

Filosofia e História da Biologia

Volume 12, número 1

Jan.-Jul. 2017

Associação Brasileira de Filosofia e
História da Biologia – ABFHiB
<http://www.abfhib.org>

DIRETORIA DA ABFHiB (GESTÃO 2015-2017)

Presidente: Aldo Mellender de Araújo (UFRGS)

Vice-Presidente: Charbel N. El-Hani (UFBA)

Secretário: Ana Paula Oliveira Pereira de Moraes Brito

Tesoureira: Maria Elice Brzezinski Prestes (USP)

Conselheiros: Anna Carolina Krebs P. Regner (ILEA-UFRGS)

Lilian Al-Chueyr Pereira Martins (FFCLRP-USP)

Nelio Marco Vincenzo Bizzo (USP)

Ricardo Francisco Waizbort (Instituto Oswaldo Cruz)

A Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia (ABFHiB) foi fundada no dia 17 de agosto de 2006, durante o *IV Encontro de Filosofia e História da Biologia*, realizado na Universidade Presbiteriana Mackenzie, em São Paulo, SP. O objetivo da ABFHiB é promover e divulgar estudos sobre a filosofia e a história da biologia, bem como de suas interfaces epistêmicas, estabelecendo cooperação e comunicação entre todos os pesquisadores que a integram.

Filosofia e História da Biologia

Editores: Lilian Al-Chueyr Pereira Martins (FFCLRP-USP)

Maria Elice Brzezinski Prestes (USP)

Editor associado: Roberto de Andrade Martins (UEPB)

Editor assistente: Eduardo Pessonia Molina Cortez

Conselho editorial: Aldo Mellender de Araújo (UFRGS), Ana Maria de Andrade Caldeira (UNESP), Anna Carolina Regner (ILEA-UFRGS), Charbel Niño El-Hani (UFBA), Douglas Allchin (UM-EUA), Gustavo Caponi (UFSC), Marisa Russo (UNIFESP), Marsha L. Richmond (WSU-EUA), Maurício de Carvalho Ramos (USP), Nadir Ferrari (UFSC), Nelio Bizzo (USP), Pablo Lorenzano (UBA, Argentina), Palmira Fontes da Costa (UNL, Portugal), Ricardo Waizbort (Instituto Oswaldo Cruz), Sander Gliboff (IU-EUA), Susana Gisela Lamas (UNLP, Argentina)

ISSN 1983-053X

Filosofia e História da Biologia

Volume 12, número 1

Jan.-Jul. 2017



**Filosofia e História
da Biologia**

V. 12, n. 1, jan.-jul. 2017

homepage /
e-mail da revista:

www.abfhib.org/FHB/index.html
fil-hist-biol@abfhib.org

ABFHiB

Associação Brasileira de Filosofia e
História da Biologia

Caixa Postal 11.461
05422-970 São Paulo, SP
www.abfhib.org
admin@abfhib.org

Copyright © 2017 ABFHiB

Nenhuma parte desta revista pode ser utilizada ou reproduzida, em qualquer meio ou forma, seja digital, fotocópia, gravação, etc., nem apropriada ou estocada em banco de dados, sem a autorização da ABFHiB.

Publicada com apoio da
Fundação de Amparo à Pesquisa do
Estado de São Paulo (FAPESP)

Direitos exclusivos desta edição:
Booklink Publicações Ltda.
Caixa Postal 33014
22440-970 Rio de Janeiro, RJ
Fone 21 2265 0748
www.booklink.com.br
booklink@booklink.com.br

Filosofia e História da Biologia. Vol. 12, número 1 (jan.-jul. 2017). São Paulo, SP: ABFHiB, São Paulo, SP: FAPESP, Rio de Janeiro, RJ: Booklink, 2017.

Semestral
xi, 227 p.; 21 cm.
ISSN 1983-053X

1. Biologia – história. 2. História da biologia. 3. Biologia – filosofia. 4. Filosofia da biologia. I. Martins, Lilian Al-Chueyr Pereira. II. Prestes, Maria Elice Brzezinski. III. Martins, Roberto de Andrade. IV. Filosofia e História da Biologia. V. Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia, ABFHiB.

CDD 574.1 / 574.9

Filosofia e História da Biologia é indexada por:

Clase - <http://dgb.unam.mx/index.php/catalogos>

Historical Abstracts - <http://www.ebscohost.com/academic/historical-abstracts>

Isis Current Bibliography - <http://www.ou.edu/cas/hsci/isis/website/index.html>

Latindex-<http://www.latindex.unam.mx/buscar/ficRev.html?opcion=1&folio=20393>

Philosopher's Index - <http://philindex.org/>

Sumário

Lilian Al-Chueyr Pereira Martins, Maria Elice Brzezinski Prestes e Roberto de Andrade Martins	ix
“Apresentação”	
“Presentation”	
Antonio Carlos Sequeira Fernandes, Sandro Marcelo Scheffler, Débora Barroso Monteiro, Vladimir de Araújo Távora e Deusana Maria da Costa Machado	01
“Friedrich Katzer: um personagem controverso na paleontologia da Amazônia”	
“Friedrich Katzer: a controversial researcher in the paleontology of the Brazilian Amazon”	
Antonio Sales, Leda Márcia Araújo Bento, Luciana Paes de Andrade e José Francisco dos Reis Neto	21
“1926: Livro de Registros apresenta o Relatório Anual do Instituto Serumtherapico Butantan”	
“1926: Book of Records presents the Annual Report of the Serumtherapic Butantan Institute”	
Eder Carvalho da Silva, Ricardo Santos do Carmo, Luiz Eduardo de Oliveira Gomes e Francisco Barros	39
“Should we still talk about balance of nature in ecology? Contributions of marine ecology and bioinvasion”	
“Ainda é possível falar em equilíbrio da natureza em ecologia? Contribuições da ecologia marinha e bioinvasão”	

Fernanda Cavalcanti Vitor e Ana Paula Bispo da Silva	65
“Uma barreira de arenito de Pernambuco descrita por Charles Darwin”	
“A sandstone barrier of Pernambuco described by Charles Darwin”	
Gustavo Caponi	81
“Tipos de teorías de la evolución y tipos de intervenciones eugénicas”	
“Types of evolutionary theories and types of eugenic intervention”	
Ivana Brito e Hamilton Haddad	99
“A formulação do conceito de homeostase por Walter Cannon”	
“The formulation of the concept of homeostasis by Walter Cannon”	
Jonathan Henriques do Amaral e Leonardo Augusto Luvison Araújo	115
“As fronteiras entre natureza e cultura: discussões a partir de críticas internas da biologia e das interlocuções entre neurociências e educação”	
“The boundaries between nature and nurture: discussions from internal criticisms of biology and the interlocutions between neurosciences and education”	
Julio Torres Meléndez	135
“Explicación darwiniana y causalidad”	
“Darwinian explanation and causality”	

Máida Ariane de Mélo	151
“A distinção entre a ecologia de populações e ecologia evolutiva e a dicotomia próximo-remoto”	
“The distinction between population ecology and evolutionary ecology and the proximate-ultimate polarity”	
Martin Orensanz e Guillermo Denegri	175
“Explicación y predicción de la presencia de cestodes adultos en el cerdo (<i>Sus scrofa domesticus</i>) a partir de un programa de investigación científica en parasitología”	
“Explanation and prediction of the presence of adult cestodes in pigs (<i>Sus scrofa domesticus</i>) based on a scientific research program in parasitology”	
Rafael Nogueira Furtado	189
“Clonar, testar e substituir: efeitos das tecnologias genéticas sobre a identidade pessoal”	
“Cloning, testing and replacing: effects of genetic technologies on personal identity”	
Rodrigo Romão de Carvalho	211
“A preservação da substancialidade orgânica em Aristóteles”	
“The Preservation of Organic Substantiality in Aristotle”	

Apresentação

Dando prosseguimento à série de volumes intitulada *Filosofia e História da Biologia*, o volume 12, número 1, contém 12 artigos, nos idiomas português, espanhol e inglês. Eles foram submetidos, em fluxo contínuo, para publicação e selecionados após passarem por arbitragem anônima de pelo menos dois pareceristas.

Iniciando com as contribuições referentes à Filosofia da Biologia, em seu artigo Gustavo Caponi aplica a distinção entre explicações de E. Sober à análise de diferentes intervenções eugênicas. Julian Torres Meléndez trata do conceito de casualidade na explicação darwiniana. Máida Ariane de Mélo discute sobre as causas próximas e remotas na ecologia. Martin Orensanz e Guillermo Denegri analisam um programa de pesquisa em parasitologia. Rafael Nogueira Furtado aborda questões de bioética relacionadas a três técnicas empregadas na genética. Rodrigo Romão de Carvalho discute sobre os processos de geração em Aristóteles e sua relação com a alma nutritiva.

Passando aos trabalhos de História da Biologia, Antonio Carlos Sequeira Fernandes, Sandro Marcelo Scheffler, Vladimir de Araújo Távora e Deosana Maria da Costa Machado tratam da História da Paleontologia na Amazônia, mais especificamente das contribuições de Friedrich Katzer. O artigo de Antonio Sales, Leda Márcia Araújo Bento, Luciana Paes de Andrade e José Francisco dos Reis Neto se refere à História das instituições tendo como objeto de estudo o Instituto Butantan. Eder Carvalho da Silva, Ricardo Santos do Carmo, Luiz Eduardo de Oliveira Gomes e Francisco Barros discorrem sobre a noção de “equilíbrio da natureza” na ecologia. Fernanda Cavalcanti Vitor e Ana Paula Bispo apresentam uma tradução comentada de uma publicação de Charles Darwin sobre aspectos geológicos dos recifes de coral em Pernambuco. Em seu trabalho sobre História da Fisiologia Ivana Brito e Hamilton Haddad, discutem acerca das contribuições de Walter B. Cannon sobre a homeostase.

O artigo de Jonathan Henriques do Amaral e Leonardo Augusto Luvison Araújo contempla a interface entre biologia, neurociência e educação.

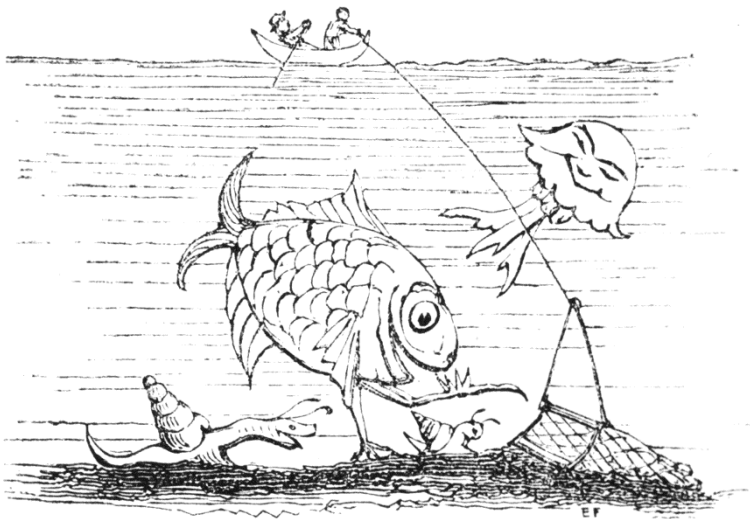
Gostaríamos de agradecer a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente, incluindo autores de artigos e árbitros, para a elaboração deste volume e para a concretização dos objetivos da Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia.

Os Editores

Lilian Al-Chueyr Pereira Martins

Maria Elice Brzezinski Prestes

Roberto de Andrade Martins



A capa deste fascículo de *Filosofia e História da Biologia* representa o trabalho de Edward Forbes (1815-1854), coletando espécimes do leito oceânico. Imagem retirada de *The Natural History of the European Sea*, de Edward Forbes e Robert Godwin-Austen. Londres: John Van Voorst, 1859.

Friedrich Katzer: um personagem controverso na paleontologia da Amazônia

Antonio Carlos Sequeira Fernandes *

Sandro Marcelo Scheffler #

Débora Barroso Monteiro §

Vladimir de Araújo Távora ^δ

Deusana Maria da Costa Machado [∞]

Resumo: Nascido em Rokycany, uma pequena cidade na região da Boêmia na atual República Checa, Bedrich Katzer (1861-1925), mais conhecido no Brasil pelo seu nome em alemão, Friedrich, foi um geólogo de grande expressão no estudo da geologia de seu país e da Bósnia e Herzegovina. No interstício de seus estudos geológicos nesses países, Katzer trabalhou por cerca de dois anos, entre 1896 e 1898, no Museu Paraense, em Belém, atual Museu Paraense Emílio Goeldi, organizando a seção de geologia e atuando em pesquisas geológicas na Amazônia. Importante no cenário geológico e paleontológico da Amazônia brasileira, suas atividades de pesquisa e docência na Europa e suas relações com a sociedade científica checa são pouco conhecidas do meio acadêmico brasileiro. Seus desentendimentos com os cientistas checos e problemas pessoais levaram a sua vinda para o

* Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Quinta da Boa Vista s/n, CEP 20940-040, Rio de Janeiro, RJ e Academia das Ciências de Lisboa. E-mail: fernande@acd.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Quinta da Boa Vista s/n, CEP 20940-040, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: schefflersm@gmail.com

§ Estudante de mestrado no Curso de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Quinta da Boa Vista s/n, CEP 20940-040, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: deborabarrosomonteiro@gmail.com

^δ Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Rua Augusto Corrêa, 1, CEP 66075-110, Belém, PA. E-mail: vtavora@ufpa.br

[∞] Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biociências, Av. Pasteur, 458, CEP 22290-040, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: deusana@gmail.com

Museu Paraense onde atuou com grande dedicação, desligando-se ao final de pouco mais de dois anos como consequência de fatores adversos à continuação de sua estadia na capital paraense. A análise inédita de documentos primários permitiu novas considerações sobre sua contratação e saída do Museu Paraense, elucidando pontos obscuros relacionados ao seu retorno à Europa.

Palavras-chave: Katzer, Friedrich; Museu Paraense Emilio Goeldi; Amazônia

Friedrich Katzer: a controversial researcher in the paleontology of Brazilian Amazon

Abstract: Bedrich Katzer (1861-1925), known in Brazil by his German name, Friedrich, was born in Rokycany, a small city in the Bohemia region where is the actual Czech Republic. As a geologist, he is recognized by important studies realized in the geology of his country and in Bosnia Herzegovina. Around the period of two years, between 1896 and 1898, Katzer worked in the Museu Paraense, located at the North area of Brazil that now is known as Museu Paraense Emilio Goeldi, where he organized the geological section and did geological researches in the Amazon region. Although Katzer has been well known in Brazil by his work in the geology and paleontology of the Amazonian region, little information is known by the Brazilian scientific society about his previous activities in the geological research and teaching in Europe, and his relationship with the Czech scientific society. Problems with the Czech scientists and personal deceptions stimulated him to accept the job in Museu Paraense, where he worked with dedication, leaving it due to adverse conditions to continue to work in Belém. New analyses of unpublished documents provide new reflections about his museum contract, and explain critical points about his return to Europe.

Key-words: Katzer, Friedrich; Museu Paraense Emilio Goeldi; Amazon

1 INTRODUÇÃO

Nascido na região da Boêmia na atual República Checa, “Bedrich” Katzer, mais conhecido no Brasil pelo seu nome em alemão, Friedrich, foi um geólogo de grande expressão no estudo da geologia de seu país e da Bósnia e Herzegovina. No interstício de seus estudos geológicos nos dois países citados, Katzer trabalhou por pouco mais de dois anos no Museu Paraense, atuando na organização de sua seção de geologia e em pesquisas geológicas na Amazônia, cuja importância ficou retratada principalmente com a publicação, em

1903, de sua obra *Grundzüge der Geologie des unteren Amazonasgebietes (des Staates Pará in Brasilien)* em Leipzig, posteriormente traduzida e publicada em 1933 com o título “Geologia do Estado do Pará” (Katzner, 1903, 1933).

