmo genótipo expressa diferentes fenótipos em ambientes variados, de uma maneira não previsível.

Nenhum genótipo tem um fenótipo incondicionalmente maior, menor, mais rápido ou mais lento. As em-

presas que fornecem sementes para a agricultura sabem disso e distribuem para os fazendeiros as variedades que são mais produtivas na maioria das regiões. Uma linhagem cuja produtividade média é alta porque os resultados foram muito superiores em um determinado ano ou lugar, mas um tanto inferiores aos de outras variedades nas demais circunstâncias, não será selecionada para distribuição.

Além disso, indivíduos com o mesmo genótipo e no mesmo ambiente podem apresentar fenótipos diferentes devido a um fenômeno chamado “ruído de desenvolvimento”. Na verdade, até os dois lados de um mesmo indivíduo podem ser diferentes devido a esses ruídos. Assimetrias bilaterais são bem relatadas em diversos organismos, incluindo insetos, aves e humanos. Na mosca *Drosophila*, por exemplo, o número de cerdas nos lados direito e esquerdo do corpo frequentemente é diferente, embora ambos tenham os mesmos genes e se desenvolvem no mesmo ambiente. Nesse contexto, fica difícil saber até que ponto as habilidades de atletas ou intelectuais de destaque são devidas ao genótipo, ao ambiente, ou a fatores aleatórios do desenvolvimento tais como conexões neurais que proporcionam reflexos extraordinários e úteis.

Visando compreender a importância relativa de fatores internos e externos para o fenótipo, foram pro-

Os genes expressam apenas uma norma específica de reação a diferentes ambientes, ou seja, um mesmo genótipo manifesta diferentes fenótipos em ambientes variados, de uma maneira não previsível.



Retrato de Gregor Mendel, em metal, esculpida por Theodor Charlemont por ocasião da construção do monumento em homenagem ao primeiro geneticista, no monastério agostiniano de Brno, em 1910.

postas tentativas de se quantificar as contribuições do genótipo e do ambiente, como, por exemplo, os cálculos de herdabilidade. Entretanto, considerando que a influência de um dado fator geralmente depende da influência de outros, torna-se impossível atribuir pesos fixos para os componentes da variação fenotípica de ordem genética, ambiental, e “ruídos de desenvolvimento”.

Por fim, é necessário considerar ainda o organismo como uma das causas de seu próprio desenvolvimento, processo que possui em sua base uma dimensão de *ordem temporal* que se relaciona tanto com os genes

como com o ambiente. O fenótipo de um organismo está continuamente se modificando, do nascimento à morte. Em qualquer momento, ele não é simplesmente o resultado da interação de seus genes com o ambiente, mas também do próprio fenótipo no momento anterior. Portanto, o organismo não é apenas o objeto de forças do desenvolvimento, é também o sujeito dessas forças.

A Metáfora da adaptação

O conceito de adaptação, como uma metáfora, pressupõe que o mundo externo lança desafios para os organismos, tais como encontrar espaço, alimentos e indivíduos do sexo oposto para a reprodução, e aqueles que têm mais sucesso para resolver esses problemas, porque casualmente possuam características apropriadas à solução e deixem mais descendentes do que os indivíduos que não possuem tais características vantajosas. É como se os nichos ecológicos existissem mesmo antes de serem ocupados pelo organismo, como se o ambiente fosse independente das espécies que o ocupam. É importante ressaltar, no entanto, que em Biologia o termo “ambiente” refere-se ao conjunto de condições que envolvem os seres vivos, de maneira que não existem ambientes sem seres vivos para serem “envolvidos”. Fatores tais como glaciações, evaporação de oceanos ou erupções vulcânicas, que ocorrem independentemente dos seres vivos, não são ambientes. São condições físicas a partir das quais ambientes habitáveis podem ser “construídos”.

Os cientistas que trabalham com história natural sabem que os organismos não só fazem parte do ambiente, mas também ajudam a construí-lo. Como exemplo, podem ser citados alguns aspectos da vida das saúvas (gênero *Atta*), as formigas cortadeiras mais conhecidas no Brasil. A reprodução dessas formigas inicia-se com o denominado vôo nupcial ou revoada, quando grandes quantidades de machos (bitus) e fêmeas (iças ou tanajuras) saem do ninho e se acasalam no ar. Embo-

Essa idéia, que contribui para refutar a explicação de que o ambiente é algo externo e independente do organismo, é relativamente antiga e atualmente está ganhando um enorme impulso.

ra não se conheça o processo que dispara o vôo, sabe-se que existe grande influência das condições climáticas, especialmente a pluviosidade. Após o vôo nupcial, as tanajuras livram-se das asas, escavam um túnel no solo, e uma pequena câmara no final dele. A nova rainha então regurgita o fungo que ela trouxe da colônia de origem, cultiva o jardim que se forma a partir dele, deposita os ovos e cuida da prole, dando origem à nova colônia. No formigueiro adulto, cuja profundidade pode ultrapassar cinco metros, há indivíduos especializados na defesa, no transporte de vegetais para o interior do formigueiro, e no cuidado do jardim de fungo e da prole em desenvolvimento.

