

EXPLICAÇÕES FUNCIONAIS EM LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO ENSINO MÉDIO

FUNCTIONAL EXPLANATIONS IN HIGH SCHOOL BIOLOGY TEXTBOOKS

Ricardo Santos do Carmo¹

Nei Freitas Nunes-Neto², Charbel Niño El-Hani³

¹Universidade Federal da Bahia/Instituto de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA/UEFS), rscarmo@ufba.br

²Universidade Federal da Bahia/Instituto de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento (UFBA), nunesneto@gmail.com

³Universidade Federal da Bahia/Instituto de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA/UEFS), Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento (UFBA), charbel@ufba.br

Resumo

Neste trabalho, investigamos as explicações que recorrem ao conceito de função em livros didáticos (LDs) de Biologia do Ensino Médio. Uma avaliação minuciosa de dois LDs permite indicar que o uso de atribuições e explicações funcionais tem se dado de modo arbitrário no conhecimento escolar de Biologia, sem um embasamento epistemológico consistente. Esta ausência de referencial gera problemas importantes, com um possível impacto negativo na aprendizagem dos alunos. Apresentamos duas abordagens centrais sobre as explicações funcionais na filosofia da biologia, a perspectiva histórica ou etiológica, e a perspectiva sistêmica, discutindo como elas podem ser transpostas para o conhecimento escolar. Adotar a distinção entre função e acidente, presente na perspectiva etiológica de função, contribui decisivamente para a superação de equívocos conceituais, a exemplo daqueles presentes nas atribuições de função a itens ou processos biológicos que são meros acidentes evolutivos. Por outro lado, a perspectiva sistêmica sobre as funções oferece um quadro teórico consistente em cujo contexto podem ser embasadas as explicações em biologia funcional. De modo geral, os debates contemporâneos sobre função na filosofia da biologia contribuem para uma estruturação mais consistente dos modos de explicar funcionalmente no contexto escolar.

Palavras-chave: função, teleologia, livros didáticos, ensino de biologia, ensino médio

Abstract

In this paper, we investigate explanations appealing to the concept of function in High School Biology textbooks. A detailed evaluation of two Brazilian textbooks allows us to indicate that the use of functional ascriptions and explanations have been taking place in an arbitrary manner in Biology school knowledge, with no consistent epistemological grounds. This lack of grounds generates conceptual problems, with a potential negative impact on students' learning. We present two central approaches to functional explanations in the philosophy of biology, the historical or etiological, and the systemic perspectives, discussing how they could be transposed to school knowledge. To assume the function-accident distinction, found in the etiological perspective on function, contributes directly to overcome conceptual misunderstandings, as for instance, those of ascribing function to biological items or processes that are no more than evolutionary accidents. By the other hand, the systemic perspective on functions offers a consistent framework in which context the functional explanations in biology can be based. In a general way, the contemporary debates on function

in philosophy of biology contribute to a more consistent organization of the ways of functional explanation in the school context.

Keywords: function, teleology, textbooks, biology teaching, high school

INTRODUÇÃO

O argumento desenvolvido independentemente por Ernst Mayr (1988) e François Jacob ([1970]1983) de que a Biologia não é uma ciência uniforme, mas divide-se em dois grandes campos, biologia funcional e biologia evolutiva, constitui um importante avanço em filosofia da biologia. Essa distinção, cuja análise detalhada pode ser encontrada em Caponi (2002), é relevante porque torna possível compreender como a explicação é construída e quais tipos de causas são mobilizadas nestes dois campos de investigação (MAYR, 1988, 2005). Enquanto a biologia funcional se ocupa das causas próximas dos fenômenos biológicos — causas que operam na ontogenia e ecologia dos organismos —, as investigações em biologia evolutiva recorrem às causas remotas, isto é, aquelas que têm lugar na filogenia dos organismos. A biologia funcional coloca perguntas que se iniciam com o pronome interrogativo ‘Como’, i.e: ‘Como ocorre a respiração celular?’, ‘Como a clorofila atua na fotossíntese?’ Assim, o tipo de explicação produzido por essa dimensão da biologia possibilita o entendimento da constituição individual do organismo e o seu funcionamento. A biologia evolutiva responde, principalmente, a questões do tipo ‘Por que’: ‘Por que a primeira fase da respiração celular é igual ao início da fermentação?’, ‘Por que as cadeias de citocromos aparecem tanto na respiração quanto na fotossíntese?’. O tipo de explicação que ela produz lança luz sobre a história evolutiva de determinada característica de um organismo. A distinção entre biologia funcional e evolutiva pode orientar, em nosso entendimento, tanto a estruturação do pensamento biológico quanto o ensino de biologia.