Apesar da importância de Katzner no conhecimento do cenário geológico e paleontológico da Amazônia brasileira, sua biografia e atuação nas pesquisas geológicas da Boêmia são praticamente desconhecidas no meio acadêmico brasileiro. A análise de documentos biográficos e obituários checos como os de Wraný (1896), Matousek (1925), Slavík (1925), Purkyne (1925) e Kettner (1929; 1961), que comentaram aspectos da trajetória de vida pessoal e profissional de Katzner, revelou informações significativas para que se possa ter um melhor entendimento de sua vinda para o Brasil e contratação para o Museu Paraense, instituição onde se dedicou profundamente ao estudo dos terrenos paleozoicos amazônicos. Da mesma forma, a análise de documentos primários não publicados presentes na biblioteca do Museu Paraense e no Arquivo Público do Estado do Pará possibilitou um novo entendimento dos fatores que levaram Katzner a deixar definitivamente o museu, trazendo novas considerações sobre sua saída da instituição e retorno à Europa.

2 FORMAÇÃO E ATIVIDADE DOCENTE NA EUROPA

Friedrich (“Bedrich”, em checo) Katzner nasceu em 5 de junho de 1861 na pequena cidade de Rokycany, hoje situada na República Checa e próxima à cidade de Plzen, Pilsen em alemão, no oeste da Boêmia, tendo iniciado seus estudos numa *realschule* na pequena cidade de Kutná Hora, situada no leste da mesma região. De nacionalidade alemã, seu pai trabalhou na cidade vizinha, Osek, e coletava fósseis na região próxima a Rokycany, enviando-os a Joachim Barrande (1799-1883), geólogo e paleontólogo francês que estudava os terrenos paleozoicos da Boêmia e seus fósseis, incluindo trilobitas. Como reconhecimento à sua contribuição, Barrande o homenageou com a designação de um trilobita, *Iliaenus katzneri* [atual *Ectillaenus katzneri katzneri*], uma das espécies mais características de rochas ordovicianas da Boêmia Central (Budil, Fatka & Bruthansová, 2003).

Após sua formação inicial, Katzner estudou na Universidade de Praga, atual Universidade Carolina de Praga, e na *Technische Hochschule*,

não mais existente, entre 1880 e 1883, onde atuou como assistente inicialmente de Otomar Pravoslav Novák (1851-1892) e, depois, de Otakar Feistmantel (1848-1891), até 1888. Essas participações como professor assistente foram significativas para sua carreira face à importância dos professores citados. Otomar Novák era um talentoso paleontólogo checo e único discípulo direto de Joachim Barrande, atuando como curador de sua gigantesca coleção, e continuado seus estudos sobre trilobitas sobre os quais publicou vários artigos; entretanto, sua atividade científica foi curta, falecendo aos 41 anos de idade em função de uma longa doença (Bruthansová *et al.*, 2007). Otakar Feismantel foi um conhecido geólogo e paleontólogo checo que chegou a organizar uma grande coleção de plantas fósseis. Após permanecer alguns anos na Índia onde pesquisou sobre carvão e publicou uma obra sobre a flora do sistema gondwânico indiano, Feismantel retornou a Praga onde ocupou o cargo de docente na *Technische Hochschule*. Os acontecimentos ocorridos após o afastamento por morte desses professores dessa instituição tiveram grande influência sobre Katzer, como será comentado adiante.

Durante o tempo que permaneceu na *Technische Hochschule*, Katzer reavivou a associação que precedeu a moderna Sociedade Geológica Checa, denominada em 1884 como *Geological Society*, onde Katzer ocupou o cargo de secretário, fundando e editando o jornal *Newsletter of the Geological Society of Prague* que, entretanto, só publicou um único volume. Este foi o período de maior produtividade de Katzer, escrevendo artigos para jornais populares e vários outros, curtos, com pesquisa relacionada com os calcários das cercanias de Praga, além de um significativo artigo sobre a geologia do entorno de Ricany, pequena cidade situada a sul-sudeste de Praga (Kettner, 1961).

Katzer levantou uma forte reação contra ele na sociedade científica checa quando publicou sua obra em 1888, na qual propôs uma nova subdivisão e nomenclatura para a sucessão geológica do Paleozoico Inferior anteriormente descrita por Joachim Barrande (Kettner, 1961). Katzer teria se baseado em informações e dados de outros geólogos checos sem, entretanto, os mencionar, como se o artigo tivesse sido escrito somente com base em suas próprias observações e considerações; como resultado, Katzer teve que deixar o cargo que ocupava na *Technische Hochschule*.

Nesse ano, Katzer chefiou uma estação de testes para materiais de construção em Wrschowitz, nome antigo de uma vila situada próximo a Praga, sendo hoje um bairro da cidade (comunicação pessoal de Radek Mikuláš em 28/06/2014); em 1890, Katzer obteve o grau de Ph.D. na Universidade de Giessen, Alemanha, tornando-se posteriormente assistente de mineralogia e geologia na Universidade de Leoben, Áustria, em 1892. Entre sua saída da *Technische Hochschule* e sua entrada na Universidade de Leoben, Katzer manteve-se pesquisador ativo publicando um artigo em Viena onde descreveu sedimentos clásticos correspondentes a um cascalho formado por um tipo de granada procedente da Boêmia Central. Este artigo gerou atritos e controvérsias com Jaroslav Jiljí Jahn (1865-1934), importante geólogo checo do *Czech Technical College of Brno*, atual Universidade de Tecnologia de Brno, conhecido por vários trabalhos sobre geologia e paleontologia da Boêmia. De acordo com Kettner (1961), as diferenças entre Katzer e Jaroslav Jahn continuaram nos anos seguintes, com acusações constrangedoras a Katzer que havia iniciado sua obra sobre a geologia da Boêmia. Após a publicação, Katzer foi acusado, principalmente por Jaroslav Jahn, de ter se valido de um manuscrito sobre a geologia da Boêmia escrito pelo geólogo checo Jan Krejčí (1825-1887) nos últimos anos de sua vida e que se encontrava desaparecido após sua morte. Entretanto, a acusação não se justificava, já que o texto de Katzer e o de Jan Krejčí, publicado anteriormente, mostravam diferenças significativas em muitos dos conceitos geológicos assinalados. Nesta fase turbulenta, Katzer seguiu para Leoben (atualmente na Áustria), em 1892, onde se tornou assistente do Prof. Hans Höfer von Heimhalt (1843-1924), geólogo de minas austríaco, na *Montanistischen Hochschule* (atual *Montanuniversität Leoben*), onde permaneceu até 1895 com uma profícua produção científica sobre a geologia e a paleontologia da Boêmia.

Durante sua permanência em Leoben, Katzer teve conflitos pessoais motivados por não ter sido aproveitado para os cargos disponibilizados na *Technische Hochschule* de Praga após a morte dos professores Otakar Feistmantel e Otomar Novák (Kettner, 1961), sendo possivelmente este um dos motivos que o levou a deixar

Loeben e aceitar o cargo que lhe foi oferecido no Museu Paraense de Ethnografia e História Natural.

3 FRIEDRICH KATZER E O MUSEU PARAENSE

Apesar de ter sido “contratado” em 1895 pelo então diretor do Museu Paraense, Emilio Augusto Goeldi (1859-1917), e citado como chefe da Seção Mineralógica e Geológica do museu já no relatório do Diretor referente a esse ano (Goeldi, 1896, p. 11), por motivo de “moléstia grave em pessoa de sua família e circunstâncias de força maior” (Goeldi, 1896, p. 13), Katzer somente assumiu o cargo em 22 de fevereiro de 1896 (Goeldi, 1898, p. 270). Katzer chegou a Belém “a bordo do vapor Madeirense, via Pernambuco” e “apresentou-se logo em (*sic*) Palácio a s. exca. o Sr. Governador do Estado, que mostrou-se satisfeito com a chegada d’este novo especialista” (Jornal Folha do Norte, Belém, Ano I, número 54, p. 1, de 23/02/1896). O contrato, celebrado entre o Governo do Estado do Pará, representado por seu secretário Manoel Baena, e o “cidadão austríaco o Señr. (*sic*) Doutor Friederich (*sic*) Katzer” considerou o dia 2 de janeiro de 1896, dia em que Katzer partiu de “Graz, Áustria”, como a data de seu início, com a validade de três anos e possibilidade de renovação de acordo com o interesse de ambos (Documento MPEG, Arquivo Guilherme de La Penha, de 12/03/1896). Pelo contrato, Katzer assumia a chefia da seção de geologia, paleontologia e mineralogia do museu, prestando também, na “qualidade de perito do governo”, serviços de geologia e montanhísticos de interesse do governo, com um salário inicial de setecentos mil réis com possível reajuste a partir do segundo ano. O governo do Pará cobriu suas despesas de viagem que, para ele e sua esposa, ficaram em um conto e oitocentos mil réis, além de creditar um conto de réis por livros e dois contos e quinhentos mil réis por instrumentos e estabelecer um salário anual de sete contos e duzentos mil réis (Documento do MPEG do diretor Emilio Goeldi, Arquivo Guilherme de La Penha, s/d, possivelmente de 1896). Os instrumentos científicos trazidos por Katzer da Europa vieram a equipar a seção de geologia, sendo esta considerada a seção do museu melhor equipada com instrumentos (Goeldi, 1898). Assinado o contrato em 12 de março de 1896, Katzer permaneceu no Museu Paraense até 1898 organizando coleções

mineralógicas e geológicas, quando retornou à Europa e assumiu um cargo na administração de mineração em Sarajevo, na atual Bósnia e Herzegovina.

A atuação de Katzer no Museu Paraense começou quando o governador Lauro Nina Sodré e Silva (1858-1944), ao remodelar o museu, dotou-o de uma seção de geologia cuja chefia foi entregue a Katzer (Goeldi, 1896, p. 1). Não há dúvida de que, a partir deste momento, Katzer deu início à “nova fase de estudos na Amazônia, interrompidos com a extinção da Comissão Geológica do Império” (Oliveira & Leonardos, 1943, p. 23). Cientista bem conceituado no Museu Paraense, Katzer chegou a substituir o diretor Emílio Goeldi na direção científica do museu quando este se afastou da instituição para atividades de campo (Jornal Folha do Norte, Belém, Ano II, número 533, p. 2, de 17/06/1897). Muito atuante, Katzer produziu importantes contribuições sobre a geologia e a paleontologia da Amazônia, redigidas originalmente em alemão (Katzer, 1896a, 1897a, 1903) e traduzidas para o português com publicação no Boletim do Museu Paraense, com exceção da última citação, publicada posteriormente em 1933 (Katzer, 1896b, 1897b, 1933).

4 KATZER E A PALEONTOLOGIA DA AMAZÔNIA

Logo após a chegada de Katzer a Belém e de sua “posse” na chefia da seção geológica, o Museu Paraense recebeu uma coleção de amostras de rochas e fósseis que Katzer passou a estudar, identificando representantes de variados grupos de paleoinvertebrados. As amostras foram doadas ao museu em março de 1896 por João Coelho (?-?), vice-presidente da Câmara de Deputados do estado do Pará (Katzer, 1897b, pp. 205-206), produto de uma coleta em expedição realizada pelo próprio João Coelho à região do rio Maecurú, em 1895 (Katzer, 1896b, p. 437), e também pelo major Lourenço Valente do Couto à região de Monte Alegre, sendo composta “de minerais e fósseis do rio Maecurú, serra [de] Ererê, rio Tapajós e outras regiões” (Katzer, 1897b, p. 206). A coleção, composta por 23 caixões, destinava-se a fazer parte de uma exposição interestadual a ser realizada em 1895, mas adiada com a proposta de abertura para 17 de agosto de 1897 (Órgão Oficial dos Poderes do Estado de Minas Geraes, Ano IV, número 324, p. 5, de 03/12/1895); entretanto, sua

comissão diretora foi extinta em 26 de maio de 1896 (idem, Ano V, número 144, p. 4, de 29/05/1896) e, com a liquidação da exposição, a coleção foi encaminhada para o museu.

Katzer identificou entre os fósseis presentes nas amostras espécies de braquiópodes e trilobitas já conhecidas, citadas ou descritas por Orville Adelbert Derby (1851-1915), Richard Rathbun (1852-1918) e John Mason Clarke (1857-1925) (Derby, 1877; Rathbun, 1878; Clarke, 1896), para as rochas do rio Maecurú. Katzer descreveu também novas espécies de invertebrados das camadas devonianas e carboníferas da Amazônia cujos nomes específicos foram designados com base nas suas características morfológicas ou localidades geográficas de ocorrência, como também em homenagem a pessoas de sua relação e políticos, como os governadores do Pará José Paes de Carvalho e Lauro Sodré (*Chaetetes carvalhoanus* e *Spirifer lauro-sodreanus*), o vice-presidente da Câmara de Deputados João Coelho (*Aviculopecten coelhoanus*), o subdiretor do Museu Paraense Raimundo da Silva Porto (*Stropheodonta portoana*), o auxiliar de Zoologia Hermann Meerwarth (*Platyceras meerwarthi*), o major Lourenço Valente do Couto (*Platyceras contoanus*), o professor em Loeben Hans Hoefer (*Strophomena hoeferi*), o paleontólogo norte-americano John M. Clarke (*Spirifer clarkei*) e Franz Poech, chefe do Serviço de Terras da Bósnia e Herzegovina e Conselheiro da Administração de Minas (*Orthotichia poechi*). Emílio Goeldi, diretor do Museu Paraense e responsável por sua contratação, também foi homenageado com a designação de um trilobita das camadas devonianas, *Phacops goeldii*.

Apesar de muito conhecido por seu trabalho sobre os fósseis e a geologia do Devoniano da Amazônia, Katzer nunca visitou os afloramentos de rochas dessa idade, identificando no Museu Paraense os fósseis doados por João Coelho. Suas informações sobre as camadas devonianas publicadas em sua obra sobre a geologia do Pará (Katzer, 1903; 1933) basearam-se nas observações de Derby (*vide* Moura, 1938, pp. 42-43) publicadas nos Archivos do Museu Nacional (Derby, 1877), publicação que o Museu Paraense recebia regularmente, e do Boletim do Museu Paraense (Derby, 1897). Katzer, entretanto, visitou outras localidades e regiões da Amazônia procedendo a observações geológicas e coletas de rochas e fósseis,

como a excursão feita ao rio Tapajós e à região de Monte Alegre (Goeldi, 1902a; Katzer, 1902), para a qual recebeu cinco contos de réis para a realização (Documento MPEG, Arquivo Guilherme de La Penha, ofício 2.263 do Governo do Estado do Pará de 21/08/1897).

O acervo reunido por Katzer durante suas atividades no Museu Paraense teve pelo menos dois destinos: a permanência de exemplares no museu em Belém e a remessa dos exemplares-tipos devonianos para os Estados Unidos; material adicional também foi levado por Katzer para a Bósnia encontrando-se em Sarajevo.

No primeiro caso, com exceção dos fósseis-tipo, grande parte dos demais fósseis permaneceu no Museu Paraense Emilio Goeldi. Atualmente, segundo levantamento feito por Maria Inês Feijó Ramos no livro de tombo do museu, constam 97 registros de fósseis como originalmente coletados por Katzer, sendo 16 procedentes da formação devoniana Ererê e 81 da Formação Itaituba, de idade carbonífera. Inúmeros outros fósseis dessas idades, incluindo da Formação Maecurú, encontram-se registrados na coleção do museu, mas sem atribuição a Katzer (*vide* Ramos *et al.*, 2009).