Fatores externos determinam o início da construção do ninho das formigas, um novo ambiente que proporciona proteção contra extremos climáticos e predadores, assegurando ainda abrigo e alimentação para as formigas em estágios imaturos. O João de Barro, e assim como a espécie humana e muitas outras, também constroem ambientes em que as pressões de seleção natural são diferentes das que ocorrem no ambiente externo.

No livro *Niche Construction*, publicado em 2003 pela Universidade de Princeton, Odling-Smee e seus colaboradores argumentam que a construção de nichos modifica pressões seletivas que atuam não só nos construtores propriamente ditos, mas também em organismos associados a eles. Em outras palavras, as pressões de seleção natural vão se modificando ao longo do tempo em função, dentre outros, do próprio organismo que sofre essa pressão. Essa idéia, que contribui para refutar a explicação de que o ambiente é algo externo e independente do organismo, é relativamente antiga e atualmente está ganhando um enorme impulso.

Além disso, não se pode esquecer que os organismos determinam



FOTOS FORMIGAS (cortesia de K. Kitayama)

quais os elementos do mundo exterior que devem estar presentes para a constituição dos seus ambientes, e quais relações entre esses elementos são relevantes para eles. No campus da Universidade de Brasília, por exemplo, convivem diversas espécies de aves que exploram ambientes diferentes dentro da mesma área. O tico-tico é encontrado geralmente no solo, onde se alimenta e constrói seus ninhos entre moitas de capim e plantas rasteiras. O sabiá-laranjeira, embora também caminhe no solo, inclui frutos em sua dieta e constrói ninhos em arbustos e árvores de folhagem densa. O bem-te-vi, por sua vez, nidifica no topo da copa de árvores altas, usando para isso até materiais tais como fios, retalhos de plástico e de papel. Finalmente, os picapaus escavam seus ninhos em troncos de árvores, de onde também colhem seu alimento; explorando cavidades onde se alojam larvas de insetos. Assim, ainda que várias espécies ocupem uma mesma área, cada uma compõe o ambiente onde vive utilizando aspectos distintos do mundo físico e biótico.

Em síntese, o presente texto argumenta que os organismos não são simples coleções de indivíduos que se encontram adaptados a nichos ecológicos preestabelecidos. Pelo contrário, o desenvolvimento dos organismos envolve intrincadas relações entre eles próprios, mas também com seus genes, e com a sucessão de ambientes onde eles se desenvolvem. A complexidade dessas relações, entretanto, ainda não está bem compreendida.

Departamento de Genética e Morfologia – Universidade de Brasília

Agradecimentos. A N.M. Diniz e S.F. Oliveira pela leitura crítica do manuscrito, e especialmente ao Prof. R. Lewontin, com quem tive a oportunidade de compartilhar as idéias expostas neste trabalho durante o período de um ano em que estive em seu laboratório na Universidade de Harvard.

Leituras complementares

Anjos N., Della-Lucia T.M. & Mayhé-Nunes A.J. 1998. Guia prático sobre formigas cortadeiras em reflorestamentos. Editora Graff Cor. Ponte Nova, MG. 97 p. Descreve diversos aspectos da vida das formigas, incluindo detalhes sobre a construção dos ninhos.

Flores R. Z. 2002. A Biologia na violência. *Ciênc. saúde coletiva*, vol.7, no.1, p. 197-202. Discute a contribuição de fatores biológicos e sociais em comporta-

mentos associados à violência.

Gould S.J. 1991. A falsa medida do homem Editora Martins Fontes, São Paulo, SP. 369p. Ilustra, com diversos exemplos, casos históricos através dos quais a biologia foi incorretamente usada para justificar diferenças sociais.

Lewontin R.C. 2001. Biologia como Ideologia. Ed. FUNPEC. Ribeirão Preto, SP. 138p. Discute o determinismo genético, nos contextos científico, social e moral.

Lewontin R.C. 2002. A tripla hélice - gene, organismo e ambiente. Companhia das Letras, São Paulo, SP.144p. Neste livro, as relações entre gene, organismo e ambiente são tratadas com rigor e profundidade. A tradução para o português está muito boa, tornando a leitura fluente e agradável.

Lewontin R.C. 2002. O sonho do genoma humano. Revista ADUSP. Abril de 2002. p. 50-74. Inclui uma análise crítica do projeto genoma humano, discutindo as simplificações que eventualmente são feitas visando a análise de seus resultados.

Sick H., 1997. Ornitologia brasileira. Ed. Nova Fronteira. Rio de Janeiro, RJ. 862 p. Considerado uma referência para a ornitologia brasileira, este livro descreve, entre outras informações, as relações entre diversas espécies de aves com seus ambientes.