

Uma análise dos conceitos evolutivos inseridos em narrativas teleológicas elaboradas por alunos de Ciências Biológicas: contribuições epistemológicas e didáticas para o ensino de evolução

An analysis of evolutionary concepts contained in teleological narratives produced by students of biological sciences: epistemological and didactic contributions to the teaching of evolution

Beatriz Ceschim¹, Thais Benetti de Oliveira¹, Ana Maria de Andrade Caldeira¹

¹UNESP - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - Bauru - SP
beatrizceschim@fc.unesp.br

Resumo

A teleologia é amplamente utilizada em explicações biológicas referentes a fisiologia e etologia. Em contextos evolutivos o caráter teleológico também é encontrado, porém, muitas vezes aparece em discursos com erros epistêmicos por atribuírem direção e intencionalidade a fenômenos biológicos sujeitos somente ao acaso (como as mutações genéticas). No presente trabalho, discutiremos quais abordagens teleológicas inseridas em explicações evolutivas podem ser consideradas equivocadas. Por meio da discussão de dados obtidos por um questionário aplicado em um curso de Ciências Biológicas de uma Universidade Estadual, serão expostos alguns apontamentos didáticos iniciais para subsidiar o discurso e o trabalho de professores que ministram aulas de evolução no Ensino Médio e no Ensino Superior.

Palavras chave: adaptação, ensino de evolução, teleologia.

Abstract

The teleology is widely used in biological explanations concerning the physiology and ethology. In evolutionary contexts teleological character is present, but often appears in discourses with epistemic mistakes for putting direction and intentionality to biological phenomena subject to chance alone (such as gene mutations). In this paper, we discuss which teleological approaches inserted in evolutionary explanations can be considered erroneous. Through data obtained by mailing a questionnaire administered in a course of Biological Sciences of the State University, will be exposed some initial teaching directions to subsidize the speech of teachers who teach evolution classes in high school and in higher education.

Key words: adaptation, teaching of evolution, teleology.

Introdução

A teleologia é uma ferramenta explicativa que dispõe de finalidades ou propósitos para justificar os fenômenos naturais. Explicar elementos biológicos em termos teleológicos consiste na afirmação de que um item - seja morfológico, funcional ou comportamental - tem direcionamento para um fim. Como consideram Nunes-Neto e El-Hani (2009), discursar em termos teleológicos é afirmar que um evento ocorre para certo objetivo, ou uma finalidade.

Segundo Carmo, Nunes-Neto e El-Hani (2006), o discurso baseado em noções teleológicas para explicar processos e sistemas vivos sempre recorreu a termos que aludem ao conceito de função e objetivo. Antes das perspectivas selecionistas de Darwin, tais discursos foram constituídos por pressupostos vitalistas ou teológicas. Após a consolidação da teoria darwiniana e o substancial abandono de abordagens vitalistas e teológicas no meio científico, as expressões teleológicas passaram a ser balizadas em narrativas selecionistas.

Há discussões na literatura acerca do possível potencial heurístico e pedagógico do uso da linguagem teleológica no que se refere ao conteúdo de evolução. Os debates atuais propiciam uma reflexão sobre o conteúdo apresentado nas afirmações teleológicas e sobre como a linguagem dos conceitos biológicos é organizada nessas afirmações.

Neste trabalho serão apresentadas algumas breves citações sobre como alguns autores interpretam o emprego da teleologia em explicações biológicas. Em seguida, será exposta a distinção entre causas próximas e causas últimas (proposta por Ernst Mayr) para que seja possível a discussão sobre como a teleologia inserida no contexto de explicações funcionais está atrelada às explicações evolutivas. A partir de dados obtidos por meio da aplicação de um questionário foram encontradas abordagens teleológicas equivocadas no discurso evolutivo de alunos do Ensino Superior. Esses exemplos serão discutidos e classificados de acordo com categorias aqui elaboradas e também a partir da classificação de Cummins sobre neoteleologia forte e fraca. Por fim, com base nos equívocos decorrentes do mau emprego da teleologia no ensino, alguns apontamentos didáticos iniciais serão sugeridos.

A teleologia é muito utilizada para explicar processos fisiológicos e comportamentais. Porém, para explicar a evolução, o emprego de argumentos teleológicos deve ser criterioso ou mesmo evitado para que não decorra em equívocos conceituais. A princípio, mais importante do que posicionar-se a favor ou contra o discurso teleológico, é preciso elucidar a constituição e a organização epistemológica dos conceitos biológicos existentes nesse discurso.