Quanto aos fósseis-tipos publicados por Katzer (1897a, 1897b, 1903, 1933), estes foram enviados ao *New York State Museum* em Albany, estando os fósseis devonianos do rio Maecurú relacionados no catálogo de fósseis-tipo do museu norte-americano, com exceção de um tipo de briozoário (Kilfoyle, 1954). Os motivos pelo qual Katzer teria enviado os fósseis ao museu norte-americano estão pouco documentados. Interessado na fauna devoniana brasileira, John M. Clarke, em nota introdutória datada de abril de 1910 publicada em seu estudo sobre os fósseis devonianos do Paraná, comentou seu “desejo de ver os originais das descrições de Katzer”, o que lhe foi “facultado pela amabilidade do Dr. Katzer [...] e do Dr. J. Huber, Diretor do Museu Goeldi, em Belém do Pará” (Clarke, 1913, pp. 3-4). Os fósseis então lhe foram enviados com os tipos de Maecurú ulteriormente incorporados à coleção do museu norte-americano, alguns registrados como doação de Katzer (Clarke, 1909, p. 461; Kilfoyle, 1954, p. 59); desconhece-se, entretanto, a data da remessa já que os contatos tentados pelos autores com os curadores do museu norte-americano não tiveram retorno. Os fósseis-tipos carboníferos do rio Tapajós não se encontram registrados nos

suplementos do catálogo de fósseis-tipos do *New York State Museum* e nem nos registros do Museu Paraense Emílio Goeldi estando, ao que tudo indica, extraviados ou depositados sem a indicação de seu status. O motivo pelo qual os fósseis foram assinalados como doados é, portanto, desconhecido. O certo é que Clarke os recebeu e, como Katzer encontrava-se em Sarajevo e Huber não cobrou a devolução dos fósseis ao Museu Paraense, eles permaneceram definitivamente no museu norte-americano.

Outra possibilidade é a de que os fósseis-tipo carboníferos tenham ficado com Katzer em Sarajevo. Uma correspondência presente no Museu Paraense oriunda de Sarajevo e assinada por “Raimund Bratkos” (?-?) lista 54 espécies de fósseis coletados por Katzer no rio Tapajós, num total de 182 exemplares (Documento MPEG, Arquivo Guilherme de La Penha, datada de 10/01/1902). O documento, entretanto, não esclarece se a referida listagem estava acompanhada dos fósseis quando chegou ao Museu Paraense ou se os fósseis permaneceram na Bósnia.

5 O RETORNO À EUROPA

Em 1898, Katzer retornou à Europa. Em carta enviada ao diretor do Museu Paraense pela 1ª Diretoria do Palácio do Governo do Estado do Pará em 24 de maio de 1898, Katzer obteve permissão para viajar “em comissão à Europa, a fim de tratar de assuntos atinentes a trabalhos de sua seção e do Museu, sem prejuízo de seus honorários durante os três meses de que precisa para o desempenho de sua comissão” (Documento MPEG, Arquivo Guilherme de La Penha, de 24/05/1898). Os motivos de Katzer para a viagem foram encaminhados seis dias antes em uma petição do diretor do Museu Paraense ao governador do estado, que lhe atendeu com pronta rapidez:

Belém, 18 de maio de 1898. / Exmo. Sr. Dr. Governador do Estado.
/ Remeto-vos a petição do Dr. Frederico Katzer, chefe da seção geológica deste Museu, pedindo três meses de licença para ir em comissão à Europa, e nada tenho a opor à pretensão do suppa (*sic*). / Saúde e fraternidade. / O Diretor. / Emílio Goeldi. (Documento MPEG, Arquivo Guilherme de La Penha, ofício 410 do Diretor do Museu Paraense ao Governador do Estado do Pará)

Acredita-se que, em seguida, Katzer, sem data conhecida, tenha embarcado para a Europa, aonde chegou em julho de 1898 (Crispino, Bastos & Toledo, 2006) após dois anos e meio de permanência no Museu Paraense na chefia da seção de geologia (Cunha, Toledo & Maurity, 1990). Contratado pelo prazo de três anos a partir de 2 de janeiro de 1896, Katzer só teria seu contrato finalizado em janeiro de 1899. Curiosamente, o contrato fixava normas de indenização a Katzer em caso de não cumprimento por parte do Governo do Estado:

Na eventualidade do Governo Estadual rescindir o presente contrato, antes de completar-se o triênio aqui estipulado e por motivos e razões não criadas pelo Sr. Dr. Friederick (*sic*) Katzer, o Governo Estadual se obriga a pagar a este a soma correspondente ao total dos vencimentos mensais do restante do ano e outrossim, a título de indenização para a sua volta a Áustria, a importância de 2 (dois) contos de réis, moeda brasileira. [...] A mesma importância, para a viagem de volta, é garantida ao Sr. Dr. Friederick (*sic*) Katzer, caso este venha a adoecer de moléstia que, a juízo de comissão médica nomeada pelo Governo, exija mudança para clima europeu. (Documento MPEG, Arquivo Guilherme de La Penha, de 12/03/1896)

No entanto, não havia no contrato a contrapartida por parte de Katzer em caso de rescisão. Segundo Huber (1902, p. 101), Katzer “chamado a um posto de honra na exploração científica da sua pátria, exonerou-se do seu cargo no Museu”; desconhece-se, entretanto, o documento do pedido de exoneração e a sua data. Como não havia obrigatoriedade de indenização por parte de Katzer, a rescisão do contrato deve ter ocorrido ainda no primeiro semestre de 1898 quando de sua contratação para um novo cargo em Sarajevo, na atual Bósnia e Herzegovina. Nos apontamentos referentes ao ano de 1898, em substituição ao relatório anual do diretor, o cargo da chefia da seção de geologia é citado como “vago” (Huber, 1902, p. 100).

Ao final de dois anos de atividades no Museu Paraense, Katzer já vinha demonstrando seu descontentamento com sua permanência no museu com um salário que vinha gradualmente se deteriorando, como revelou na carta que enviou em final de dezembro de 1897 ao governador do estado:

Pará, 28 de dezembro de 1897 / Ofício n. 4463 / Exmo. Sr. Governador! / No dia 2 de janeiro de 1898, segundo a data estabelecida no art. 5º do meu contrato, acaba o meu segundo ano de serviço e entra em vigor o art. 4º do mesmo contrato assegurando-me aumento de vencimentos, decorrido o segundo ano e a vista de manifestos bons serviços prestados. / Na consciência de ter-me esforçado da melhor maneira por satisfazer as exigências do serviço em todos os sentidos e na consciência que debaixo de circunstâncias não muito favoráveis consegui no curto espaço da minha atividade fazer no Museu Paraense quanto era possível fazer nos sentidos científicos e museológico, venho respeitosamente submeter a Vossa Excelência esta minha petição de aumento dos meus vencimentos. / Na certeza de que Vossa Excelência, que tem sempre se mostrado bem disposto para comigo, resolverá favoravelmente sobre a minha pretensão, abstenho-me de pedir qualquer soma determinada de aumento de vencimentos e peço somente a Vossa Excelência de tomar em consideração que com o custo elevado da vida e o valor baixo do dinheiro, que desde a minha chegada ao Pará diminuiu quase até a metade, a minha posição atual enquanto a vencimentos já agora está menos favorável do que a de professor na Academia de Minas de Leoben (Áustria) que deixei para dedicar os meus serviços ao Museu Paraense. / Saúde e Fraternidade / Pará, 27 de dezembro de 1897 / Dr. Frederico Katzer / Chefe da Seção Geológica do Museu Paraense. (Documento do Arquivo Histórico do Estado do Pará, Documentação avulsa, Fundo: Secretaria do governo, Procedência: Museus, Área: Governo, Série: Ofícios, Período: 1897, 1898, Caixa: 122)

Os motivos verdadeiros de Katzer para seu retorno à Europa são, porém, nebulosos, podendo ser o resultado de outros fatores, além do financeiro. Ao contrário do conteúdo na permissão dada pelo governo do Pará para ir tratar de assuntos do Museu Paraense na Europa, o site bósnio Donja Hercegovina comenta que “devido às condições de vida e higiene, o risco de várias doenças, bem como outros inconvenientes que encontrava diariamente”, Katzer teria voltado à Europa. Estes poderiam ter sido os outros fatores que o levaram em 17 de janeiro de 1898 a enviar um pedido de emprego à Administração de Mineração em Sarajevo (Fondacija Ruder Boskovic, 2004), o que conseguiu e assumiu em 15 de julho do mesmo ano como geólogo na mineração Glavarstvu (Geologija, 2015); em poucos

anos progrediu na carreira, sendo nomeado adjunto em 1901 e, em 1909, conselheiro de minas (Fundacija Ruder Boskovic, 2004; Crispino, Bastos & Toledo, 2006). Sobre as condições de vida e higiene, Katzer realmente já havia passado por problemas de saúde durante sua estadia em Belém; em agosto de 1896, no seu primeiro ano de trabalho no museu, Katzer teve concedida uma permissão de afastamento por três meses para se tratar no Ceará, sem prejuízo de seus vencimentos, conforme rezava seu contrato (Documento MPEG do Governo do Estado do Pará em 22/08/1896), ocasião em que aproveitou para coletar e levar amostras geológicas desse estado para o acervo do museu. Entretanto, não existem outras notícias de que tenha adoecido desde então; no relatório referente ao ano de 1897, por exemplo, o diretor Emílio Goeldi relata que em comunicado sobre sua “viagem ao Amazonas”, certamente a realizada ao rio Tapajós e a Monte Alegre, Katzer comentou que “voltou desta vez sem contratempos relativos à saúde” (Goeldi, 1902a, p. 45).

Com o retorno de Katzer à Europa, a chefia da seção de geologia somente voltou a ser ocupada cerca de um ano e meio depois, em 1899, por Karl von Kraatz-Koschlau (1868-1900), que preencheu “a vaga deixada pelo seu antecessor, o Sr. Dr. Friedrich Katzer, hoje na Bosnia” (Goeldi, 1902b, p.131). Goeldi encontrava-se em 1899 em Berna, Suíça, “quando conhecidos e amigos chamaram-lhe a atenção sobre o Dr. Karl von Kraatz como pessoa idônea para o lugar então vago de chefe da seção geológica e mineralógica do Museu no Pará” (Goeldi, 1902c, p. 247). Satisfeito com as entrevistas feitas com Kraatz e de sua vontade de aceitar o posto no museu, Goeldi alertou-o do “risco pessoal inerente à residência na cidade equatorial da foz do Amazonas” (Goeldi, 1902c, p. 247). Em outubro de 1899, partiram de Gênova, chegando no início de novembro em Belém. Kraatz, porém, não permaneceu muito tempo no cargo vindo a falecer sete meses depois, vítima de febre amarela em 18 de maio de 1900 (Goeldi, 1902c). Para substituí-lo, Goeldi contratou em 1904 o geólogo Max Käch (1875-1904) que, por sua vez, veio a falecer com sete semanas de trabalho também de febre amarela. Depois disso, Goeldi não contratou mais ninguém para o posto (Baião Neto, Mello & Fonseca, 2015; Cunha, Toledo & Maturity, 1990) e “as ciências

geológicas no Museu Paraense praticamente desapareceram até 1955” (Figueirôa, 1997, p. 143).

Após deixar Belém, Katzer seguiu para a Bósnia sendo então nomeado geólogo na Administração do Governo. Apesar do Serviço Geológico do país somente ter sido fundado oficialmente por decreto em 1912, suas atividades teriam se iniciado com a nomeação de Katzer (Soklic, 2005) que, intensamente dedicado ao estudo da geologia do país, é atualmente considerado como o fundador da geologia da Bósnia (Klix, 2008).

Estabelecido em Sarajevo, Katzer organizou a pesquisa geológica no país e foi o responsável pela implantação do departamento de geologia, mineralogia e paleontologia do Museu Nacional da Bósnia e Herzegovina. Estudioso incansável, Katzer publicou inúmeros artigos sobre a geologia da Bósnia e foi durante a sua permanência em Sarajevo que saiu publicado em Leipzig sua obra sobre a geologia do Pará (Katzer, 1903). Segundo Kettner (1961), provavelmente seu último artigo sobre a Bósnia foi publicado em 1924 e, como publicação póstuma, em 1925 (Katzer havia falecido em Sarajevo em 3 de fevereiro desse ano), a primeira parte de sua obra sobre a geologia da Bósnia e Herzegovina. Em 1933, com tradução de Frei Hugo Mense, o Museu Paraense publicava a Geologia do Estado do Pará em seu boletim (Katzer, 1933).

6 CONCLUSÃO

Apesar de sua competência nas pesquisas geológicas da Boêmia, decepções pessoais devido ao seu relacionamento com a sociedade científica geológica checa teriam levado Katzer a aceitar a oferta de Emilio Goeldi para assumir a chefia da seção de geologia do Museu Paraense e desenvolver pesquisas sobre a geologia da Amazônia, o que desempenhou com muita dedicação. Entretanto, diversos fatores o teriam levado a retornar à Europa; entre eles estava sua insatisfação com o salário do museu, corroído pela elevação dos preços já ao final de um ano de contratação, e o fato de sua solicitação de aumento, de acordo com seu contrato, não ter sido atendida pelo governo do estado. Entre outras coisas, as condições sanitárias deficientes de Belém, com vários casos frequentes de febre amarela também teriam influído em sua decisão de retorno à Europa. Ao final de dois anos de

permanência no museu, provavelmente sem o conhecimento de sua direção, em janeiro de 1898, enviou carta à Administração de Mineração em Sarajevo solicitando uma oportunidade de emprego, recebendo resposta positiva. Em maio do mesmo ano, com o apoio de Emilio Goeldi, solicitou licença de três meses para viajar à Europa a trabalho pelo museu, o que lhe foi concedido pelo governador do Pará com despesas pagas, incluindo os salários. Katzer viajou possivelmente ainda em maio à Europa, chegando à Bósnia e Herzegovina ao final de junho ou início de julho, sendo então contratado pela administração de mineração. A quantia recebida do governo paraense certamente o ajudou em sua permanência na Europa enquanto não recebeu seu salário na Bósnia, onde se instalou definitivamente.

Katzer não publicou mais no boletim do Museu Paraense e, quando o trabalho de 1933 foi publicado, não só ele já havia falecido como já teriam se passado 35 anos de sua saída do museu. A contribuição para a geologia do Pará era excelente e importante e não havia motivo para que o museu não a publicasse, afinal Emílio Goeldi nunca levantou uma única suspeita sobre a ética de Katzer, mesmo sabendo que ele havia conseguido um emprego na Bósnia, como consta em um de seus relatórios. Talvez para completar seu rosário de decepções, Katzer não conseguiu se estabelecer novamente em Praga empregando-se em uma de suas universidades, cuja recusa em recebê-lo o levou a vir para o Brasil.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Proc. 300857/2012-8, Bolsa de Produtividade em Pesquisa; Proc. 474952/2013-4, Edital Universal 2013) pelo auxílio financeiro. A Petr Kraft (*Univerzita Karlova v Praze/Charles University*) pelas valiosas informações e artigos checos e a Berislav Krzic pelos links da Bósnia Herzegovina. À bibliotecária Andréa Assis e à arquivista Doralice Romeiro (Museu Paraense Emílio Goeldi) pelo auxílio na pesquisa dos documentos no Arquivo Guilherme de La Penha da biblioteca do Museu Paraense Emílio Goeldi. À Maria Inês Feijó Ramos, pela informação referente aos fósseis da coleção do Museu Paraense Emílio Goeldi. A Agenor Sarraf Pacheco e Sandra Lúcia