Na medida em que aceitamos a distinção da biologia em dois grandes campos, não deve nos surpreender que eles tenham modos distintos de explicação. À distinção entre biologia evolutiva e biologia funcional, apresentada acima, corresponde uma outra, entre as explicações funcionais que são encontradas em cada um destes campos. Ou como colocou Caponi (2001, 2002), na biologia há duas teleologias, cada uma correspondente a um campo da biologia. Enquanto a abordagem etiológica, exemplificada pela teoria das funções do filósofo Larry Wright, captura bem o significado de muitas explicações funcionais em biologia evolutiva, de uma perspectiva seletivista, a abordagem sistêmica, como vemos na análise funcional do filósofo Robert Cummins, oferece um contexto epistemológico consistente para as explicações funcionais na biologia funcional.¹

Esta distinção entre modos como podemos explicar funcionalmente características dos organismos é muito relevante para o ensino de Biologia. Afinal, ao tomarmos nas mãos um livro de Biologia elaborado para o nível médio de ensino, é notável o largo uso de uma linguagem funcional representada pela quantidade e diversidade de exemplos de atribuições funcionais que aparecem em vários contextos do conhecimento escolar de Biologia:

- (a) Forma das células: “A forma das células varia. Cada célula tem uma forma adaptada à sua *função*, que é controlada pelos seus genes e influenciada por vários fatores externos” (LINHARES & GEWANDSZNAJDER, 2005, p. 35, ênfase nossa);
- (b) Importância dos neurônios: “Os neurônios são as células fundamentais do tecido nervoso e têm as propriedades de irritabilidade (excitabilidade) e condutibilidade.

¹ Para uma visão mais ampla e maiores detalhes sobre as explicações teleológicas e funcionais na biologia, remetemos o leitor a algumas antologias ou trabalhos de revisão na área: Allen et al. (1998), Ariew et al. (2002), Perlman (2004).

São eles, ainda, os responsáveis pelas *funções* mais nobres do cérebro humano, tais como o raciocínio, a memória e as emoções (SILVA-JÚNIOR & SASSON, 2005, p. 376, ênfase nossa);

- (c) Importância dos peroxissomos: “A principal *função* dos peroxissomos é a oxidação dos ácidos graxos, que serão utilizados para a síntese de colesterol e de outros compostos importantes, além de constituírem matéria-prima para a respiração celular, cuja *função* é a obtenção de energia” (AMABIS & MARTHO, 2005, p. 140, ênfase nossa);
- (d) Analogia de órgãos: “Órgãos análogos são aqueles que desempenham *funções* semelhantes, embora a origem embrionária possa ser diferente” (PAULINO, 2005, p. 147, ênfase nossa).

A despeito do largo uso do conceito de função nos livros didáticos de biologia, estas atribuições funcionais não parecem ser orientadas por referenciais teóricos consistentes, que podem ser derivados das teorias sobre função encontradas na filosofia da biologia. Assim, o objetivo deste trabalho é oferecer bases epistemológicas para o uso do conceito de função em diferentes contextos e discutir as atribuições de função em livros didáticos de biologia. Neste trabalho, discutiremos, inicialmente, as explicações funcionais na biologia com foco sobre duas abordagens centrais, as perspectivas etiológicas e sistêmicas das funções. Tomaremos como exemplo da perspectiva etiológica a teoria das funções de Larry Wright e, como exemplo da perspectiva sistêmica, a análise funcional de Robert Cummins. Em seguida, discutiremos como os livros didáticos atribuem função e, por fim, lançaremos nossas considerações finais.

EXPLICAÇÕES FUNCIONAIS NA BIOLOGIA

O conceito de função tem suscitado importantes controvérsias e indagações filosóficas, desde Aristóteles, para descrever objetos e organismos e suas interações (PERLMAN, 2004). A partir de meados do século XX, esse conceito foi abordado na filosofia da perspectiva dos positivistas lógicos com vistas a avaliar se as atribuições funcionais em biologia poderiam se qualificar como explicações dedutivo-nomológicas². Essa visão da explicação científica foi dominante até fins da década de 1960 e perdeu espaço na comunidade filosófica após ter recebido muitas críticas, principalmente através de exemplos contrários a essa abordagem.

Uma virada no debate no sentido de considerar as atribuições funcionais como um tipo de explicação legítima na Biologia veio com Wright ([1973]1998) e, de um ponto de vista diferente desse autor, outra perspectiva relevante sobre as funções na Biologia foi proposta por Robert Cummins ([1975]1998). Esses trabalhos e alguns outros como os de Millikan ([1989]1998), Neander ([1991]1998), Godfrey-Smith ([1994]1998), representam, nas palavras de Hull (2002), um “antídoto excelente” para aqueles que pensam que não há nenhum progresso em filosofia.

De acordo com Godfrey-Smith (1993), a abordagem etiológica selecionista de Wright e a análise funcional de Cummins são as duas perspectivas centrais na filosofia contemporânea para dar conta das atribuições funcionais nas ciências. Essas teorias podem ser entendidas como referências primárias no debate sobre o conceito de função (GODFREY-

² Qualquer explicação dedutivo-nomológica consiste em um argumento dedutivo que tem como premissas ao menos uma lei geral e sentenças sobre fatos particulares (condições iniciais) que, em conjunto, constituem o *explanans* (i.e., os enunciados que realizam a explicação). O *explanandum*, i.e., o fato a ser explicado, segue do *explanans* como conclusão do argumento. Dito de outro modo, a sentença sobre o fato a ser explicado decorre, como consequência lógica, das sentenças que o explicam (cf. HEMPEL & OPPENHEIM, 1948).

SMITH, 1993; HULL, 2002; AUTOR, NO PRELO) e têm domínios de aplicação distintos, como veremos nas seções seguintes. No entanto, devemos perceber que esse dualismo de explicações proposto por Godfrey-Smith (1993) não deve ser colocado em termos de autores, no caso Wright e Cummins, mas sim, de abordagens. Em outras palavras, devemos considerar duas abordagens explanatórias em biologia, uma histórica ou etiológica e outra sistêmica, as quais congregam mais autores que apenas Wright e Cummins. Contudo, as abordagens desses dois filósofos, é importante deixar claro, continuam representativas no debate sobre funções e, por isso mesmo, nós as exploraremos nas duas seções seguintes.