O caráter teleológico em abordagens biológicas e a distinção das causas próximas e causas remotas

A utilização de atribuições funcionais por simples hábito pode resultar em visões equivocadas sobre os processos biológicos para os estudantes (NUNES-NETO; EL-HANI, 2009). Segundo Ferreira (2005), concepções demasiadamente simplificadas de conteúdos científicos contribuem para o apoio popular à posição criacionista. A seleção natural é um exemplo de conceito científico passível de simplificações, principalmente quando há teleologia utilizada em discursos equivocados, o que pode comprometer o aprendizado tanto de estudantes de Ensino Básico quando de estudantes de Ensino Superior.

Sepúlveda, Nunes-Neto e El-Hani (2011) apontam que ao incluir teleologia em certas proposições biológicas há risco de equívocos referentes à antropomorfização do pensamento, uma vez que podem ser atribuídas, muitas vezes, qualidades humanas como intencionalidade e planejamento às estruturas orgânicas. No entanto, segundo Nunes-Neto e El-Hani (2006), nem toda explicação teleológica é intencional, ou seja, há fenômenos passíveis de discussão teleológica, desde que não haja alusão a finalidades conscientes.

Explicações em biologia são classificadas, segundo Mayr (1997), em causas próximas e causas últimas. Causas próximas são referentes a conceitos funcionais e são empregadas para

explicar processos biológicos como a digestão enzimática no estômago. Já as causas últimas tratam dos porquês evolutivos, como por exemplo, a origem do sistema digestório.

No nível de causas próximas, processos dirigidos para finalidades específicas (como migrar para determinado local ou realizar trocas gasosas) constituem uma característica vital dos seres vivos. É ainda característica dos seres vivos a realização de processos dirigidos que, em conjunto, somam funções que culminam em um objetivo final.

Funções dirigidas a objetivos no espaço temporal ontogenético, ou seja, no nível das causas próximas são necessárias e inerentes aos seres vivos. Os objetivos podem ser, por exemplo, uma função fisiológica ou o alcance de uma nova posição geográfica. Segundo Neto e El-Hani (2006) os programas que direcionam a fisiologia e o comportamento são constantemente ajustados pelo valor seletivo do objetivo alcançado. Nessa última afirmação, percebemos o quanto a seleção natural pode mediar explicações sobre funções, ou seja, as causas últimas dão sentido às causas próximas.

Vela ressaltar que algumas formulações teleológicas “podem ser consideradas apropriadas, ou mesmo inerentes à forma darwinista de investigar a estrutura orgânica a partir do conceito de adaptação” (SEPULVEDA; NUNES-NETO; EL-HANI, 2011, p.05). Tais formulações são referentes aos enunciados nos quais há afirmações sobre um padrão de comportamento ou um processo fisiológico ser mais adequado que outro em uma determinada pressão evolutiva.

Questionário sobre fenômenos evolutivos: uma Análise de Conteúdo

A partir da discussão apresentada sobre o uso da linguagem teleológica no contexto explicativo de fenômenos biológicos, e com o objetivo de fornecer contribuições epistêmicas e didáticas para o ensino de evolução, alguns dados serão apresentados. A análise desses dados pode propiciar o entendimento acerca da composição de explicações que alunos de um curso de Ciências Biológicas elaboram sobre fenômenos evolutivos.

Em 2014, em uma pesquisa de Iniciação Científica (número do processo - 120041/2013-8), um questionário foi aplicado, no qual foram propostas situações sobre fenômenos biológicos - alguns reais, outros hipotéticos - para que os alunos explicassem. Duas turmas participaram da aplicação das questões em uma Universidade Estadual, cujos respondentes eram alunos de Ciências Biológicas que já haviam cursado a disciplina de evolução.

Na tabela abaixo, são discriminadas as categorias elaboradas a partir da análise das respostas obtidas. Foram consideradas nesse recorte somente as respostas que possuíam caráter teleológico para subsidiar explicações de fenômenos evolutivos. A categorização foi realizada segundo a proposição de Análise de Conteúdo de Bardin (2011).