Amaral pelo auxílio no acesso à documentação presente no Arquivo Público do Estado do Pará. A Ruy José Válka Alves (Museu Nacional/UFRJ) pelo auxílio na tradução dos textos originais e obtenção de documentos em Praga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAIÃO NETO, Gil; MELLO, Luiz Eduardo Lethier de; FONSECA, Maria Rachel Fróes da. Museu Paraense de História Natural e Etnografia. *In*: M. R. F. FONSECA (Coord.): Dicionário Histórico-Biográfico das Ciências da Saúde no Brasil (1832-1930). Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz. 2015. Disponível em: <<http://www.dichistoriasaude.coc.fiocruz.br>>. Acesso em: 01 junho 2015.
- BRUTHANSOVÁ, Jana; FAKTA, Oldrich; BUDIL, Petr; KRÁL, Jirí. 230 years of trilobite research in the Czech Republic. Pp. 51-79, *in*: MIKULIC, D. G.; LANDING, E.; KLUESSENDORF, J. (eds.). *Fabulous Fossils-300 years of worldwide research on Trilobites. Bulletin of the New York State Museum*, **507**, 2007.
- BUDIL, Petr, FATKA, Oldrich & BRUTHANSOVÁ, Jana. Trilobite fauna of the Sárka Formation at Praha – Cervený vrch Hill (Ordovician, Barradian área, Czech Republic). *Bulletin of Geosciences*, **78** (2): 113-117, 2003.
- CLARKE, John Mason. As trilobitas de grez de Ereré e Maecuru, Estado do Pará, Brasil. *Archivos do Museu Nacional*, **9**: 1-58, 1896.
- _____. Fifth Report of the Director of the Science Division. *New York State Museum Bulletin*, **133**: 1-234, 1909.
- _____. *Fósseis devonianos do Paraná*. Rio de Janeiro: Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, 1913.
- CRISPINO, Luís Carlos Bassalo; BASTOS, Vera Burlamaqui; TOLEDO, Peter Mann de. *Origens do Museu Paraense Emílio Goeldi, Aspectos Históricos e Iconográficos (1860-1921)*. Belém: Ed. Paka-Tatu, 2006.
- CUNHA, Oswaldo Rodrigues da; TOLEDO, Peter Mann de; MAURITY, Clóvis W. História da pesquisa geológica no Museu Paraense Emílio Goeldi. Pp. 115-120, *in*: LOPES, M. M.; FIGUEIRÔA, S. F. M. (orgs.). *O conhecimento geológico na América Latina: questões de História e Teoria*. Trabalhos do I Colóquio

- Brasileiro de História e Teoria do Conhecimento Geológico, Campinas, 1988. Campinas: IG/UNICAMP, 1990.
- DERBY, Orville Adelbert. Contribuições para a geologia do Baixo Amazonas. *Archivos do Museu Nacional*, **2**: 77-104, 1877.
- _____. Reconhecimento do rio Maecurú. *Boletim do Museu Paraense de História Natural e Ethnografia*, **2** (2): 192-204, 1897.
- FIGUEIRÔA, Silvia Fernanda de Mendonça. *As ciências geológicas no Brasil: uma história social e institucional, 1875-1934*. São Paulo: HUCITEC, 1997.
- FONDACIJA RUDER BOSKOVIC. *Friedrich (Bedrich) Katzer – velikan svog i naseg vremena*. 2004. Disponível em: <<http://rb-donjahercego.vina.ba/tekstovi/friedrich-bedrich-katzer-velikan-svog-i-naseg-vremena-840.aspx>>. Acesso em: 01 junho 2015.
- GEOLOGIJA. *Otvorena izložba o “Fridrich-u Katzer-u” osnivaču geologije BiH*. 2015. Disponível em: <http://www.geologija.ba/index.php?option=com_content&view=article&id=71%3Aotvorena-izloba-o-fridrich-u-katzer-u-osnivau-geologije-bih&catid=1%3Alatest-news&directory=1&Itemid=1>. Acesso em: 02 junho 2015.
- GOELDI, Emilio Augusto. Relatório apresentado pelo director do Museu Paraense ao Sr. Dr. Lauro Sodré, Governador do Estado do Pará [Relatório de 1895]. *Boletim do Museu Paraense de Historia Natural e Ethnografia*, **1**, (2): 1-27, 1896.
- _____. Relatório apresentado ao Exmo. Sr. Dr. Lauro Sodré, Governador do Estado do Pará, pelo director do Museu Paraense [Relatório de 1896]. *Boletim do Museu Paraense de Historia Natural e Ethnografia*, **2** (3): 257-287, 1898.
- _____. Relatório apresentado ao Exmo. Sr. Dr. José Paes de Carvalho, Governador do Estado do Pará, pelo director do Museu Paraense [Relatório de 1897]. *Boletim do Museu Paraense de Historia Natural e Ethnografia*, **3** (1): 1-53, 1902 (a).
- _____. Relatório apresentado ao Exmo. Sr. Dr. José Paes de Carvalho, Governador do Estado do Pará, pelo director do Museu Paraense de História Natural e Ethnographia. Anno de 1899. *Boletim do Museu Paraense de Historia Natural e Ethnografia*, **3** (2): 105-134, 1902 (b).

- _____. Dr. Karl von Kraatz-Koschlau - Necrológico. *Boletim do Museu Paraense de Historia Natural e Ethnografia (Museu Goeldi)*, **3**: 245-254, 1902 (c).
- HUBER, Jacob. Apontamentos sobre o movimento do Museu Paraense no ano de 1898. *Boletim do Museu Paraense de Historia Natural e Ethnografia*, **3** (2): 99-104, 1902.
- KATZER, Friedrich. Beitrag sur Kenntniss des alteren Paleozoicums im Amazonasgebiete. K. Böhmischen Gessells, *Wissens., Math.-naturwiss. Classe, Sitzungsberichte*, **24**: 23-35, 1896 (a).
- _____. As camadas fossilíferas mais antigas da região amazônica. *Boletim do Museu Paraense*, **1** (4): 436-438, 1896 (b).
- _____. Das Amazonas-Devon und seine Beziehungen zu den anderen Devongebieten der Erde. K. Böhmischen Gessells. *Wissens., Math.-naturwiss. Classe, Sitzungsberichte*, **2** (XLVI): 1-50, 1897 (a).
- _____. A fauna devônica do rio Maecurú e as suas relações com a fauna dos outros terrenos devônicos do globo. *Boletim do Museu Paraense*, **2**: 204-246, 1897 (b).
- _____. Relatório resumido sobre os resultados geológicos práticos da viagem de exploração ao rio Tapajós e à região de Monte-Alegre, feita por ordem do Exmo. Sr. Governador do Estado Dr. José Paes de Carvalho, de setembro a novembro de 1897. *Boletim do Museu Paraense de Historia Natural e Ethnografia*, **3** (2): 134-165, 1902.
- _____. *Grundzüge der Geologie des unteren Amazonasgebietes (des Staates Pará in Brasilien)*. Leipzig, 1903.
- _____. Geologia do Estado do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi de História Natural e Ethnographia*, **9**: 1-269, 1933.
- KEITNER, Radim. Ve sborníku. *Vývoj české přírodovědy*, Praha, p. 148-149, 1929.
- _____. Bedrich Katzer. *Casopis pro mineralogii a geologii*, **6** (1): 121-123, 1961.
- KILFOYLE, Clinton F. Catalog of Type Specimens of Fossils in the New York State Museum. Supplement 4. *New York State Bulletin*, **348**: 1-719, 1954.
- KLIX. "Friedrich Katzer - utemeljitelj geologije u BiH" naziv je tematske izložbe koja je u prisustvu mnogih posjetilaca otvorena danas u Odjelenju prirodnih nauka Zemaljskog muzeja BiH. 2008. Disponível em: <<http://www.klix.ba/vijesti/kultura/otvorena-izlozba>>

- posvecena-utemeljitelju-geologije-u-bih/081205082>. Acesso em: 01 junho 2015.
- MATOUSEK, Otakar. Geolog dr. Bedrich Katzer. *Vesmír*, **3** (3): 84, 1925.
- MOURA, Pedro de. Geologia do Baixo Amazonas. *Boletim do Serviço Geológico e Mineralógico*, **91**: 1-94, 1938.
- OLIVEIRA, Avelino Ignácio de; LEONARDOS, Othon Henry. *Geologia do Brasil*. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1943.
- PURKYNE, Cyrill. Bedrich Katzer. *Hornický vestník*, **7**: 134, 1925.
- RATHBUN, Richard. The Devonian brachiopoda of the province of Pará, Brazil. *Proceedings of the Boston Society of Natural History*, **20**: 14-39, 1878.
- RAMOS, Maria Inês Feijó; SANTOS, Heloisa Maria Moraes dos; COSTA, Sue Anne Regina Ferreira da; TOLEDO, Peter Mann de. *Catálogo de Fósseis. Coleção Paleontológica do Museu Paraense Emílio Goeldi*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2009.
- SLAVÍK, A. Bedrich Katzer. *Věda přírodní*, **6**: 66-67, 1925.
- SOKLIC, Ivan. Preface. Pp. 4-5, *in*: HRVATOVIC, Hazim. *Geological Guidebook through Bosnia and Hercegovina*. Geological Survey Sarajevo, Sarajevo. (Separate Monograph of Herald Geological, volume 25), 2005.
- WRANÝ, Adalbert. *Die Pflege der Mineralogie in Böhmen*. Praha: Verlag von H. Dominicus (Th. Gruss), 1896.

Data de submissão: 14/02/2017

Aprovado para publicação: 21/03/2017

1926: Livro de registros apresenta o relatório anual do Instituto Serumtherapico Butantan

Antonio Sales *

Leda Márcia Araújo Bento #

Luciana Paes de Andrade [¶]

José Francisco dos Reis Neto [§]

Resumo: O presente trabalho é resultado de uma pesquisa bibliográfica motivada pelo aparecimento de um livro de registros do Instituto Butantan datado de 1926 e redigido por vários colaboradores em abril de 1927. O livro traz dados estatísticos da produção do Instituto, as especialidades dos cientistas que ali trabalhavam, uma estimativa de mortes por ofidismo, caso o soro antiofídico não fosse produzido e os dados efetivos de mortes anuais, por essa causa, desde 1905. O texto descreve ainda os primórdios do Instituto, os principais fatores que motivaram a sua criação e revela que o produto tipicamente brasileiro produzido pelo Instituto não foi valorizado antes do afastamento do seu criador.

Palavras-chave: ofidismo; nova historiografia; história crítica; hemeroteca digital brasileira

* Universidade Anhanguera-Uniderp. Avenida Alexandre Herculano, 1400. Jardim Veraneio. Campo Grande – MS. CEP: 79.037-280. E-mail: profesales@hotmail.com

Universidade Anhanguera-Uniderp. Avenida Alexandre Herculano, 1400. Jardim Veraneio. Campo Grande – MS. CEP: 79.037-280. E-mail: leda.bento@uniderp.com.br

[¶] Universidade Anhanguera-Uniderp. Avenida Alexandre Herculano, 1400. Jardim Veraneio. Campo Grande – MS. CEP: 79.037-280. E-mail: luciana.andrade@uniderp.com.br

[§] Universidade Anhanguera-Uniderp. Avenida Alexandre Herculano, 1400. Jardim Veraneio. Campo Grande – MS. CEP: 79.037-280. E-mail: jose.rneto@uniderp.com.br

1926: Book of Records presents the Annual Report of the Serumtherapeutic Butantan Institute

Abstract: The present work is the result of a bibliographical research motivated by the appearance of a book of records of the Butantan Institute dated of 1926 and written by several contributors in April of 1927. The book brings statistical data of the production of the Institute, the specialties of the scientists who worked there, the estimated number of deaths from ophidism, if the antiophidic serum as not produced, and the actual annual deaths since 1905. The text also describes the early days of the Institute, the main factors that motivated its creation, and reveals that the typical Brazilian product produced by the Institute was not valued before its creator had been removed.

Key-words: ophidism; new historiography; critical history; national digital library

1 INTRODUÇÃO

Este é um relato de um relatório anual apresentado no ano de 1926, sobre o que estava sendo produzido no Instituto Sôrotherápico de Butantan. Este é o nosso fato histórico: o primor de um secretário, levando em conta as condições tecnológicas da época em que produziu o seu material.

Conforme os postulados da historiografia moderna (Bloch, 2001) é preciso produzir os fatos e uma vez produzidos olhar para eles com um olhar crítico não redutor. Dessa forma, partimos do pressuposto de que nenhum relato contém toda a verdade; que as linhas escondem as entrelinhas e as falas, os silêncios impostos ou convenientes. Os registros que anunciam o surgimento de uma flor, nem sempre revelam o ambiente onde essa flor surgiu e as condições prévias necessárias ou provocadoras do seu nascimento. Quando enaltecem o seu perfume, omitem os esterco fétidos que alimentaram as suas raízes e, quando descrevem as suas pétalas coloridas, esquecem de relatar as mãos que regaram a terra e os arco-íris que a recobriram.

Cabe ao historiador, tanto quanto possível, contextualizar os fatos, situar o objeto e informar ao leitor o seu entorno. Gouveia (2017, p. 62) nos adverte de que “os homens não estão desligados de um contexto social” logo, não podemos contar a história de apenas um deles sem levar em conta os valores inseridos, as necessidades sociais,

sejam elas econômicas, de saúde, de segurança ou até mesmo de ordenamento moral e jurídico apropriados. Da mesma forma as instituições não existem por si só. É preciso encontrar um motivo para sua existência e os testemunhos escritos ou falados não são isentos de interesses ou de subjetividade.

Olhando sob uma determinada perspectiva pode-se dizer que os registros escritos são o que são, no sentido de que não se pode alterá-los, mas, não são o que são, no sentido que escondem o entorno do objeto e nem sempre revelam as razões da sua existência⁵.

Gouveia (2017, p. 39) afirmou que “ninguém ou nenhuma fonte está isenta de ser questionada de suas razões ou posições assumidas, dentro de uma instituição, sejam estes os métodos escolhidos, [os relatos priorizados, a maneira de abordar o objeto]”.

Bloch (2001, p. 93) nos adverte sobre a possibilidade de desperdício de uma “erudição quando gira no vazio” e da inutilidade do orgulho de relatar um fato que se torna um fim em si mesmo.

O nosso trabalho, como já foi dito, se norteia pela vertente da moderna historiografia ou história crítica (Bloch, 2001). Crítica não no sentido pejorativo de procurar falhas, distorções ou embustes, mas de ler nas entrelinhas sem, no entanto, negar a validade do que está nas linhas. Crítica que consiste em manter o que as linhas revelam e buscar desvelar o que elas ocultam nas entrelinhas. Crítica que não nega a verdade que as linhas trazem, mas busca também a verdade que elas não revelam.

Verdades que não são reveladas por motivos, não necessariamente, pessoais ou que permanecem subjacentes por questões de conveniência.

Todo ser humano tem as suas vaidades, os seus motivos não revelados abertamente. É dessa forma que um elogio ao outro pode ser um autoelogio, um relato de dificuldades pode ser um pretexto para enaltecer alguém. Com isso não queremos dizer que o elogio não foi merecido, que as dificuldades não existiram de fato ou foram

⁵ A ambiguidade do texto é proposital. Tanto se refere à existência do objeto que se apresenta em primeiro plano, que neste caso é um relatório cuidadosamente apresentado, mas também pode se referir ao objeto que se apresenta em segundo plano, a instituição que o autor representa.

exageradas. Dizemos apenas que a história é um ato humano, que o fato histórico é produzido pelo historiador.

Sobre essa perspectiva historiográfica escreveu Nilo Odália ao apresentar o livro de Burke:

Como em Michelet, não se desprezava o subjetivo, a individualidade, como em Marx ou em outros historiadores que assentavam suas análises no econômico e no social; *não se esquecia de que as estruturas sempre têm algo a dizer a respeito do comportamento do homem*; e como Burckhardt, afirmava-se que o homem não se confinava a um corpo a ser mantido, *mas também um espírito que criava e sentia diferentemente, em situações diferenciadas*. (Burke, 1992, p. 4, grifos nossos)

Essa é a história que será contada. Primeiramente situando no tempo e no contexto social a criação do Instituto, depois o relatório de um homem situado nessa estrutura que ainda não está distante da origem.

O que nos diz o relatório?

Evidentemente que apresentaremos aqui apenas um pequeno recorte tanto pela extensão do relatório quanto pela exiguidade deste espaço. Outros trabalhos surgirão depois deste.

2 OS CAMINHOS DA PESQUISA

Um livro de registros aparece inesperadamente em nossas mãos. Um colega pesquisador de nossa Instituição nos procurou, com um livro de registros, contando que ao remexer os objetos da antiga casa de seus pais, se deparou com o documento. Lembrou-se de que ele mesmo o havia levado para lá. Anos antes havia trabalhado na biblioteca da Universidade Estadual Júlio de Mesquita (UNESP), Fundação Educacional de Bauru. Na ocasião, ao organizarem o ambiente da biblioteca, resolveram que alguns materiais seriam descartados. O então estudante imaginou que este caderno poderia ter grande valor científico, o guardou, reencontrando-o muitos anos depois e nos presenteando com o precioso achado. O livro traz a assinatura de vários colaboradores, dentre eles João Nicacio de Godoy que não identificou a sua função no Instituto. Há indicações, pelo relatório que apresentou, que era o responsável pelo setor agrícola da instituição.