ABORDAGEM ETIOLÓGICA SELECIONISTA DE LARRY WRIGHT

A abordagem etiológica de Larry Wright apresentada em seu artigo *Functions* de 1973 representou um avanço importante na discussão do conceito de função em filosofia da biologia, na medida em que considera a atribuição funcional como um tipo de explicação. Nas palavras de Wright, os trabalhos anteriores ao seu “ignoraram ou, em alguma medida, falharam em fazer uma observação importante: que atribuições funcionais são — fundamentalmente, [...] — explanatórias” (WRIGHT, [1973]1998, p. 64). Um pressuposto básico que sustenta esse argumento é o de que as atribuições de função explicam da mesma maneira que as atribuições de objetivo (*goal ascriptions*), assim, por exemplo, dizer que o coração bate para circular o sangue é o mesmo que oferecer uma explicação de porque o coração bate. Além desse pressuposto, Wright enfatiza que é necessário reconhecer que diferentes tipos de perguntas se equivalem em um certo contexto. Então, Wright (*ibid*, p. 65) considera as seguintes questões:

- (i) Qual a função de X?
- (ii) Por que Cs tem Xs?
- (iii) Porque Xs fazem Y?

Na visão de Wright, por requererem a função de X, é legítimo que uma mesma resposta seja oferecida para essas três perguntas. Além disso, ele entende que solicitar a função de X é solicitar uma explicação para a existência de X. Entretanto, a explicação deve ser num sentido forte, tendo em vista a distinção fundamental entre função e acidente. Wright avalia que nas análises anteriores sobre atribuições/explicações funcionais (e.g. CANFIELD, 1964) tal distinção não foi esboçada de modo claro e, portanto, elas não foram capazes de considerá-las como “etiológicas” num sentido estendido. Em suas palavras, “explicações funcionais, embora claramente não causais em um sentido usual, restrito, dizem respeito a como o item funcional *chegou ali*. Por conseguinte, elas *são* etiológicas, quer dizer, ‘causais’ em um sentido estendido” (WRIGHT, [1973]1998, p. 66, ênfase no original).

A distinção entre função e acidente é, de fato, uma contribuição genuína de Wright (GODFREY-SMITH, 1993) e, como veremos adiante tomando um exemplo de um dos livros didáticos avaliados, crucial para compreendermos o significado de atribuir função a itens ou processos biológicos. As atribuições funcionais que não a consideram são interpretações fracas do significado de função. Assim, por exemplo, a pergunta “Para que o fígado é bom?” não pode ser traduzida em “Por que animais têm fígado?” (WRIGHT, [1973]1998, p. 66). A segunda pergunta exige uma explicação da existência de um certo estado de coisas num âmbito particular e deve contar como uma atribuição de função ao fígado. A pergunta “Para que o fígado é bom?”, entretanto, permite muitas respostas diferentes, as quais não precisam fazer uma distinção entre função e acidente para serem aceitáveis. A resposta de que fígados são bons para serem comidos com cebola, por exemplo, não é a função do fígado no sentido pretendido, mas um acidente, de uma perspectiva histórica. Em outras palavras, “para serem comidos com cebola” não é a razão que explica porque certos animais possuem fígado.

Uma explicação funcional em sentido forte tem “como parte da análise algo sobre como X chegou ali (onde quer que seja): isto é, que ele está ali porque ele faz Z — com um porquê etiológico” (ibid, p. 66). Assim, a função de X é Z significa que:

X existe *porque* ele faz Z.

Ou

Fazer Z é a *razão* de X existir

Ou

Que X faz Z é o *porquê* de ele existir (ibid, p. 67, ênfase no original).

Nestes termos, ao enunciar que a função de X é fazer Z, decorre que X existe porque faz Z e, desta maneira, tem-se uma explicação etiológica de como X chegou ali. Entretanto, ao considerar a existência de mais de uma etiologia e que nem todas explicam funcionalmente, Wright reconhece em sua abordagem a necessidade de indicar, entre possíveis etiologias, algumas das quais mobilizadas em explicações causais de outra natureza, uma etiologia particular que tipicamente deve caracterizar as atribuições funcionais. Wright consegue esta distinção entre etiologias recorrendo à noção de consequência causal, derivando daí que se X faz Z, então Z é uma consequência ou resultado de X. Assim, segundo Wright, é a própria natureza da etiologia que determina que há etiologias especificamente funcionais. A introdução dessa segunda cláusula na formulação anterior fecha a fórmula de atribuição funcional:

A função de X é Z significa

(a) X existe porque faz Z

(b) Z é uma consequência (ou resultado) de X existir (ibid, p. 71).

A primeira parte da fórmula apresenta a forma etiológica das explicações/atribuições funcionais, e a segunda tipifica a etiologia funcional, pois as questões que têm um “quê” etiológico, como “Por que ele está ali?” ou “O que ele faz”, podem ser traduzidas em questões do tipo “Que consequência ele tem que respondem por ele estar ali?” (ibid).