Categorias	Conteúdo da Categoria
1. Atribuição da explicação sobre a permanência de traços biológicos exclusivamente à seleção natural	Caracteres biológicos são tratados como adaptações, ou seja, são apontados como resultado de uma história de seleção natural. São desconsiderados mecanismos evolutivos diferentes da seleção natural, como deriva genética e mecanismos regulatórios (evo-devo).
2. Abordagem da economia da natureza	Em contextos seletivos, a economia da natureza é apontada como causa do processo evolutivo de reaproveitamento de sequências gênicas ao longo de gerações.
3. Teleologia do surgimento de variações	Explicações de processos seletivos atribuem direção e intencionalidade a origem de variações (mutações ou alterações do processo regulatório ontogenético).

Tabela 1. Conteúdo das categorias estabelecidas a partir da análise das explicações obtidas por meio do questionário aplicado em turmas de graduação de Ciências Biológicas.

As categorias da tabela acima serão explicadas a seguir e, alguns exemplos retirados das respostas dos questionários serão mencionados para mediar a discussão sobre os tipos de equívocos observados no discurso dos alunos do curso de Ciências Biológicas.

Primeira abordagem teleológica equivocada: atribuição da explicação sobre a permanência de traços biológicos exclusivamente à seleção natural (categoria 1)

Há mecanismos evolutivos capazes de reter traços biológicos sem a influência do valor adaptativo desses traços. Os casos de fixação de características por meio da deriva genética e por meio de restrições ontogenéticas exemplificam a retenção de caracteres isenta de relação com o valor adaptativo. Assim, nem sempre um fenótipo é resultado de uma permanência realizada por pressões seletivas devido ao valor adaptativo de um traço em um dado contexto ambiental.

Cummins estabelece uma distinção entre dois tipos de teleologias: neoteleologia forte e neoteleologia fraca para discutir sobre o uso (adequado ou não) da linguagem teleológica nas explicações evolutivas. A neoteleologia de caráter forte caracteriza-se por interpretar qualquer traço biológico com função como um produto de seleção positiva, que se explica porque o traço desempenhava aquela função. Segundo Nunes-Neto e El-Hani (2009), tal perspectiva forte dificilmente é aceitável e, para Cummins, deve ser rejeitada. Ao atribuir à seleção o poder de determinar por que algo existe, a teleologia forte é entendida por selecionismo estrito, ou seja, mecanismos evolutivos diferentes de seleção natural que sejam capazes de dar origem a traços são desconsiderados (CUMMINS, 2002 *apud* NUNES-NETO; EL-HANI, 2009).

A neoteleologia fraca é, segundo Nunes-Neto e El-Hani (2009), uma abordagem possível para o entendimento dos fenômenos biológicos porque considera apenas alguns traços como provenientes da preservação realizada pela seleção natural. Vale ressaltar que em nenhuma dessas classificações para a neoteleologia pode-se explicar a origem de um traço biológico por meio da função, uma vez que a origem precede a função.

No exemplo abaixo um aluno explica um traço biológico (velocidade de ação do veneno de uma serpente) por meio de uma narrativa de seleção natural. Não são apontados outros possíveis mecanismos que teriam originado a variação do traço, como a deriva genética. Assim, a afirmação poderia ser classificada como neoteleológica forte.

A4 “Porque a população com veneno lento não era rápida o suficiente para matar, sendo superada então, por uma serpente que tivesse uma modificação genética que garantia a predação mais eficiente. Esta, por sua vez, alcançando sucesso conseguiu se estabelecer no ambiente e gerar descendentes com essas características”.

Segunda abordagem teleológica equivocada: a abordagem da economia da natureza (categoria 2)

No questionário aplicado em turmas de Ciências Biológicas havia uma pergunta referente ao processo de reaproveitamento de sequências gênicas em linhagens evolutivas, um conteúdo basal da teoria da evo-devo, que trata da reutilização dos genes *hox* em diferentes grupos animais. Muitos respondentes explicaram esse reaproveitamento de sequências gênicas apropriando-se de assertivas teleológicas.