Atualmente, este livro está em poder dos autores desse texto, porém já se encontra digitalizado e, em breve, estará disponível, tanto o exemplar físico quanto o digital, para outros pesquisadores na biblioteca da Uniderp.

A partir desse fato buscou-se na Hemeroteca¹ Digital Brasileira² nos períodos 1890-1899; 1900-1909; 1910-1919; 1920-1929; localidade: São Paulo; periódico: *Relatórios dos Presidentes dos Estados Brasileiros (SP)*; descritores: “epidemia”, “febres”, “serumtherapico”, “peçonhento”, “peçonha”, “ophidico”, “ophidismo”, “butantan”.

O termo butantan, em outros periódicos, como *O Correio Paulistano*, aparece sempre ligado a uma leiteria, mas nos relatórios dos presidentes, aparece ligado o Instituto Serumtherapico³. Os demais termos não foram encontrados nos demais periódicos, exceto o “peçonhento” que *O Correio Paulistano* usa algumas vezes com o sentido figurativo, referindo-se a uma pessoa de mau caráter, e uma vez referindo-se a um peixe.

“Ophidismo” aparece uma vez no relatório do Presidente Altino Arantes de 14 de julho de 1919. Ele se refere a um mamífero predador das cobras destacando a necessidade de divulgação desse feito benéfico do animal como forma de estimular a sua preservação. (Arantes, 1919). O termo “ophídico” (mais precisamente, “sôro anti-ophídico”) vai aparecer somente em 1928.

O periódico em que o Serumtherapico aparece regularmente e que fornece mais detalhes sobre ele é o *Relatórios dos Presidentes dos Estados Brasileiros (SP)*. Curiosamente nesses *Relatórios*, de 1890 a 1919, nada consta sobre animais “peçonhentos” ou óbitos resultantes de ataques desses animais.

¹ <http://memoria.bn.br/hdb/periodico.aspx>

² O leitor deve ser informado de que a consulta à hemeroteca, por vezes, apresenta alguma dificuldade tendo em vista que o período é decenal e a mudança da palavra-chave nem sempre implica na mudança automática do endereço eletrônico anterior. Se alguma informação não coincidir deve-se digitar o termo desejado que será redirecionado.

³ Depois Instituto Sôrotherapico de Butantan e hoje, Instituto Soroterápico de Butantan. Neste texto usaremos as três grafias indistintamente.

2.1 Nasce o Instituto Serumtherapico

O Instituto Butantan, foi criado oficialmente em 23 de fevereiro de 1901, sendo Presidente [Governador] do Estado de São Paulo o Dr. Francisco de Paula Rodrigues Alves que em sua “Mensagem ao Congresso do Estado” datada de 07 de abril de 1901 anuncia a criação oficial do Instituto Serumtherapico⁴, como foi chamado (fig. 1) (Alves, 1901).

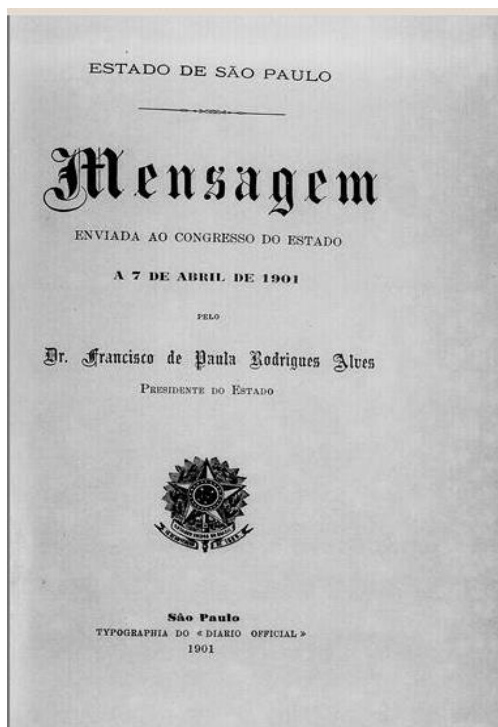


Fig. 1. Capa do Relatório do Presidente (SP), 1901. Fonte: Hemeroteca Digital Brasileira.

⁴ De **sérum** | s. m. (latim *serum*, -i, soro de leite)"**serum**", in Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [em linha], 2008-2013, <https://www.priberam.pt/dlpo/serum> [consultado em 17-02-2017].

A determinada altura do seu texto, cuja paginação original não coincide com a paginação da Hemeroteca, ele trata da Diretoria do Serviço Sanitário e o Instituto aparece como uma das repartições.

A Diretoria do Serviço Sanitario funcionou regularmente durante o anno findo, bem como todas as repartições a seu cargo- Instituto Bacteriologico, de Analyses Chemicas, Vaccinogenico, Laboratorio Pharmaceutico, Desinfectorio Central, Secção Demographo-Sanitaria, Instituto Serumtherapico de Butantan e Hospital de Isolamento, continuando estes estabelecimentos, confiados em geral a profissionaes competentes e dedicados, a merecer dos entendidos, nacionaes e estrangeiros, os mais francos elogios. (Alves, 1901, p. 15, destaques e grafia do original)

Em seguida anuncia a criação oficial do Instituto e justifica a sua necessidade levando em conta que os perigos de peste ameaçavam a população e a dificuldade de obter *serum* para combatê-las:

Com relação ao Instituto Serumtherapico de Butantan, creado por Decreto de 23 de Fevereiro do corrente anno, cumpre informar-vos que se acha apenas instalado, pois dependia de aparelhos e de importantes obras de construção que somente agora puderam ser concluídas. No emtanto, dados os perigos que corremos com a ameaça da peste por toda a parte, trabalhos importantes foram desde logo iniciados no estabelecimento, de modo que brevemente teremos manipulado ali o verdadeiro sérum de Yersin, tão poderoso contra aquelle morbus e actualmente importado da Europa com grande dispêndio e duvidosa pureza. (Alves, 1901, p.15).

Apesar de ter sido criado em 1901, o próprio texto traz os indicativos de que o Instituto já funcionava antes da sua criação oficial. Diz o texto que durante o “anno findo”, isto é, 1900, o mesmo, juntamente com outras instituições, continuou sob a direção de “profissionaes competentes e dedicados ” (Alves, 1901, p. 15).

A aquisição do local onde foi instalado correu no ano de 1899 sob a presidência de Fernando Prestes de Albuquerque que em sua mensagem de 07 de abril de 1900 anuncia a aquisição bem como o motivo para a mesma.

Inicia dizendo do “embaraço de natureza quasi invencível” em que se viu envolvido como Governador do Estado:

INSTITUTO SERUMTHERAPICO

Um embaraço de natureza quasi invencível dominou a atenção do Governo desde os primeiros pródornos do apparecimento da peste bubônica entre nós. Como sabeis, é o sôro antipestoso de Yersin, o único meio preventivo e curativo efficaz que até hoje se conhece contra a enfermidade; mas verificou o Governo, bem a pesar seu, que de extrema dificuldade é a sua aquisição, não existindo delle em parte alguma, de fabricação garantida, no commercio, economizando-o preciosamente os institutos que o produzem [...]. (Alves, 1901, p.145).

Foi então anunciada a aquisição da Fazenda Butantan, nos seguintes termos:

Pesando bem todas essas circumstancias, resolvi montar no Estado um instituto de fabricação do serum Yersin, e para esse fim fiz aquisição da fazenda denominada - *Butantan*, proxima a esta Capital, onde, construídas ou adaptadas as primeiras instalações, deu-se começo imediatamente ao serviço de imunização de animaes, proseguindo em bom pé essas delicadas operações, graças á proficiente direção a que está confiado o novo instituto. (Alves, 1901, p.146).

As condições de instalação não eram favoráveis, mas a vontade de solucionar o problema de saúde pública e o patriotismo dos cientistas que ali se instalaram, que se tornaram mercedores “dos entendidos, nacionaes e estrangeiros, os mais francos elogios” foram mais fortes. (Alves, 1901, p. 15).

Uma crônica de Waldvogel⁵ (1953, p. 239), um escritor que, quando estudante visitou o Instituto, se impressionou com a recepção que teve e com o que viu e leu no Instituto, traz informações suplementares. O autor revela as condições do local na sua origem. Falando dos cientistas que foram nomeados para o Instituto, ele afirma que “[...] Ali encontraram ‘como única construção adaptável aos fins que tinham em vista, um rancho aberto, ligado ao estábulo onde se fazia a ordenha da criação’”. Em seguida, citando textualmente Vital Brazil, que fora nomeado diretor em 1901, ele

⁵ As informações de Waldvogel são referendadas por Gauld e Scully (1968)

afirma: “Foi nesse ambiente paupérrimo, onde o desconforto corria parelha com a impropriedade das instalações, que tiveram início os primeiros trabalhos técnicos do Instituto Butantan” (Waldvogel, 1953, p. 239).

O site do Instituto informa que foi fundado oficialmente em 1901 com a independência administrativa do Instituto Adolpho Lutz e nomeação do primeiro diretor, o médico Vital Brazil Mineiro da Campanha, que o dirigiu, ininterruptamente, até 1919 e que, depois de uma breve trégua, voltou a dirigi-lo de 1924 a 1927.

Denominado de Instituto Serumtherápico, esteve de 1899 a 1900 vinculado “ao Instituto Bacterológico (atual Adolpho Lutz)”. Foi “projetado para combater um surto de peste bubônica no porto de Santos em 1899, [e] instalado pelo governo na recém adquirida Fazenda Butantan”. (Instituto Butantan, 2015⁶).

Embora o objetivo deste trabalho seja destacar a habilidade de um secretário do Instituto e a minúcia com que elaborou o seu relatório do ano de 1926, vamos nos deter, nesse primeiro momento, nas condições da instalação do Instituto.

Consultando documentos da época, mais precisamente da última década do século XIX, encontramos que os dois estados mais desenvolvidos do Brasil, exatamente por estarem mais próximos do poder central, Rio de Janeiro e São Paulo, passavam por “embarço de natureza quasi invencível” no que diz respeito à saúde pública (Alves, 1901, p. 145).

A década iniciou assustadora. Eis o que disseram os presidentes dos dois estados. Em São Paulo, segundo Prudente de Moraes em sua “Exposição apresentada ao Dr. Jorge Tibiriçá pelo Dr. Prudente J. de Moraes Barros, primeiro governador de São Paulo ao passar-lhe a administração no dia 18 de outubro de 1890” (Barros, 1890, capa).

SALUBRIDADE PUBLICA

A epidemia de febres de máo character, que tão cruelmente flagellara a população da cidade de Campinas no anno passado, infelizmente alli reapareceu nos últimos dias de Janeiro deste anno, e desenvolveu-se

⁶ Deduz-se que o site tenha sido publicado em 2015 porque o texto traz a afirmação de que fora escrito “114 anos depois de sua fundação”, em 1901.

durantes alguns mezes, notando-se que foi menos intensa e produziu menos numero de victimas.

Por intermédio da respectiva intendência municipal e de accôrdo com o inspector de hygiene, montou-se logo um hospital-barraca, e mais tarde um segundo, por ser insufficiente o primeiro. (Barros, 1890, p. 8)

Na mesma “Exposição” o Governador fala de “epidemias de febres” alastradas no interior do Estado, citando nominalmente diversas cidades (Barros, 1890, p. 10).

No Rio de Janeiro, em 1895, o presidente do Estado, Dr. Joaquim Maurício de Abreu informou, por meio de relatório à Assembleia Legislativa (fig. 2) que as eleições do ano 1892 tinham sido adiadas em virtude de uma epidemia de cólera (Abreu, 1895).

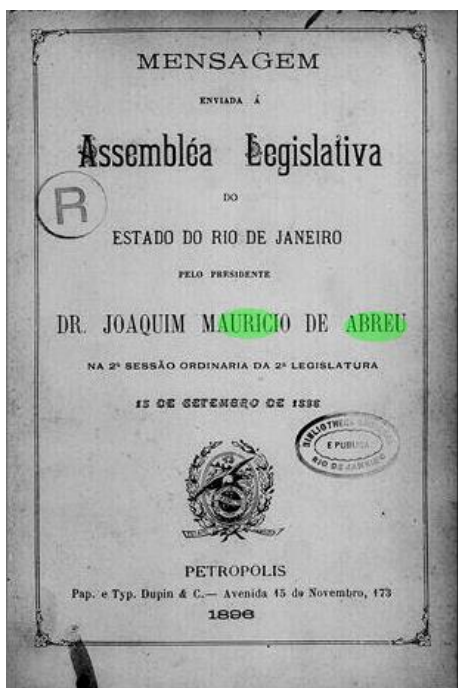


Fig. 2. Capa do Relatório do Presidente (RJ), 1895. Fonte: Hemeroteca Digital Brasileira.

Nessa mensagem o “presidente” afirma que:

A eleição de deputados á Assembléa Legislativa do Estado, na forma da lei n. 117 de 29 de Outubro de 1892, devia ter-se effectuado na 3ª. Dominga do mez de Dezembro do ultimo anno do primeiro periodo presidencial; foi, porém, adiada pelo meu antecessor, por força da epidemia choleriforme que invadiu rapidamente o Estado. (Abreu, 1895,p.5)

Em 1926, quando o personagem central deste trabalho estava em ação, o Instituto já gozava de prestígio entre a população. Afirmou o governador Dr. Carlos de Campos, em sua mensagem ao legislativo datada de 14 de julho de 1926, que a população já oferecia uma resistência atenuada aos produtos do Instituto Butantan. Uma informação que mostra as dificuldades pelas quais passou o Instituto, pois, além da precariedade inicial, ainda os pesquisadores tiveram de enfrentar a desconfiança da população e, como veremos, do próprio governo (Campos, 1926).

Tal é a situação, que será melhorada com o emprego de medidas custosas de que se cogita, sem desprezar, antes promovendo sempre com maior intensidade, a vacinação anti-typhica, principalmente agora, que o Instituto de Butantan produz vaccina acceta pela população com menor relutancia. (Campos, 1926, p.57).

2.2 O livro de registros de 1926

Após a abertura formal de sete folhas, datilografadas, quase sem marcas de correção, identificando cientistas responsáveis pelos diversos setores de produção de soros também diversos, o secretário apresenta um gráfico que desperta a atenção primeiramente pelo rigor empregado em sua produção. O técnico traçou cuidadosamente o quadriculado a lápis, escreveu o cabeçalho com apenas uma pequena rasura e com tal caligrafia que fica difícil distinguir se foi datilografado ou manuscrito e traçou os gráficos com precisão milimétrica em um papel não milimetrado. As letras maiúsculas com estilo próprio dão indicativo de que o cabeçalho foi manuscrito, embora em letra de imprensa ou de forma (fig.3). O gráfico traz uma rasura na linha preta (gráfico de cima) à altura do ano de 1905.

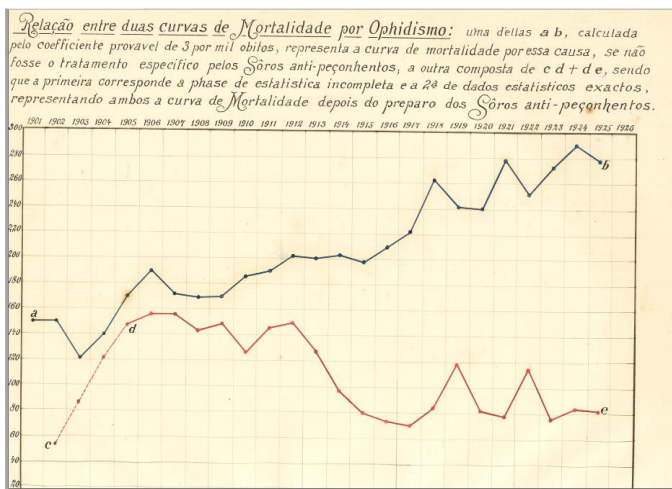


Fig. 3. Gráfico trabalhado a mão. Fonte: Livro de registros do Instituto Butantan, 1926.