É possível exemplificar a aplicação desta fórmula num contexto biológico considerando a observação do comportamento de caça típico de um gato (*cat-like*). Essa observação pode nos levar a perguntar: ‘Por que os gatos caçam desta maneira?’ Uma resposta imediata pode ser: ‘Eles caçam assim por que é dessa maneira que conseguem caçar ratos e, em consequência, obtêm comida’. Entretanto, não é a obtenção futura de certos ratos particulares que causa este tipo de comportamento num certo gato, na medida em que um evento no futuro não pode ter eficácia causal sobre um evento que o preceda. Não há qualquer inversão misteriosa de causalidade. Simplesmente, o gato pode se comportar de maneira típica e não alcançar o objetivo, a saber, obter ratos. Logo, não são eventos futuros, mas sim certos eventos passados de captura de ratos que rendem aos gatos hoje a capacidade de comportar-se de uma maneira típica.

Assim, aplicando a formulação geral de função de Wright a este caso (mantendo claro, todas as ressalvas admitidas acima), podemos dizer que a função do comportamento típico de caça dos gatos, C, é obter alimentos, O, se,

(i) C está ali porque ele faz O

(ii) O é uma consequência (ou resultado) de C estar ali.

Logo, O é a consequência da presença prévia de C, que o manteve nas linhagens de gatos. Isso significa que, em determinado momento da história evolutiva desta linhagem, obter ratos

passou a ser uma consequência especial da realização do comportamento C, já que certos organismos, por possuírem o comportamento C, obtinham com maior frequência o objetivo O. Estes apresentavam, assim, uma vantagem seletiva sobre os outros indivíduos da mesma espécie que não possuíam este comportamento, ou possuíam um comportamento similar, mas não tão eficiente. A vantagem de obter mais alimentos aumentou, então, as chances de reprodução e sobrevivência de certa variante de gatos no passado. Isso manteve o comportamento C na espécie, que é instanciado hoje por gatos particulares. Portanto, de modo simplificado, a vantagem seletiva de fazer C no passado, i.e., seu sucesso na obtenção de O, causa a instanciação de C nos gatos atuais.

ANÁLISE FUNCIONAL DE ROBERT CUMMINS

Nesta seção examinamos a teoria da análise funcional proposta por Cummins no artigo *Functional Analysis* de 1975. Em primeiro lugar, Cummins propõe que atribuições funcionais podem ser realizadas na biologia sem considerações evolutivas. Em segundo lugar, devemos notar que, para ele, as abordagens sobre funções que antecederam à sua teriam sido mal orientadas pela insistência em considerar a função como algo que explica a existência ou presença do item orgânico sob consideração. Na visão de Cummins, função tem um uso legítimo nas ciências para explicar as capacidades de sistemas complexos. Assim, ele busca abordar o assunto de uma perspectiva diferente das abordagens etiológicas seletivas, a saber, em termos de disposições e capacidades complexas, enquadrando sua teoria numa perspectiva sistêmica do mundo. Para Cummins ([1975]1998), se um certo item funciona como uma bomba em um sistema maior, ou se a função deste item é bombear, então ele deve ser capaz de bombear em tal sistema. Deste modo, enunciados atribuidores de função implicam enunciados disposicionais, ou seja, atribuir uma função a algo é, ao menos em parte, atribuir uma disposição a este algo.

Desta perspectiva, atribuir uma disposição d a um objeto a é afirmar que o comportamento de a está sujeito à operação de uma lei geral sobre o tipo de objeto em questão. Dizer que a tem d é dizer que a manifestaria d (por exemplo, dissolver-se, dilatar-se, elevar-se) caso ocorressem condições suficientes para tal. Assim, a se comporta de modo a apresentar d sempre que colocado sob certas condições. Associada à disposição, há, segundo Cummins, uma lei geral. Estas leis são regularidades observadas no comportamento de um tipo de objeto em virtude de alguns fatos especiais a seu respeito. Por exemplo, nem tudo é solúvel em água. As coisas que o são, porém, se comportam de uma determinada maneira em virtude de uma característica especial, típica das coisas solúveis em água. E, para Cummins, o que deve ser explicado é exatamente esta regularidade disposicional. Logo, explicar uma regularidade disposicional é explicar como manifestações da disposição são causadas, dadas as condições necessárias para a ocorrência do evento. Cummins descreve duas estratégias para realizar esta explicação: (i) a estratégia da instanciação e (ii) a estratégia analítica.

A estratégia da instanciação consiste em explicar um caso particular, no qual um objeto manifesta certa disposição, através de uma lei geral sobre aquele tipo de disposição. Ou seja, explica-se um evento particular de disposição a partir de sua inclusão como um caso particular de uma lei geral sobre o tipo de objeto em questão. Por exemplo, podemos explicar desta forma a disposição de uma barra de ferro de dilatar-se mediante o aumento de temperatura. Neste caso, a explicação se dá através da aplicação de uma lei relativa à dilatação (digamos, a lei da dilatação linear dos corpos), associada a informações sobre o objeto particular em questão, como seu coeficiente de dilatação linear, a variação de temperatura a que o objeto foi submetido, a variação de seu comprimento etc. Em outras palavras, a lei inclui (ou, em termos técnicos, subsume) o caso particular em questão e, em associação com as condições iniciais particulares, explica a manifestação da disposição no

objeto.³ Não é difícil perceber que esta estratégia se aplica bem a campos da ciência como a física e a química.