Alguns alunos abordaram a questão da economia da energia da natureza para explicar o reaproveitamento de sequências gênicas. No entanto, trata-se de uma explicação equivocada. A questão proposta faz referência a mutações e processos regulatórios que podem ser transmitidas por meio da herança genética. Sendo assim, a economia da natureza poderia estar inserida sem equívocos conceituais somente se fosse parte de uma narrativa de seleção natural. Por exemplo, um animal estenofágico (que consome pouca diversidade de alimento) cuja busca de um alimento pouco calórico se estende a localizações muito distantes, não terá uma reposição energética equivalente à energia gasta na busca. Um animal que fosse capaz de consumir alimentos locais (por ser eurifágico), ainda que fossem alimentos pouco calóricos, teria gastos energéticos baixos na busca, e a reposição da energia perdida seria de uma pequena quantia. Em um ambiente onde não há disponibilidade de alimento específico para aquele animal estenofágico, haveria maior possibilidade de sobrevivência para o animal eurifágico. Essa situação inclui uma pressão seletiva que aparentemente favoreceria o animal eurifágico, e que insere a questão da economia de energia dentro do espaço temporal do tempo de vida de um organismo. Porém, nas respostas obtidas no questionário citado, além do caráter teleológico equivocado (por atribuir características de seres vivos somente à seleção natural), a economia de energia foi tratada por alguns alunos em outro contexto, que ultrapassa o espaço de tempo ontogenético para o espaço temporal de várias gerações.

A15: “Talvez o reaproveitamento de estruturas implique em um gasto menor de energia, preservando o organismo”.

A18: “Esse reaproveitamento garante funções diferentes para possível adaptação ao meio que pode ou não ser benéfica, entretanto há uma diminuição energética quando aproveitam algum material previamente elaborado”.

Para tratar de questões de economia de energia no contexto evolutivo é preciso que se elabore uma explanação baseada na seleção natural que inclua a ideia de como a economia de energia pode favorecer ou prejudicar a sobrevivência e reprodução de um organismo dentro de seu período de vida, ou seja, dentro do intervalo de tempo ontogenético, que não extrapole para o intervalo de tempo filogenético (que inclui mais de uma geração). O reaproveitamento - que fora proposto na pergunta do questionário - ocorre por meio da herança de sequências gênicas ao longo de gerações, sendo assim, a questão da economia de energia não pode estar inserida para explicar tal fenômeno evolutivo.

Terceira abordagem teleológica equivocada: a teleologia do surgimento de variações (categoria 3)

Quando professores constroem discursos na sala de aula cujo conteúdo se refere à seleção natural, é preciso que se tenha a preocupação de não incluir uma relação de causa-efeito que trate estruturas e funções observadas em organismos como consequências de uma pressão seletiva. Esse cuidado é imprescindível visto que estruturas e funções são originadas a partir de processos mutacionais.

Estruturações frasais teleológicas mal formuladas podem remeter a modelos criacionistas ou transformacionais da evolução (referentes nesse caso especificamente a herança de caracteres adquiridos). Processos genéticos e epigenéticos capazes de dar origem a inovações evolutivas, não são direcionados, ou seja, ocorrem ao acaso e, portanto, não devem ser mencionados de forma teleológica.

No trecho a seguir (referente à questão sobre reaproveitamento de sequências gênicas) é possível inferir que o aluno concebe as mutações evolutivas como passíveis de direcionamento, uma vez que afirma que características indispensáveis à sobrevivência não sofrerão modificações para assim garantir o sucesso da espécie.

A13: “O reaproveitamento é a utilização de características ancestrais pelos descendentes que ainda garantem o sucesso da espécie ou são indispensáveis à sobrevivência sem sofrer modificações”.

O aluno A13 explica que o reaproveitamento pode ser direcionado para garantir a sobrevivência e o sucesso da espécie, ou seja, está afirmando que a herança de sequências gênicas pode ser direcionada para favorecimento dos descendentes. Não é possível classificar a ideia da resposta dada em neoteologia forte, nem em neoteologia fraca, uma vez que em ambas as propostas das classificações de neoteologia é inaceitável a atribuição de finalidade para o surgimento de variações.

A correção que o professor deve fazer quando um aluno emprega a linguagem teleológica no contexto de adaptações de forma errônea é fundamental para evitar que os conteúdos sejam ensinados a partir equívocos epistêmicos relativos à natureza explicativa da evolução biológica.