A linha preta (a primeira de cima para baixo) indica uma estimativa de mortes por “ophidismo” se o soro não fosse produzido e a linha vermelha, os dados reais indicando um decrescimento de óbitos por essa causa, graças ao soro. Até 1904 não houve uma coleta sistemática de dados.

A perspectiva era que, em 1901, viriam a óbito 150 pessoas e que, em 1924, esse total chegasse a 290. No entanto, graças ao soro, em 1905, morreram cerca de 150 pessoas (20 a menos do previsto) e, em 1924, morreram pouco mais de 80, isto é, 210 óbitos a menos do que o previsto.

2.3 Articulando os dois relatórios

Nas páginas anteriores temos dois relatórios: o dos Presidentes (que são vários) e o do Instituto. Há algumas discrepâncias entre eles que geram algumas questões cujas respostas, em muitos casos, não passam de suposições. Trataremos delas logo mais.

No entanto, de forma geral, essa história traz algumas interrogações.

Se o cronista Waldvogel (1953) se impressionou com a precariedade do ambiente inicial para destacar o valor e a brasilidade

dos cientistas que ali atuaram é possível supor que o governador destacou as epidemias como forma de justificar os investimentos e o mérito dos cientistas e administradores como forma de enaltecer a capacidade do seu governo em investir no bem da população e em conduzir adequadamente a instituição, escolhendo para isso pessoas de alto calibre técnico e moral.

Waldvogel não esconde a sua intenção subjacente uma vez que inseriu a sua crônica em um livro com o título de *Homens que fizeram o Brasil*. Portanto, o que impressionou não foi a precariedade inicial do ambiente, mas a têmpera dos homens que ali trabalharam.

Na mensagem de 1925, o governador procura afirmar que o Instituto estava dando certo. Afirmou ele que o Instituto extrapolava os seus objetivos originais sem prejuízo destes (Campos, 1925):

No Instituto de Butantan interessantes estudos se effectuaram, sem prejuízo da inteira normalidade dos seus varios serviços habituaes. A vacina anti-typhica por via buccal, que deu reaes resultados, segundo autorisadas atestações, pesquisas scientificas sobre as aranhas indígenas, sobre o sapo, estudo de processo barato e simples para tratamento e aproveitamento do lixo- todos esses assumptos estão sendo objetos da atividade do estabelecimento. (Campos, 1925, p. 39)

Mas a questão maior é: por que os Relatórios dos Presidentes silenciam sobre o soro antiofídico e o Relatório do Instituto dá ênfase no mesmo?

Essa era especialidade do Diretor do Instituto, o Dr. Vital Brazil. Conta Waldvogel (1953), em sua crônica já citada, que quando o médico se formou em 1891, veio clinicar em Botucatu, interior paulista. Antes mesmo de chegar à cidade (as viagens eram feitas a cavalo) parou para descansar na casa de um lavrador que lhe narrou a história de um filho que havia morrido picado por uma “serpente”. Isso sensibilizou o médico que, ao ver outros casos acontecendo em sua clínica, decidiu parar de clinicar e dedicar-se à pesquisa. Dez anos depois era chamado para dirigir o Instituto Butantan e fez do soro antiofídico a sua bandeira de luta, e foi o que lhe deu fama internacional. No entanto, conforme já foi visto, em 1919 o Presidente Altino Arantes ainda apostava na preservação de um mamífero predador como forma de proteção da população dos ataques dos ofídios (Arantes, 1919).

Foram realizadas interessantes observações a respeito do *Conepatus chilensis*, mamífero destruidor de cobras, atributo que lhe era, até então, desconhecido, e cujo relevante papel, na prophylaxia do ophidismo, deve ser vulgarizado, por isso que se trata de um animal que é, por toda parte, extremamente perseguido. (Arantes, 1919, p. 34)

A primeira referência ao soro antiofídico, anticrotálico e antibotrópico aparece no relatório do Presidente Dr. Júlio Prestes de Albuquerque, em 1928. Consta que “O movimento annual da produção do Instituto de Butantan foi o seguinte: soro anti-crotalico, 928 ampolas; anti-bothropico, 4.744, anti-ophidico, 4.890 [...]” (Albuquerque, 1928, p. 260).

Inclusive foi esse governador que destacou em sua mensagem a excelência do Instituto Butantan. Afirmou em sua mensagem que:

O Instituto de Butantan é um dos padrões da nossa cultura scientifica e um elemento de mais alta valia, na defesa sanitaria do Estado.

Funcionaram com regularidade todas as seccções e a producção geral do Instituto de Butantan quer scientifica, quer material, foi excellente. (Albuquerque, 1928, p. 259).

Por que os governos não trataram desse assunto em seus relatórios? Por que o relatório do Instituto começa com ele?

Hipóteses certamente não faltarão. Supomos que uma delas esteja ligada ao fato de que o “serum Yersin” já era conhecido e aprovado no exterior, cabendo ao Instituto a tarefa de apenas reproduzir e, talvez, melhorar a fórmula. A receita estava pronta e testada e, possivelmente, os elogios recebidos pela equipe brasileira, provenientes dos “entendidos nacionaes e estrangeiros” (Alves, 1901, p. 15), se aplicassem à sua capacidade de reprodução em condições menos favoráveis. Por outro lado, o Instituto não fora criado para produzir o soro antiofídico dado que este estava ainda para ser criado e talvez não passasse pela cabeça dos administradores públicos que algum brasileiro pudesse inovar nessa área de soroterapia, que alguém pudesse apresentar algo inédito.

O ineditismo do Dr. Vital Brazil demorou a conquistar a confiança dos administradores públicos. Isso justifica a sua luta por

apresentar relatórios completos levando em conta estimativa da situação sem o soro e dados efetivos com a presença dele.

Dessa forma, um relatório primorosamente elaborado, com dados estatísticos e históricos de uma importante instituição de pesquisa foi poupado e o seu conteúdo revela meandros que a leitura direta tende a esconder. Vinte e cinco anos após ter sido oficialmente criado, o Instituto Butantan ainda não era reconhecido pelo que fizera de inovador. Há vários anos vinha produzindo soro inédito nos meios científicos, soro que salvava muitas vidas, e ainda necessitava empreender um esforço para projetar esse feito no cenário nacional.

Os governadores anteriores a 1928 não tratam do assunto. Fazem referências a diversas vacinas citadas nominalmente. Curiosamente, o Dr. Vital Brazil deixou a direção do instituto em 1927. Seria ele um médico que insistia em fazer o soro mesmo contra a recomendação dos governadores que entendiam serem as diversas epidemias que assolavam as massas, o principal problema de saúde, e não ofidismo que estava circunscrito aos agricultores das regiões mais remotas?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, Joaquim Maurício. Mensagem enviada à Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro. 1895. *In: BRASIL. Biblioteca Nacional Digital: Hemeroteca Digital Brasileira*. Ministério da Cultura: Fundação Biblioteca Nacional. Disponível em <<http://memoria.bn.br/hdb/periodico.aspx>>. Acesso em: 15 janeiro 2017.
- ALBUQUERQUE, Júlio Prestes de. Mensagem do Presidente enviada ao Congresso do Estado de São Paulo. 1928. *In: BRASIL. Biblioteca Nacional Digital: Hemeroteca Digital Brasileira*. Ministério da Cultura: Fundação Biblioteca Nacional. Disponível em <<http://memoria.bn.br/hdb/periodico.aspx>>. Acesso em: 07 março 2017.
- ALVES, Francisco de Paula Rodrigues. Mensagem do Presidente enviada ao Congresso do Estado de São Paulo. 1901. *In: BRASIL. Biblioteca Nacional Digital: Hemeroteca Digital Brasileira*. Ministério da Cultura: Fundação Biblioteca Nacional. Disponível em <<http://memoria.bn.br/hdb/periodico.aspx>>. Acesso em 15 janeiro 2017.

- ARANTES, Altino. Mensagem do Presidente enviada ao Congresso do Estado de São Paulo. 1919. In: BRASIL. *Biblioteca Nacional Digital: Hemeroteca Digital Brasileira*. Ministério da Cultura: Fundação Biblioteca Nacional. Disponível em <<http://memoria.bn.br/hdb/periodico.aspx>>. Acesso em: 17 fevereiro 2017.
- BARROS, Prudente José de Moraes. “Exposição apresentada ao Dr. Jorge Tibiriçá pelo Dr. Prudente J. de Moraes Barros, primeiro governador de São Paulo ao passar-lhe a administração no dia 18 de outubro de 1890”. In: BRASIL. *Biblioteca Nacional Digital: Hemeroteca Digital Brasileira*. Ministério da Cultura: Fundação Biblioteca Nacional. Disponível em <<http://memoria.bn.br/hdb/periodico.aspx>>. Acesso em: 17 fevereiro 2017.
- BLOCH, Marc. *Apologia da História: ou o ofício do historiador*. Rio de Janeiro: Zahar, 2001.
- BURKE, Peter. *A Revolução Francesa da historiografia: a Escola dos Annales 1929-1989*. 2.ed. São Paulo: Editora Universidade Estadual Paulista, 1992.
- CAMPOS, Carlos. Mensagem do Presidente enviada ao Congresso do Estado de São Paulo, 1925. In: BRASIL. *Biblioteca Nacional Digital: Hemeroteca Digital Brasileira*. Ministério da Cultura: Fundação Biblioteca Nacional. Disponível em <<http://memoria.bn.br/hdb/periodico.aspx>>. Acesso em: 17 fevereiro 2017.
- _____. Mensagem do Presidente enviada ao Congresso do Estado de São Paulo, 1926. In: BRASIL. *Biblioteca Nacional Digital: Hemeroteca Digital Brasileira*. Ministério da Cultura: Fundação Biblioteca Nacional. Disponível em <<http://memoria.bn.br/hdb/periodico.aspx>>. Acesso em: 17 fevereiro 2017.
- GAULD, Charles; SCULLY, Michael. Cobras, venenos e o Dr. Vital Brasil. In: *Grandes Vidas, Grandes Obras*. Seleções do Reader's Digest. Rio de Janeiro: Editora Ypiranga, 1968.
- GODOY, João Nicacio. *Livro de Registros do Instituto Butantan*. São Paulo: Instituto Butantan, 1926.
- GOUVEIA, Relicler Pardim. *Mètre, litre, gramme...grandezas e unidades de medidas na cultura matemática escolar*. Campo Grande, 2017.

Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Instituto de Matemática, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.
INSTITUTO BUTANTAN. *Nossa história*. 2015. Disponível em: <<http://www.butantan.gov.br/butantan/nossahistoria/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 01 dezembro 2016.
WALDVOGEL, Luiz. *Homens que fizeram o Brasil*. Santo André, SP: Casa Publicadora Brasileira, 1953.

Data de submissão: 17/03/2017

Aprovado para publicação: 31/03/2017

Should we still talk about balance of nature in ecology? Contributions of marine ecology and bioinvasion

Eder Carvalho da Silva *

Ricardo Santos do Carmo #

Luiz Eduardo de Oliveira Gomes §

Francisco Barros ^δ

Abstract: Recently bioinvasion has gained importance in ecology; its issues involve "balance of nature" theory. To understand this relationship, we must go back to the origin of community ecology as a static discipline and its progress for a dynamic one. In this context, naturalists like E. Forbes, Humboldt, Grisebach and Möbius are important because they helped to define some key terms in static ecology. Yet, after Darwin's Theory of Evolution, the idea of static balance came to be modified; organisms started being seen as mutable beings related to each other and to the environment. With development of standardized methods and search for objectivity, Hensen, Petersen, Forbes, Clements and Gleason began to think of dynamic equilibrium. However, it was at the beginning of the twentieth century, with emergence of ecosystems ecology and the use of statistics in ecology, that the idea

* Federal University of Bahia (UFBA), Benthic Ecology Lab., R. Barão de Geremoabo, s/n, Ondina, CEP 40170-110, Salvador, BA, Brazil. E-mail: edercarvalho514@gmail.com

Federal University of Sergipe (UFS), Department of Biosciences. Av. Ver. Olímpio Grande, Campus Professor Alberto Carvalho, Centro, CEP 49506-036, Itabaiana, SE Brazil. Email: ricardosancarmo@yahoo.com.br

§ Graduate student in Environmental Oceanography at Federal University of Espírito Santo (UFES), Av. Fernando Ferrari, Goiabeiras, CEP 29075-910, Vitória, ES, Brazil. E-mail: luiz.e.o.gomes@gmail.com

^δ Federal University of Bahia (UFBA), Benthic Ecology Lab, R. Barão de Geremoabo, s/n, Ondina, CEP 40170-110, Salvador, BA, Brazil. E-mail: franciscobarros.ufba@gmail.com

of dynamic equilibrium is consolidated. In the same period the first studies on bioinvasion were carried out. Today, despite all the evolution of the concept, we cannot talk about static or dynamic equilibrium. The metaphor of "balance of nature" is still widely used in ecology as a simple way to explain stability in altered environments (e.g. bioinvasions), in cases of stability related to diversity (the more diverse, the more stable the community is) or to complexity (diversity-complexity-stability hypothesis).

Key-words: biological invasion; community ecology; static balance; dynamic balance; stable state

Ainda é possível falar em equilíbrio da natureza em ecologia? Contribuições da ecologia marinha e bioinvasão

Resumo: Recentemente bioinvasão ganhou importância na ecologia; suas questões envolvem a teoria do “Equilíbrio da Natureza”. Para entender essa relação voltaremos no tempo para a origem da ecologia de comunidade como disciplina estática e sua progressão para dinâmica. Nesse contexto, naturalistas como E. Forbes, Humboldt, Grisebach e Möbius são importantes, pois ajudaram a definir alguns termos chave na ecologia estática. No entanto, depois da Teoria da Evolução de Darwin, a ideia de equilíbrio estático foi modificada; os organismos passaram a ser vistos como mutáveis, que se relacionam entre si e com o ambiente. Com o desenvolvimento de métodos padronizados e a busca pela objetividade, Hensen, Petersen, Forbes, Clements e Gleason passaram a pensar em equilíbrio dinâmico. No entanto, foi no início do século XX, com o surgimento da ecologia de ecossistemas e o uso de estatísticas na ecologia que a ideia de equilíbrio dinâmico é consolidada. Nesse mesmo período foram realizados os primeiros estudos sobre bioinvasão. Hoje, apesar de toda a evolução do conceito, não podemos falar em equilíbrio estático, nem em equilíbrio dinâmico. A metáfora do “equilíbrio da natureza” ainda é amplamente utilizada na ecologia como uma maneira simples de explicar a estabilidade em ambientes alterados (e.g. bioinvasões), se pensarmos em caso de estabilidade relacionada à diversidade (quanto maior a “riqueza”, mais estável é a comunidade) ou à complexidade (hipótese de diversidade-complexidade-estabilidade).

Palavras-chave: invasão biológica; ecologia de comunidade; equilíbrio estático; equilíbrio dinâmico; estado estável.

1 INTRODUCTION

Bioinvasion is an important issue to unbalance biological communities, due the acceptance that invasive species contribute to eco-

system changes, loss of biodiversity, economic problems and human health (see Ehrenfeld, 2010; Simberloff *et al.*, 2013). Historically, one of the first records of bioinvasion was made by Charles Darwin (1809-1882), in 1832, when traveling to pampas (Argentina and Chile) found an exotic plant (*Cynara cardunculus*), from the European continent, which hindered the horses' passage (Ziller, 2001, p. 78). Later, in nineteenth century, Stephen A. Forbes (1844-1930), a natural historian with solid knowledge of Darwin's work, did an important contribution to the area. In one of his most famous work, *The Lake as a Microcosm*, Stephen Forbes (1887) investigated the fish death in Lake Mendota (Wisconsin), evidencing a connection between excessive algae proliferation and the lake's physical parameters.