A estratégia analítica procede de um modo diferente da estratégia anterior. Em vez de explicar uma disposição d a partir da referência a uma lei geral, procedemos, no âmbito da estratégia analítica, a uma análise da disposição de d presente em a em uma série de disposições d_1, d_2, \dots, d_n apresentadas por componentes de a , de modo que a manifestação dos d_i resulta na, ou leva à, manifestação de d . Após a apresentação da estratégia analítica, Cummins propõe uma mudança de terminologia: “Quando a estratégia analítica está em perspectiva, se está apto a falar de capacidades (ou habilidades) mais do que de disposições” (CUMMINS, [1975]1998, p. 187). Isso porque, de acordo com ele, frequentemente explicamos uma capacidade por meio de sua análise. Cummins oferece um exemplo de uma linha de montagem que mostra bem como a estratégia analítica pode capturar um uso adequado do termo ‘função’ em diversas ciências. A produção numa linha de montagem é dividida em várias tarefas distintas. A capacidade da linha de produzir o produto se deve à capacidade de cada ponto ou componente da linha de realizar certas tarefas (*ibid*). Se estas tarefas são realizadas de um modo organizado, o resultado é o produto final. Assim, para Cummins, explicamos a capacidade da linha de montagem de produzir o produto apelando às capacidades dos componentes da linha de realizar suas tarefas específicas. O exercício, por certo componente, de sua capacidade específica é sua função na linha. Ou seja, a função de um componente da linha, para Cummins, é o que quer seja que ele faça ao qual nós apelamos para explicar a capacidade da linha como um todo.

A proposta de Cummins pode ser mais bem compreendida se for colocada em contraste com a visão apresentada por Wright (que ele qualifica como uma abordagem teleológica). Conforme aponta Cummins,

enquanto a teleologia busca responder à questão por que-ele-está-ali respondendo à questão anterior o-que-ele-é-para [*what-is-it-for*], a análise funcional não se dirige de modo algum à questão por que-ele-está-ali, mas à questão como-ele-funciona (CUMMINS, 2002, p. 158).

Isso nos leva a perceber a mudança de foco que propõe Cummins em sua análise funcional, com relação à abordagem etiológica de função. Segundo Cummins, o que deve ser explicado não é a existência ou presença de certo item (como propõe Wright), mas sim uma capacidade (que desejamos compreender) de um sistema complexo. Em suma, função é algo a que nós apelamos para explicar a capacidade de um sistema continente, não para explicar por que algum item existe em tal sistema.⁴

Pode-se argumentar que, embora certamente distinta da abordagem etiológica de função, que busca explicar por que algum item está presente num dado organismo, a análise funcional preserva, ainda assim, um caráter teleológico. Isso pode ser denunciado por formulações como a de que apelamos à função *para* explicar a capacidade de um dado sistema. Deste modo, podemos ver a análise funcional de Cummins como uma sistematização da “teleologia intra-orgânica” a que aludia Claude Bernard (para maiores detalhes, ver CAPONI, 2001, p. 43). Temos, portanto, uma perspectiva sob a qual podemos qualificar a abordagem de Cummins como teleológica, ainda que ele não deseje este rótulo.

³ Note-se que esta formulação emprega o modelo dedutivo-nomológico da explicação científica de Hempel e Oppenheim (1948).

⁴ Logo, mesmo os efeitos das partes do sistema que, na visão de Wright, seriam acidentes podem ser usados na análise funcional de Cummins para explicar a realização de uma capacidade complexa do sistema do qual este componente é parte. Tudo o que é exigido, da perspectiva analítica de Cummins, é que a capacidade da parte contribua para a realização da capacidade sistêmica, seja ela função ou acidente, nos termos de Wright.

Porém, para além de rótulos, as considerações acima apresentadas permitem que percebamos que, com a perspectiva de Cummins, estamos diante de outro quadro teórico que captura bem o significado de muitas explicações nas ciências biológicas. Por exemplo, as capacidades biologicamente significativas de um organismo são corriqueiramente explicadas por biólogos através da análise do organismo em vários subsistemas (sistema circulatório, respiratório, etc.). Cada um desses sistemas tem suas capacidades características, as quais são, por sua vez, analisadas em capacidades dos órgãos que os compõem. Este procedimento analítico continua até que “as capacidades analisadoras sejam tratáveis pela estratégia da instanciação” (CUMMINS, [1975]1998, p. 188). A estratégia da instanciação começa onde não faz mais sentido aplicar a estratégia analítica. Este é o modo como Cummins propõe que a estratégia analítica e a estratégia da instanciação podem se conectar, integrando-se numa abordagem explanatória unificada.

O modo como o coração funciona ajuda o nosso entendimento do uso da estratégia analítica na biologia. Neste caso, o que desejamos compreender é um processo sistêmico: a circulação sanguínea no organismo como um todo. A função do coração é a sua capacidade de bombear, a qual contribui para a realização desta capacidade sistêmica. Entretanto, se o nosso interesse for compreender a própria capacidade do coração de bombear o sangue, deveremos recorrer às capacidades das partes do coração (e.g. contrair-se ritmicamente) que contribuem para esta capacidade do órgão. Além disso, se continuarmos e desejarmos compreender a capacidade de contração do músculo cardíaco, devemos recorrer às propriedades dos tecidos ou das células do músculo específico.