A partir de uma análise de interações discursivas no ensino de evolução em uma sala de último ano do Ensino Médio realizada por Sepulveda, Nunes-Neto e El-Hani (2011), foram obtidos alguns discursos de alunos com caráter teleológico como o que segue: “com o passar do tempo/ essa bactéria se evolui/ e ela cria uma defesa contra aquele antibiótico. Em todo caso/ essa variação/ ela sofreu variação e uma evolução para conseguir sobreviver aquele antibiótico.” (SEPULVEDA; NUNES-NETO; EL-HANI, 2011, p.10). É possível inferir que o aluno atribui ao processo de surgimento de variação uma teleologia equivocada, que pode ser associada ao processo de herança dos caracteres adquiridos.

Quando há teleologia equivocada no discurso dos alunos e não há uma devida correção ou comparação com a forma explicativa coerente, o aluno pode ficar restrito a raciocínios transformacionais e não seletivos. Assim, os discursos permanecem focados na produção de modificações para atender às necessidades de um organismo.

Em outra pergunta do questionário aplicado para alunos da graduação de Ciências Biológicas, foi proposta uma situação para os alunos interpretarem na qual as jararacas-ilhoa com veneno de ação rápida se tornaram predominantes em uma ilha onde há muitas aves, mas não há registro de mamíferos (sobre a jararaca ver mais em Bovo, 2009). Se o veneno da jararaca-ilhoa tivesse ação lenta, a ave poderia voar para longe da serpente, que perderia o alimento no qual inoculou o veneno.

Sugerimos que na ilha em questão havia no passado jararacas ancestrais com veneno de ação lenta, mas atualmente predominam na ilha jararacas com veneno de ação rápida. Os alunos poderiam interpretar a situação hipotética apresentada de forma a incluir uma narrativa cujo pano de fundo fosse a seleção natural, e acrescentar o surgimento (acidental) de uma mutação que conferiu maior velocidade ao veneno.

A2: “A população de serpentes que possuíam o veneno de ação lenta tinham menos vantagem competitiva. Quando a variabilidade genética produz ao acaso o mutante com o veneno mais forte, os exemplares com veneno mais fraco são selecionados negativamente. A população com veneno mais forte tem vantagem sobre a população de veneno mais lento”.

Na resposta do aluno A2, a pressão seletiva causada pela necessidade de alimento foi inserida em uma abordagem com um caráter teleológico aceitável, pois foi empregada no nível populacional, e não no nível individual (que exigiria uma abordagem transformacional por herança de caracteres adquiridos). O aluno não se comprometeu afirmando que a variante com veneno de ação rápida teve esse traço originado a partir da necessidade de matar as aves rapidamente para ter alimento. O aluno A2 cita especificamente que a mutação que proporcionou a maior velocidade do veneno surgiu aleatoriamente.

Em outras respostas, no entanto, foi possível constatar teleologias equivocadas, as quais possuíam a associação da necessidade de ter um veneno de ação rápida como causa de as serpentes terem adquirido tal característica. Pode-se perceber que alunos que explicam fenômenos evolutivos com caráter teleológico equivocado incluem termos e expressões que aludem ao processo de herança de caracteres adquiridos.

A6: “Devido à ausência de animais terrestres, essas serpentes *precisavam se adaptar* para sobreviver por isso *começaram a subir* em árvores para caçar pássaros, mas por seu veneno ser de ação lenta, elas *tiveram que adaptar* seu veneno para ter uma ação rápida.” (grifo nosso).

A13: “Isso decorreu devido ao processo evolutivo, onde a jararaca *desenvolveu* o mecanismo de captura da presa.” (grifo nosso).

Apontamentos didáticos iniciais sobre abordagens teleológicas no ensino de evolução

De acordo com os dados analisados, podemos prospectar algumas considerações didáticas sobre como a estrutura frasal e o vocabulário biológico podem subsidiar a articulação correta entre os conceitos empregados em explicações sobre evolução.

Primeiramente, afirmamos que há uma palavra-chave cujo emprego alude diretamente a uma teleologia equivocada dentro do contexto evolutivo, e por isso deve ser evitada no discurso do professor e corrigida no discurso dos alunos: a preposição “para”. O aluno A14, por exemplo, não afirmou explicitamente que a variação de veneno de ação rápida surgiu com a finalidade de proporcionar às serpentes a capacidade de matar rapidamente a presa, mas ao dizer “essas serpentes devem ter se adaptado para matar mais rápido as aves”, implicitamente há afirmação de que a adaptação atende a pressão seletiva.