Another important bioinvasion researcher was Charles Elton (1900-1991). He treated causes and impacts of invasive on native species, triggering bioinvasion researches with more conceptual and procedural rigor (Richardson & Pyšek, 2008, p. 163). Elton (1958), in *The Ecology of Invasions by Animals and Plants* explains the devastating effects that invasive species can cause to local ecosystems. For many years after this publication, terrestrial ecosystems bioinvasions were the main target of researchers and governments, due to major environmental and socio-economic risks. Focus changed to aquatic ecosystems after the zebra mussel invasion (*Dreissena polymorpha* (Pallas 1771)) at the Great Lakes, which caused several ecological and economic problems (Williamson, 1996, p. 142).

In the explanations regarding bioinvasion, it is interesting to note an emphasis on a "balance of nature", which is broken with the bioinvasion events. It is also expressed in scientific literature and unskilled people's formulations that all species play an important role for maintaining environmental balance that, when disturbed, returns to the former condition (Bowler, 1989, p. 67; Ferreira, 2011; Rohde, 2013; Stevens, 1990).

History and philosophy of ecology are areas in which bioinvasion issues have received more attention. The well-known historian of ecology, Edward Kormandy (1978), attributes to Linnaeus (1707-1778) the merits by "balance of nature" term first used as a testable hypothesis (Egerton, 1973, p. 324, Limoges, 1972, p. 8; Hofsten, 1958, p. 77). Linnaeus, in early eighteenth century, founded a branch

of study called “economy of nature”. To Linnaeus, natural systems operate as “steady-states”, maintaining consistency with the vision of an unchanging and consistent world, “all treasures of nature, so skillfully planned, so marvelously propagated, so providentially supported [...] they seem destined by Creator for man health” (Linnaeus, 1749, p. 123). Later in the nineteenth century, Darwin’s evolutionary theory’s conceptual scheme incorporated the notion of balance in nature to explain populations’ size regulation by natural selection. At *The Origin of Species* (1859), Darwin points out that although a species’ reproductive potential might be high, several mortality factors – representing the mechanism of natural selection – control such potential and maintain a regulated population. Accordingly, there is no doubt that Darwin continued the notion of balance of nature (Egerton, 1973, p. 324; Stauffer, 1957, p. 139), but in a different way: instead of invoking an entity, he naturalized a general purpose in nature.

In the mid-nineteenth century, modern ecology was born from combination of concepts and methods of two traditions of geobotanic research (Eugenius Warming’s (1841-1924) morphology, and Andreas Schimper’s (1856-1901) physiology) (McIntosh, 1985, p. 21; Stauffer, 1957, p. 140). Ecology incorporated the idea of balance of nature early in its development as a scientific discipline, contributing to the formation of ecology of populations, communities and ecosystems’ conceptual framework.

In the history of ecology, ecologists had many opportunities to argue that there is a balance of nature. The first question facing ecologists were what is “community”, concept from which ecology was born, structured through a dynamic approach, which marked the twentieth century (McIntosh, 1985, p. 142). Frederic Edward Clements (1874-1945) established an identity between plant community operation in response to internal and external events, and “complex organism” dynamics, for example, in *Plant Succession*: in an analysis of the development of vegetation, Clements showed his alignment to dynamic interpretations for explaining “plant formation”:

The unit of vegetation, the climax formation, is an organic entity. As an organism, the formation arises, grows, matures, and dies [...] Furthermore, each climax formation is able to reproduce itself, repeating

with essential fidelity the stages of its development. (Clements, 1916, p. 124)

In community ecology, “balance of nature” is understood as a “vegetable super-organism”. Clementsian super-organism vision caused a deep influence on ecology, subsequently developed their own community ecology and other branches of ecology. In *Principles of Animal Ecology*, population ecology reiterates balance of nature as the same concept of super-organism, “division of labor, integration and homeostasis characterize the body and the population of intra species super-organismic” (Allee *et al.*, 1967, p. 728). Finally, at ecology of ecosystems, super-organism view appears at “The lake as a microcosm”, article in which S. A. Forbes (1887) comprised lakes as an organic unity, whose interactions of organisms affect and are affected by physical factors of the environment and, therefore, the study should be integrated.

Although, it was an influential concept, Clementisian approach to balance of nature embedded in organism community concept was never consensual ecology. For example, the ecologist Charles Elton, who sought to clarify the concept of community, provided the answer to argue against Clements and his contemporaries. In the first pages of his book *Animal Ecology and Evolution*, Elton expresses his refusal:

Balance of nature does not exist, and perhaps never existed. Wild animals numbers are constantly varying a greater or lesser extent, and are commonly irregular variations in time (period) and always irregular in space (range). Each variation in species numbers cause direct and indirect repercussions on many others, and since many of them independently vary in numbers, the resulting confusion is remarkable. (Elton, 1930, p. 17)

Along the same lines, the British ecologist Arthur Tansley (1871-1955) wrote the article “The use and abuse of vegetational concepts and terms” and pointed out ecology theoretical difficulties, criticizing Clements’ conceptions (Tansley, 1935).

Despite some criticism, the notion of balance of nature continued to be used in training of ecologists through textbooks of animal ecology (Allee *et al.*, 1967, p. 235; Kendeigh, 1961, p. 196), population ecology (Begon, Harper & Townsend, 1990, p. 203; Gotelli, 2007, p.

29), and ecosystems ecology (Bertness, Gaines & Hay, 2001, p. 65; Ricklefs, 2003, p. 416) along the twentieth century.

In this article, we investigate, from historical and epistemological perspective, this notion as part of a research in ecology, in particular, in order to answer two main questions: i) what are the implications of balance of nature idea in concepts formation in ecology?, and ii) does current research on bioinvasion is committed to the idea of balance of nature ?

This paper is organized as follows: in the next sections, we will perform a historical analysis of marine ecology development by some of the pioneers in this area and look at how the equilibrium idea occurs in their work. We evaluated several articles published in last decades, whose investigations deal with bioinvasion events, to discuss the place of the idea of balance of nature in this research area. A notion of the epistemic virtue called “structural objectivity”, important for this phase of the development of ecology, will be given. Some authors were important in the transition from static to dynamic ecology, therefore they are cited in both topics.

2 STATIC MARINE ECOLOGY

Edward Forbes (1815-1854) began an extensive study of mollusks and star-fish during expeditions in the Irish Sea (1834), France, Switzerland, Germany, Algeria (1836), Austria (1838), and the Mediterranean Sea (1841-42) (Fig. 1). By this time, he studied life in coastal areas and developed interest in animal geographical distribution. In his publication related to the trip to Mediterranean, Edward Forbes (1844) showed climate, nature and depth influence on marine life and divided the Aegean Sea in eight biological areas. Forbes highlighted the almost uniform occurrence of species in different depth areas and, if these species become less abundant with depth, reaching zero in unexplored depths. This work was extremely important for being the first to describe different benthos organizational areas according to depth and encouraged further oceanographic efforts (Anderson & Rice, 2006, p. 131).

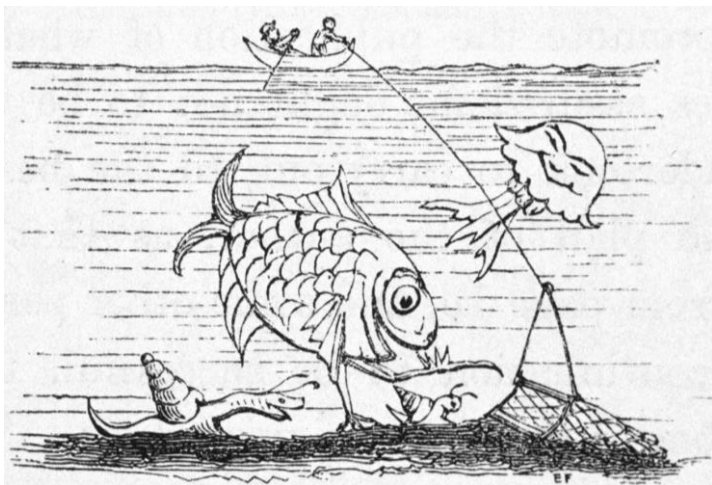


Fig. 1. Natural History caricature of E. Forbes of European Seas (describes marine fauna dredged from the seabed). Source: Forbes & Godwin-Austen, 1859.

The idea of stratification of the seafloor, proposed by Forbes, came from Alexander von Humboldt's (1769-1859) work in Latin America (1799-1804), relating plants' distribution to environmental factors (temperature, rainfall, latitude, altitude, soil) (Anderson & Rice, 2006, p. 132; Humboldt, 1850). One of the most famous results of this work is the representation of the Andes vegetation belts (Fig. 2)¹.

Humboldt illustrated the idea of interrelation between the concept of balance and the elements of nature. Worried about vegetation as a whole, not just as individuals or species, Humboldt worked for years to develop an understanding on the distribution of plants and geography (Nicolson, 1987, p. 176). Connections between balance of natural forces and body distribution are evident when he says:

¹ It is not possible to speak about "community", but "formation", a concept that comes from physiognomic tradition, proposed by Grisebach, influenced by Humboldt, to understand plant species grouping.

As with all other physical universe phenomena, distribution of organic beings: in midst of apparent disorder [...] the immutable law of nature is evident in research on a vast territory, where a multitude of facts whose disturbances partial offset to one another. (Humboldt, 1807, p. 42)

Thus, Humboldtian science has as central concept in general balance of power and this balance, which reigns between disturbances and riots, because of an infinite number of attraction forces (mechanical and chemical) balancing each other (Jardine, Secord & Spary, 1996, p. 304). By it, August Heinrich Rudolf Grisebach (1814-1879) introduced the term “formation” in science to define the set of biological forms whose collective face is substantially homogeneous. Thus, it has to protect a more or less stable equilibrium with environmental conditions (Grisebach, 1872). Forbes and Humboldt took the concept of “balance of nature”, in which all things are interconnected to preserve a providential order. This concept, based on natural history tradition, guided a static ecology.

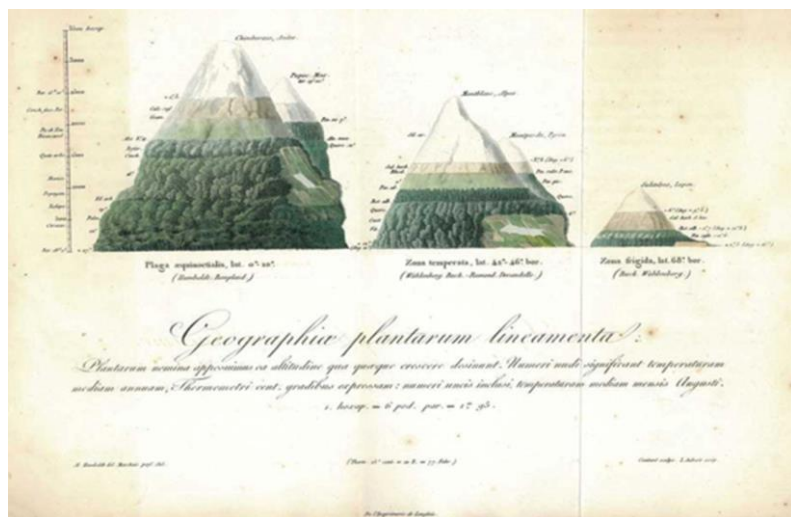


Fig. 2. Zoning in tropical mountains, palms and banana trees at sea level are replaced by cypresses, pines, oaks and shrubs at higher altitudes. Source: *Hydrological and Geological survey maps*, by Alexander von Humboldt, 1769-1859.

Karl August Möbius (1825-1908), from 1868 to 1870, studied oyster beds ecology, to determine a cultivation potential at the German coast. This work resulted in two reference publications (Möbius, 1870; Möbius, 1877), concluding that oyster farming was not a realistic option for northern Germany, being Möbius the first to describe in detailed interactions between different organisms in oyster bank ecosystem, creating the term “biocenosis”, which remains a key term in community ecology (Schiramm, 1984, p. 161).

By the end of nineteenth century, community ecology was influenced by the collective empiricism, which was well understood by Clarence Moores Weed (1864-1947). Weed showed that the authors of that time were focused on solving economic practical problems (pest control, fertilization, etc.). All knowledge should have a practical and specific utility for a particular purpose (Weed, 1891).

S. Forbes (1880) and Weed (1891) wanted to show that, if the perspective was magnified, leaving the specific and showing the process as a whole (generalized), one would be able to formulate or improve the “General Laws of Biology” and with this general knowledge, it would be possible to solve specific problems. But to work, widespread knowledge acquired should be permanent, expandable, easily applied, and available at any time².

By the same time, oceanography takes its first steps, following, on the one hand, biogeographical studies, regardless of their concepts and interest in description and classification of organisms, and, on the other, marine ecology, applying assumptions (e.g. water column’s uniform distribution of plankton) and methods (e.g. basic descriptive statistics). Christian Andreas Victor Hensen (1835-1924) introduced mathematical treatment for study of plankton communities and, in late nineteenth century, Carl Georg Johannes Petersen (1860-1928) did the same with benthic communities³. After this period, oceanography emerged as an autonomous science dealing with fisheries production and potential problems involved (e.g. bioinvasion).

² We can note here a compromise with epistemic virtue of structural objectivity.

³ Again, there is evidence of collective empiricism around the idea of structural objectivity.

Twentieth century first decades were marked by using statistics in ecology, including fish production studies in oceanography (e.g. understand fish populations' decline) (McIntosh, 1985, p. 156).

3 DYNAMIC APPROACH

Shortly after the publication of Darwin's Theory of Evolution, the idea of a static balance of nature has changed. Organisms started being seen as adaptive and totally dependent on intra-interspecific and environmental relationships (Kormandy, 1978, p. 1293).

Before the eighteenth century, naturalists were concerned about classifying taxa by different species. In 1790, Humboldt launched a new form of study based on general types and environmental factors to determine their distribution (Nicolson, 1996, p. 289). At that time, the concept of 'life-forms' arised, becoming a useful tool for ecology; it was possible to characterize geographical areas by vegetation types, and the system proposed by Christen Christensen Raunkiaer (1860-1938) was recognized as the most successful in the late nineteenth century (Fig. 3) (Raunkiaer, 1934).

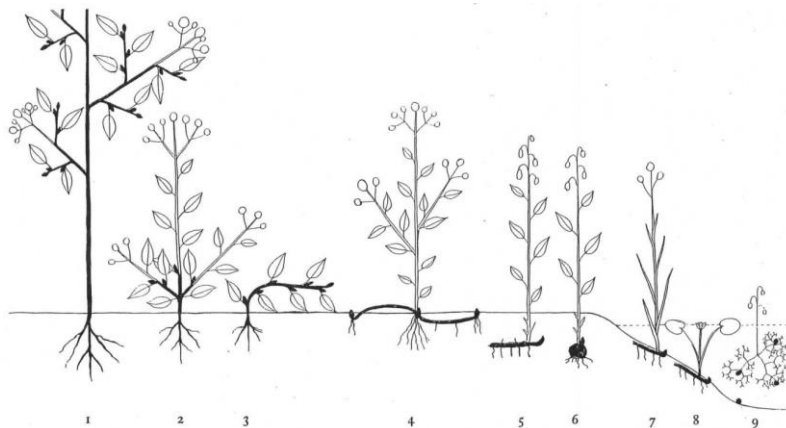


Fig. 3. Schematic representation of terrestrial life forms Raunkiaer: Phanerophytes (1), Chamaephytes (2-3), Hemicryptophytes (4), Cryptophytes (5-9).
Source: Raunkiaer, 1934, p. 18.

For the German limnologist Christian Andreas Victor Hensen, considered the creator of term “plankton” (Hensen, 1887, p. 1), it was possible to estimate how many fish an oceanic area could produce based on nutrient concentrations and available biomass of plankton (Hensen, 1887, p. 2). In his sea voyages, he designed and built devices for collecting plankton in standardized samples, using mathematics and statistics, and estimating densities whenever it was possible (Fig. 4).

Another pioneer of marine ecology and oceanography was the Danish scientist Carl Georg Johannes Petersen, who described the benthic community of Scandinavian waters (Petersen, 1913). Petersen’s investigations were replicated in other regions (see Thorson, 1957), showing that those benthic communities in Scandinavian waters had ecological similarities in other oceans of the world (Fig. 5).