ATRIBUIÇÕES FUNCIONAIS NOS LIVROS DIDÁTICOS

A legitimidade das explicações teleológicas no ensino de Biologia é uma questão em aberto na comunidade de pesquisadores em educação em ciências que, de acordo com Jungwirth (1975), se opõe às explicações teleológicas por sua estreita relação com as explicações antropomórficas ou intencionais. Essa rejeição está expressa, por exemplo, no manual do professor do currículo BSCS (*Biological Science Curriculum Study*), como Schwab (1963, p. 93) nos aponta: “A primeira de nossas preocupações é a questão atormentadora da ‘teleologia’. Uma inaceitável forma de explicação teleológica é contrastada com a aceitável interpretação ‘funcional’”. Na Biologia, em particular, Mayr (1988) reconhece que, por representar sempre um antropomorfismo questionável, as explicações teleológicas são colocadas sob suspeita. Essa suspeita, de fato, tem uma razão de ser, pois, confundidas com explicações antropomórficas, atribuem intencionalidade, previsão ou planejamento aos processos dirigidos a fins nos organismos vivos. Entretanto, é preciso ter clareza de que existem fenômenos que podem ser descritos como teleológicos, mas que não são fenômenos intencionais. Em decorrência, as explicações desses fenômenos podem ser teleológicas sem que, para isso, devam ser intencionais. Apesar de todo o receio às explicações teleológicas, temos exemplos na biologia de explicações teleológicas que não recorrem a fins conscientes, mas sim aos conceitos de “objetivo” e “função”. As explicações funcionais estão entre essas explicações que, caracteristicamente, são reconhecidas pela ocorrência de expressões como, por exemplo, “a função de”, “o papel de”, “serve como”, “serve para”, “com o objetivo de”, “com propósito de”.

Entre os dezoito livros didáticos de biologia que foram submetidos pelas editoras ao Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM/2007), selecionamos dois que foram aprovados nesse programa: o volume único da obra de Linhares e Gewandsznajder (2005) e o segundo volume de Frota-Pessoa (2005). Através de uma leitura cuidadosa de todos os capítulos que compõem as unidades desses dois livros, identificamos e quantificamos as atribuições funcionais pela ocorrência de alguma das expressões que listamos acima. Os nossos achados sobre os usos do conceito de função em Linhares e

Gewandsznajder (2005) e Frota-Pessoa (2005) estão sumariados nas tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Atribuições Funcionais em Linhares & Gewandsznajder (2005)

Unidades		Número de ocorrências e atribuições funcionais	Exemplos
I	<i>Uma visão geral da Biologia</i>	2	“Na maioria das células, há grupos de células para executar determinada <i>função</i> ; são os tecidos” (p. 11).
II	<i>Citologia</i>	59	“Os cílios e os flagelos <i>servem para</i> a locomoção ou para facilitar a captura de alimento, entre outras <i>funções</i> ” (p. 51).
III	<i>Histologia animal</i>	20	“O epitélio do intestino delgado é constituído por uma camada de células cilíndricas, com a <i>função</i> de absorver alimento” (p. 113).
IV	<i>A diversidade da vida</i>	26	“A principal característica desses seres [os ciclióforos] são os cílios <i>para</i> locomoção e captura de alimento” (p. 161).
V	<i>Anatomia e fisiologia comparada dos animais</i>	46	“O fígado não atua apenas na digestão. Ele é um dos órgãos mais importantes e versáteis, um complexo laboratório químico que realiza diversas <i>funções vitais ao organismo</i> ” (p. 249).
VI	<i>Morfologia e Fisiologia vegetal</i>	19	“A folha é um órgão laminar, clorofilado, especializado na realização da fotossíntese” (p. 336).
VII	<i>Genética</i>	3	“A gata malhada é heterozigota e tem regiões em que o X com o gene para preto é funcional misturadas com regiões em que é funcional o X com gene para amarelo” (p. 407).
VIII	<i>Evolução</i>	9	“[...] apesar de terem funções diferentes, esses órgãos [braço humano, nadadeira da baleia, asa do morcego] apresentam o mesmo ‘padrão de construção’” (p. 428).
IX	<i>Ecologia</i>	13	“A energia solar desempenha um <i>papel</i> importante no ciclo da água” (p. 465).

Tabela 2. Atribuições funcionais em Frota-Pessoa (2005)

Unidades		Número de ocorrências e atribuições funcionais	Exemplos
I	<i>O homem e os micróbios</i>	7	“Há subtipos de linfócitos, que exercem <i>funções</i> diferentes, mas complementares” (p. 54).
II	<i>A química da vida</i>	12	“Como a enzima desempenha essa <i>função</i> ? [acelerar reações]” (p. 89).
III	<i>A célula</i>	32	“Complexo de Golgi: processa, armazena e separa proteínas” (p. 108).
IV	<i>Tecidos e órgãos</i>	49	“Tecidos diferentes congregam-se, formando órgãos, que desempenham um conjunto de <i>funções</i> relacionadas” (p. 138).

V	<i>Nutrição</i>	36	“O fígado, além de várias <i>funções</i> não-digestivas, produz a bile e a armazena na vesícula biliar” (p. 169).
VI	<i>Metabolismo</i>	5	“A fotossíntese armazena a energia da luz nas moléculas das substâncias orgânicas e a respiração celular utiliza essa energia <i>para</i> atender às necessidades energéticas do organismo” (p. 212).
VII	<i>Os hormônios</i>	26	“Hormônio folículo-estimulante (FSH): estimula a produção dos óvulos e espermatozóides” (p. 237).
VIII	<i>O sistema nervoso</i>	15	“O SNC coordena minuciosamente nossas <i>funções</i> orgânicas e as relações que mantemos com o ambiente” (p. 259).