No seguinte trecho a preposição “para” também exerce a mesma função do exemplo anterior: “Tomemos o exemplo das penas, que surgiram nos dinossauros, antes do aparecimento das aves. De acordo com os modelos atualmente mais aceitos, elas foram inicialmente selecionadas para a função de isolamento térmico em dinossauros ancestrais das aves, que não eram capazes de voar.” (NUNES-NETO; EL-HANI, 2009, p.37).

Para evitar o emprego da preposição “para” que se refere necessariamente a uma finalidade, e que assim pode direcionar a um pensamento equivocado sobre processos seletivos e principalmente, sobre a origem aleatória das mutações, sugerimos o uso da preposição “por” que necessariamente suscita uma reestruturação de frase.

Construção frasal original	Construção frasal modificada
Emprego da preposição “para”	Emprego da preposição “por”
Frase 1: “[...] ao longo do tempo essas serpentes devem ter se adaptado <i>para</i> matar mais rápido as aves, uma vez que elas deixam fugir com mais facilidade quando o veneno age lentamente [...]”.	[...] ao longo do tempo essas serpentes se adaptaram <i>por</i> matarem aves mais rapidamente, uma vez que elas deixam fugir com mais facilidade quando o veneno age lentamente [...].
Frase 2: “Tomemos o exemplo das penas [...]. De acordo com os modelos atualmente mais aceitos, elas foram inicialmente selecionadas <i>para</i> a função de isolamento térmico em dinossauros [...]”.	Tomemos o exemplo das penas [...]. De acordo com os modelos atualmente mais aceitos, elas foram inicialmente selecionadas <i>por</i> possuírem a função de isolamento térmico em dinossauros [...].

Tabela 3. Comparação de estruturas discursivas sobre narrativas seletivas

Na tabela acima, as duas últimas frases citadas são modificadas para exemplificar a proposta sobre a substituição da preposição “para” pela preposição “por” em frases de narrativas evolutivas.

Considerações Finais

A origem de uma estrutura, uma função ou um comportamento não tem relação com a finalidade, portanto, no discurso dos professores é preciso que sejam evitadas ou eliminadas as expressões que proporcionam uma interpretação de teleologia equivocada sobre a origem das variações evolutivas.

A teleologia erroneamente atribuída à origem de variações mutacionais ou regulatórias quando é explícita ou implicitamente inserida no discurso sobre adaptações, retira a isenção de intencionalidade do pensamento evolutivo e, portanto, não é legítima para explicar a evolução. A abordagem que atribui intenção na origem de variações se insere em perspectivas transformacionais, ou seja, se localizam no nível individual de desenvolvimento de características para que se torne possível alcançar um determinado objetivo determinado pelas necessidades do indivíduo.

De acordo com a discussão realizada, os professores de evolução tanto no nível médio quando no nível superior devem se comprometer com a cautela de um discurso evolutivo no qual não haja teleologia na abordagem sobre a origem das variações.

Referências

- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**, São Paulo, Edições 70, 2011.
- BOVO, R. P. **Ecologia Termal Da Jararaca-Ilhoa *Bothrops Insularis* (Serpentes, Viperidae): Um Estudo em Condições Naturais**, 2009, 129 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, São Paulo, 2009
- CARMO, R. S. do; NUNES-NETO, N. F., EL-HANI, C. N. É legítimo explicar em termos teleológicos na biologia? **Revista da Biologia**. v.9, n.2, 2006, p.28-34
- CARMO, R. S. do; NUNES-NETO, N. F., EL-HANI, C. N. Explicações Funcionais em Livros Didáticos de Biologia no Ensino Médio. In: VII Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Florianópolis, 2009.
- FERREIRA, M. A. Sir Karl Popper e o darwinismo. **Scientiae Studia**. v.3, n.1, 2005, p. 313-322.
- MAYR, E. **Isto é biologia: a ciência do mundo vivo**. Companhia das Letras, 1997.
- NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. Gaia, Teleologia E Função. **Episteme**. v.11, n. 23, 2006, p.15-48.
- NUNES-NETO, N. F.; EL-HANI, C. N. O que é função? Debates na filosofia da biologia contemporânea. **Scientiae Studia**, v.7, n.3, 2009, p. 353-401
- SEPULVEDA, C.; NUNES-NETO, N.F.; EL-HANI, C. N. O valor heurístico e pedagógico da linguagem teleológica no ensino de evolução, In: Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Campinas, 2011.