Ao compararmos o número de ocorrências de atribuições funcionais nesses livros, o primeiro resultado relevante é que elas tipicamente predominam nos conteúdos que são estudados no campo da biologia funcional. Nas unidades dedicadas ao estudo dos aspectos estruturais e funcionais de moléculas e células (Citologia), tecidos fundamentais (Histologia) e órgãos (Fisiologia), ambos os autores recorrem explicitamente a uma linguagem funcional por diversas vezes. Entretanto, tais explicações funcionais parecem distantes de qualquer das perspectivas filosóficas discutidas neste artigo e, de fato, muitas delas mostram-se equivocadas.

No capítulo 10 da unidade IV, que trata dos tecidos animais, Frota-Pessoa explica que o sangue é um tecido conjuntivo e que “a função das hemácias é transportar oxigênio, além de parte do dióxido de carbono, em quantidade maior do que faria igual volume de plasma” (FROTA-PESSOA, 2005, p. 142). Ao atribuir às hemácias a função de transportar dióxido de carbono (CO₂), o autor nos indica que não tem na devida conta a distinção entre função e acidente construída no contexto da abordagem histórica de Wright. A função das hemácias é, de uma perspectiva etiológica, oferecer energia a partir das reações de oxidação, sendo um mero acidente, uma casualidade, carrear outro gás. Ainda como parte do estudo sobre o sangue humano, Frota-Pessoa está interessado em explicar a composição do sangue e afirma:

No plasma, formado por mais de 90% de água, existem inúmeras substâncias dissolvidas, tais como íons e proteínas, que contribuem para manter o pH neutro do sangue humano (7,4) e para regular as trocas osmóticas de suas células (FROTA-PESSOA, 2005, p. 141).

Entendemos que essa explicação funcional pode ser vista de uma perspectiva sistêmica, como aquela de Cummins, desde que nosso objetivo não seja o de explicar a composição sanguínea (como Frota-Pessoa pretende), mas sim a capacidade desse tecido em manter o pH neutro pela função dos seus componentes (e.g. água, íons, proteínas, etc.). Na obra de Linhares e Gewandsznajder (2005) encontramos também muitas explicações funcionais que poderiam ser situadas dentro do referencial teórico da abordagem sistêmica. No capítulo 35 da unidade VI sobre morfologia e fisiologia vegetal, Linhares e Gewandsznajder (2005) buscam descrever a morfologia externa dos diferentes tipos de folhas, mas antes explicam este órgão vegetal:

A folha é um órgão laminar, clorofilado, especializado na realização da fotossíntese. A superfície laminar contribui muito para a fotossíntese, pois além de facilitar a absorção de gás carbônico, permite que grande número de cloroplastos fique exposto à luz (LINHARES & GEWANDSZNAJDER, 2005, p. 336).

Nessa explicação, também entendemos que é preciso mudar o objetivo explanatório para sustentá-la de uma perspectiva sistêmica, i.e., o propósito aqui deveria ser o de explicar a capacidade da folha em realizar fotossíntese.

CONCLUSÃO

Neste trabalho nos debruçamos sobre as atribuições funcionais em livros didáticos de biologia do ensino médio. A partir da análise de dois livros didáticos aprovados no PNLEM, constatamos que é muito freqüente o apelo a função, visando uma explicação. No entanto, apesar da grande recorrência a função, os livros não possuem um embasamento epistemológico consistente para tais usos de função. Nossos resultados indicam que os autores dos dois livros didáticos – parcialmente analisados – atribuem função a itens biológicos sem qualquer critério; aparentemente, por simples hábito.

Esta ausência de embasamento pode contribuir para certos equívocos importantes como por exemplo, afirmar que a função das hemácias é transportar o dióxido de carbono, como observamos na citação de Frota-Pessoa (2005) acima. O equívoco em questão surge exatamente por que o autor não adota uma distinção que foi crucial no debate filosófico sobre as funções, a distinção entre função e acidente, construída no âmbito da abordagem etiológica de Wright. Levar em conta esta distinção significa não transmitir aos estudantes uma visão equivocada sobre os processos biológicos. Cabe assinalar ainda que a distinção entre função e acidente, na filosofia da biologia, realizada por Wright, corresponde a distinções similares na biologia, como por exemplo, aquelas entre efeitos ou benefícios fortuitos e adaptações genuínas, na obra seminal de G.C. Williams ([1966]1996), e entre exaptação e adaptação, feita por Gould & Vrba ([1982]1998)⁵. Assim, é importante que, de alguma maneira, ela esteja presente no conhecimento escolar.

Por sua vez o quadro teórico proposto por Cummins captura bem os usos de função nos conteúdos de biologia funcional dos LDs. No entanto, tudo o que o livro oferece são exemplos de atribuições funcionais a órgãos, estruturas, comportamentos, particulares. Ou seja, ele não oferece aos estudantes uma ferramenta geral que lhes permita enxergar as relações de funcionalidade entre partes e todos em outros casos biológicos que não sejam aqueles expostos explicitamente. Desse modo, para superar este problema seria necessário realizar uma recontextualização didática do quadro teórico geral de Cummins, para os livros de biologia do ensino médio.

Em termos gerais, levar em consideração os avanços epistemológicos do debate sobre as atribuições e explicações funcionais em biologia, tem contribuições importantes a dar para um tratamento consistente dos usos de função nos livros didáticos de biologia do ensino médio. Os dois modos de explicar funcionalmente na biologia (sintetizados pela abordagem etiológica de Wright e a abordagem sistêmica de Cummins) oferecem portanto bases epistemológicas consistentes para os usos de função nos LDs e contribuem diretamente para a o ensino de biologia.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, C.; BEKOFF, M.; LAUDER, G. (Org.). **Nature's Purposes**: analyses of function and design in Biology. Cambridge, MA: MIT Press, 1998.
- AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R. **Biologia**. São Paulo: Scipione, 2005.
- ARIEW, A.; CUMMINS, R.; ROBERT, P.; PERLMAN, M. **Functions**: new essays in Philosophy of Psychology and Biology. Oxford: Oxford University Press, 2002.

⁵ A obra de Williams ([1966]1996) foi inclusive, uma das inspirações para Gould & Vrba ([1982]1998) proporem um novo termo para a biologia evolutiva, 'exaptação'. Mais à frente, abordaremos a análise de Gould & Vrba. Ver também Godfrey-Smith (1993, p. 198).

- CANFIELD, J. Teleological Explanations in Biology. **The British Journal for the Philosophy of Science**, v. 14, n. 56, p. 285-295, 1964.
- CAPONI, G. Biología Funcional vs. Biología Evolutiva. **Episteme**, n. 12, p. 23-46, 2001.
- CAPONI, G. Explicación seleccional e explicación funcional: la teleología en la biología contemporánea. **Episteme**, n. 14, p. 57-88, 2002.
- CUMMINS, R. Functional Analysis. In: ALLEN, C.; BEKOFF, M.; LAUDER, G. (Org.). **Nature's Purposes: analyses of function and design in Biology**. Cambridge, MA: MIT Press, [1975]1998. p. 169-196.
- CUMMINS, R. Neo-teleology. In: ARIEW, A.; CUMMINS, R.; ROBERT, P.; PERLMAN, M. (Ed.). **Functions: new essays in philosophy of psychology and biology**. Oxford: Oxford University Press, 2002. p. 157-172.
- FROTA-PESSOA, O. **Biologia**. São Paulo: Scipione, 2005. 1 v.
- GODFREY-SMITH, P. Functions: consensus without unity. **Pacific Philosophical Quarterly**, v. 74, p. 196-208, 1993.
- GODFREY-SMITH, P. A Modern History Theory of Functions. In: ALLEN, C.; BEKOFF, M.; LAUDER, G. (Org.). **Nature's Purposes: analyses of function and design in Biology**. Cambridge, MA: MIT Press, [1994]1998. p. 453-477.
- GOULD, S.J.; V'RBA, E. Exaptation: a missing term in the science of form. In: ALLEN, C.; BEKOFF, M.; LAUDER, G. (Org.). **Nature's Purposes: analyses of function and design in Biology**. Cambridge, MA: MIT Press, [1982]1998. p. 519-540.
- HEMPEL, C.; OPPENHEIM, P. Studies in the Logic of Explanation. **Philosophy of Science**, v. 15, n. 2, p. 135-175, abr. 1948.
- HULL, D. Recent Philosophy of Biology: a review. **Acta Biotheoretica**, v. 50, n. 2, p. 117-128, jun. 2002.
- JACOB, F. **A Lógica da Vida: uma história da hereditariedade**. Tradução Ângela Loureiro de Souza. Rio de Janeiro: Graal, [1970]1983.
- JUNGWIRTH, E. Caveat mentor: let the teacher beware! **Research in Science Education**, v. 5, p. 153-160, 1975.
- LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. **Biologia**. São Paulo: Ática, 2005.
- MAYR, E. **Toward a New Philosophy of Biology: observations of an evolutionist**. Cambridge-MA: Harvard University Press, 1988.
- MAYR, E. **Biologia: ciência única**. Tradução Marcelo Leite, São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- MILLIKAN, R. Defense of Proper Functions. In: ALLEN, C.; BEKOFF, M.; LAUDER, G. (Org.). **Nature's Purposes: analyses of function and design in Biology**. Cambridge, MA: MIT Press, [1989]1998. p. 293-312
- NEANDER, K. Function as Selected Effects: the conceptual analyst's defense. In: ALLEN, C.; BEKOFF, M.; LAUDER, G. (Org.). **Nature's Purposes: analyses of function and design in Biology**. Cambridge, MA: MIT Press, [1991]1998. p. 313-333.
- PAULINO, W.R. **Biologia**. São Paulo: Ática, 2005.
- PERLMAN, M. The Modern Philosophical Resurrection of Teleology. **The Monist**, v. 87, n. 1, p. 3-51, 2004.
- SILVA-JÚNIOR, C.; SASSON, S. **Biologia**. São Paulo: Saraiva, 2005.
- SCHWAB, J. J. (Ed.) **Biology teacher's handbook**. New York: John Wiley & Sons, 1963.
- WILLIAMS, G.C. **Adaptation and Natural Selection**. Princeton, NJ: Princeton University Press, [1966]1996.
- WRIGHT, L. Functions. In: ALLEN, C.; BEKOFF, M.; LAUDER, G. (orgs). **Nature's Purposes: analyses of function and design in Biology**. Cambridge, MA: MIT Press, [1973]1998. p. 51-78.