Fig. 4. “Korbnetz”, Hensen’s device used with conical net. One of the many inventions by Victor Hensen to collect plankton. Photo: P. Roggero. Souce: National Oceanic and Atmospheric Administration.

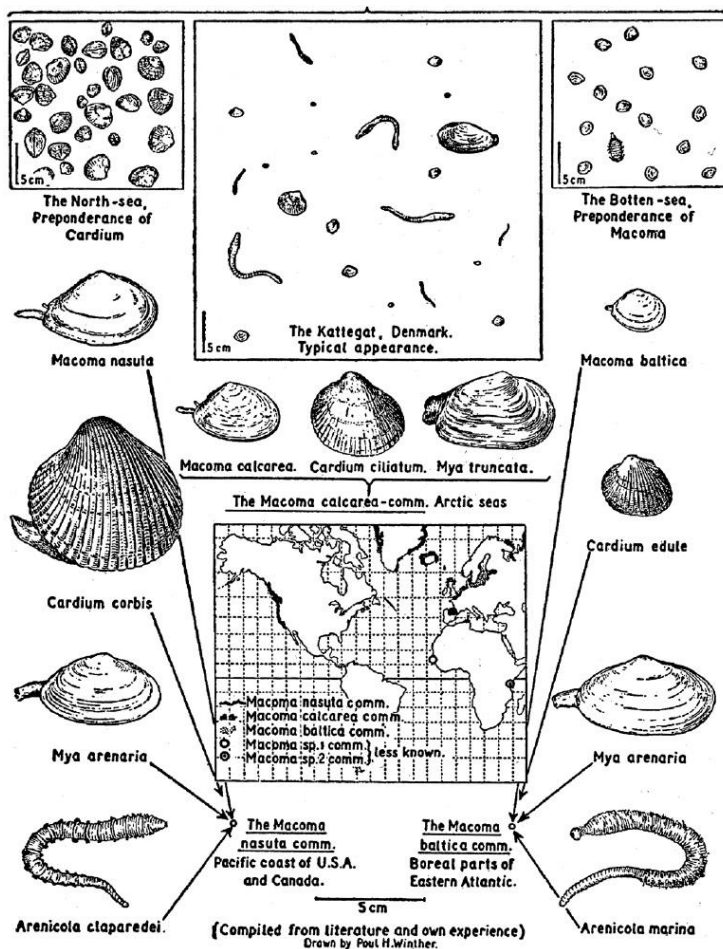


Fig. 5. Illustration of benthic communities with similar examples at eastern Atlantic and US Pacific coast, exemplified with distribution of some genera of bivalves and polychaeta in the two sites. Drawn by Poul H. Winther.

Source: Thorson, 1957, p. 506.

Hensen and Petersen are two examples of scientists who standardized methods, used statistical analysis in their work and addressed structural objectivity. According to Dice (1945, p. 297), by need to measure associations between species, a series of indices had been

proposed (Forbes, S., 1907; Michael, 1920), accompanied by standardization of methods and data analyzes incorporating statistics. Thus, scientists of this time were focused to quest for objectivity, avoiding subjective interpretations in their jobs.

One of these scientists, Victor Ernest Shelford (1877-1968) helped to understand how the concept of “balance of nature” was incorporated into community ecology. Shelford questioned studies with plant communities that did not consider animals present in the area, ruling out such studies and explaining structural changes in communities using food relationships, since “there will never be community of plants without animals or animal communities without plants” (Shelford 1931, p. 465). This new vision in community ecology shows changes: it ceases to be static and goes on to consider dynamic relationships among organisms, stirring the concept of “balance of nature”.

Forbes, another objective scientist, in “The Lake as a Microcosm” (1887), performed studies on food chain, populations, community ecology, limnology and concepts of ecosystems. He emphasized the importance of not studying species in isolation and of taking into consideration different conditions necessary to their survival (Forbes, S., 1887). Forbes used the concept of “balance of nature” differently, emphasizing population’s regulation and dynamic community:

Reproductive rate is usually enormous and the struggle for existence is correspondingly severe. Every animal within these bounds has its enemies, and Nature seems to have taxed her skill and ingenuity [...] For every defensive device with which she has armed an animal, she has invented a still more effective apparatus of destruction, and bestowed it upon some foe, thus striving with unending pertinacity, to outwit herself, and yet life does not perish in the lake, nor even oscillate to any considerable degree; but on the contrary the little community secluded here is as prosperous as if its state were one of profound and perpetual peace [...] I intend to show how this beneficent order is maintained in the midst of a conflict seemingly so lawless. (Forbes, 1887, p. 86)

By this, lakes’ geomorphological characteristics are described in great detail, as well as interdependent observations of organisms and communities (Forbes, S. 1887).

Another important researcher in this transition phase was Clements. He implements the view that communities are “super-organisms”, that can only be understood as a whole. This promotes major contributions to standardization of experimental quantitative methods in ecology studies, as his revolutionary method of “Quadrat” and “Transect” as a way of representing a community (Clements, 1905, p. 162), free from illusion or subjective judgment, seeking to produce an objective knowledge (Hagen, 1986, p. 209) (Fig. 6).

Henry Allan Gleason (1882-1975) agreed with Clements on his needs of standardize methods in ecology (Gleason, 1920, p. 22), but the holistic view of community as “super-organism” required testing by Gleason and other scientists after Second World War.

In 1917, Gleason began to express serious doubts about usefulness of some expressions widely used by Clements, especially the use of “metaphor of the body” (Gleason, 1917, p. 463). As alternative to describing vegetation in terms of associations, Gleason presented “the individualist concept of ecology” in which “the phenomena of vegetation depend completely on individual phenomena” (Gleason, 1917, p. 464).

Gleason, Clements, Forbes, Hensen and others of the same generation, considered themselves advocates of “dynamic ecology”, and emphasized the issue of changing thinking of static to a dynamic equilibrium, but from 1920, with the proposal of concept of ecosystem and use of statistical approach, the dynamic ecology gained strength.

Mathematization of Ecology was very important for its development, beginning in the 1920s, as well explains Kingsland:

Ecologists were asked to develop mathematical models for their attempts to unravel causes of population changes, when their descriptive methods could not deal with the complexity of nature (Kingsland, 1986, p. 237).

After a decade “mathematical ecology had created a great arena for ecologists seeking dissertation topics, or just looking for new ways to approach their discipline” (Kingsland, 1986, p. 244).

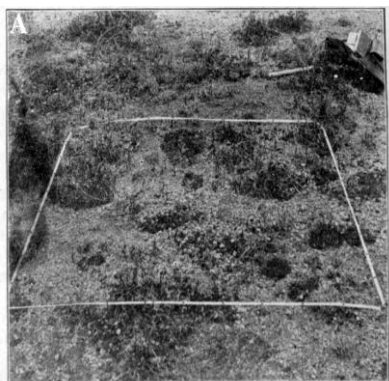


Fig. 51. Permanent chart quadrat, *Androsace*, *Carex*-*Campanula-corymbium*.

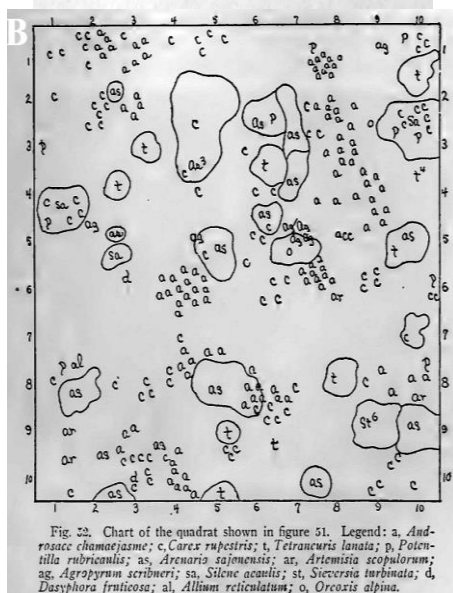


Fig. 6. Square meter example of a “quadrat” mapped by Clements. A. “quadrat” picture; B. Chart of the distribution of vegetation sampled by the “quadrat” (Clements, 1905, p. 168-169).

Troubled by the perspective of ecology becoming a rigid discipline, based on concepts and more concerned about classification and definition than with discovery of new facts about the world, Elton proposed the concept of ecological community, pointing he possibility of existing a relationship linking bodies into a single functional entity (Elton, 1927, p. 5; Elton, 1940, p. 151).

Elton (1927), in his classic book *Animal Ecology*, described the important principles of ecological studies (animal behavior and life history), such as food chains, ecological niche and the concept of “pyramid of numbers” as a method to represent structure of an ecosystem in terms of power relations:

Balance of nature does not exist and perhaps never existed [...] In times of stress is a common thing for animals change their habitats and usually this change involves migration [...] We are face to face with a process that can be called environment of the animal, unlike natural selection of the animal to the environment (Elton, 1930, p. 36).

Arthur George Tansley (1871-1955), at 1935, took Elton’s idea “one step ahead”, considering animals, plants, fungi and bacteria as functional groups of different trophic levels (producers, consumers and decomposers). Next to physical factors, these trophic levels were seen as “interrelated functioning ecosystems”, defining the concept of ecosystem (Tansley, 1935, p. 299). Tansley defined ecosystem as an interactive system established between biocenosis (group of living creatures), and biotype (living environment) (*ibid.*).

4 STRUCTURAL OBJECTIVITY

Balance of nature encompasses the idea of stability. Thinking from a perspective of dynamic stability is related to observation that species population fluctuate, but within limits. Clements (1905) and S. Forbes (1880) presented a clearer proposal of dynamic equilibrium, approaching stability to the notion of persistence. With the criteria of stability and persistence, one can notice that communities change, but not so drastically that makes it impossible for a community to be recognized.

Stability, however, is widely used, but ill-defined (Peters, 1991, p. 92). Discussion about stability idea needs to be deepened. For example, Orians (1975, p. 141) identified at least seven meanings for the term: i) “constant” – absence of change in some parameter, which may be the number of species; ii) “persistence” – survival time of a system; iii) “inertia” – ability of a system to withstand external disturbances; iv) “elasticity” – speed with which a disturbed system returns to initial state; v) “amplitude” – area in which a system is stable; vi) “cyclic stability” – ability of a system to oscillate around a central point; vii) “stability trajectory” – ability of system to pursue a final status despite differences in starting points. Besides the hard definition, obstacles still difficult to measure stability and put clearly temporal and spatial scale where stability could be assessed.

Because of the problems involved, serious ecologists hardly use the term “balance of nature”, but they still speak about “stability” and seek for some metric for it. In our view, this situation has less to do with the concept of “need”, and more to with a commitment to a virtue of idealization of science. The notion described as stable (e.g. resilience, strength, flexibility, robustness) in practice is a disjunction of relationships, not covering all cases of “stability”. To avoid meanings associated with the idea of stability in ecology, Grimm & Wissel (1997, p. 329) even proposed as a strategy in which environmentalists ask themselves what is the cause of the stability they are referring to. However, we understand that we are not facing a language problem that is resolved by changing the words, but a commitment problem with an epistemic virtue of structural objectivity

5 CONCLUSION

In order to study the concept of “balance of nature” in bioinvasion, it was necessary to retrieve a context: an episode of the history of ecology, which aroused the understanding of this problem and research methods. Looking at “bioinvasion” research topic, we realized that it is an interdisciplinary research theme, since scientists include it both in the field of ecology and biogeography to explain basic concepts.

Answering the question: “does bioinvasion current research are committed to balance of nature idea?” Large majority of current stud-

ies on bioinvasion are framed in community ecology, therefore, consider the theory of “balance of nature”. An idea that invasive species disrupt natural communities, causing imbalance of ecological functions and, once disturbed, the community has reduced ability to resist new invasions, it comes from “balance of nature” preached by community ecologists. Changing from static to dynamic, the concept of balance of nature entered the twentieth century, but only got structured in its second quarter with the emergence of ecosystem ecology and the inclusion of statistical methods. This dynamic balance was what guided the first studies on bioinvasion.

Answering the initial question: “Should we still talk about balance of nature in ecology?” The answer is no. It is not possible to speak about it, neither using the old notion of static balance of nature, nor the more modern notion of dynamic balance of nature.

One way to avoid the idea of balance of nature is to treat it in terms of stability. However, the idea of balance of nature and the associated term stability in ecology do not deserve space, due the absence of explanatory potential. First, it has been made a defense regarding the relationship between diversity and stability, in terms of, “the more diverse (understood as the number of species) the more stable is the community” (for this proposal, we find Clements & Shelford, 1939; Odum, 1953). Second, the sense of stability has been exploited in combination with the idea of complexity by Elton (1958) and MacArthur’s (1955) diversity-complexity-stability hypothesis, but the Tilman group (Tilman & Downing, 1994, p. 363) brought evidence against the hypothesis, which today enjoys little acceptance. In both cases, the concept of balance of nature, represented by the idea of stability and consorts, is inaccurate and, according Odenbaugh (2006, p. 397) also lacking in evidence.

In practice, however, the affirmation of existence of a balance of nature persists in ecology, as Cooper notes:

[The idea of balance of nature] usually functions as a background assumption that is rarely brought forward for explicitly study. This remains largely true of the balance of nature idea in ecology as a self-conscious scientific field; it has worked in the background, shaping inquiry, but it has rarely been hauled out into daylight and closely examined. (Cooper, 2001, p. 481)

Another issue, brought by Walter (2008, p. 418), is that the more complex the ecological level, the more complex and abstract is the understanding of the concept of the balance of nature. And that trying to explain the persistence and control of populations using the concept of non-equilibrium or density-dependent processes are flaws in theoretical and practical concepts (Cooper, 2001, p. 482; Walter, 2008, p. 420).

In absence of precision and evidence, the idea of balance persists more in virtue of its history of origin, whose strongest sense is maintenance of an environment “unchanged” (or with little expressive changes). That is, we cling to preservation of a constant over time. Therefore, it is possible to tolerate an inaccurate concept, because we are committed to defending the maintenance of a structure in ecological community, which can be captured by mathematics and statistics, and reported objectively. In other words, idea of balance of nature is inaccurate in appearance, but carries a stronger meaning of permanence that is consistent with a type of epistemic virtue that we value: the structural objectivity.

Simberloff (2014, p. 3) reinforces the fragile balance idea and points out that the “balance of nature” persists today not as a theory but as a metaphor.

An interpretation of the “balance of nature” metaphor as divine manifestation was the first to settle in ecology in form of an initial theory of this science (Egerton, 1973, p. 326; Simberloff, 2014, p. 1), the metaphor, in short, exploits ability of natural systems to persist in working order by multiple forces. Cuddington (2001, p. 466) estimates, on the other side, that the idea of balance in nature holds at least three interpretations: i) natural populations have relatively constant number of individuals; ii) natural systems have a relatively number of constant species; and iii) species communities maintain a “delicate balance” of relations. “balance of nature” metaphor changes from its original understanding, that natural ecological conditions of ecological systems are statistic. However, it should be clear that the “balance of nature” idea still serves to ecology development, because, of the contrast to traditional view that balance of natural systems would be related to homogeneous environments. We know today that spatial heterogeneity can promote coexistence, interactions between

species, and temporal heterogeneity, resulting in complex natural systems and dynamic behavior (May, 1986 p. 1116).

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by FAPESB (PET 0035/2012). Francisco Barros was supported by CNPq fellowships (303897/2011-2, 239978/2012-9). Luiz Eduardo Gomes is supported by a FAPES scholarship.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEE, Warder Clyde; EMERSON, Alfred Edwards; PARK, Orlando; PARK, Thomas; SCHMIDT, Karl Patterson. *Principles of Animal Ecology*. Philadelphia: Saunders Company, 1967.
- ANDERSON, Thomas R.; RICE, Tony. Deserts on the sea floor: Edward Forbes and his azoic hypothesis for a lifeless deep ocean. *Endeavour*, **30**: 131-137, 2006.
- BEGON, Michael; HARPER, John L.; TOWNSEND, Colin R. *Ecology: individuals, populations and communities*. 2. ed. Cambridge: Blackwell Scientific Publications, 1990.
- BERTNESS, Mark D.; GAINES, Steven D.; HAY, Mark E. *Marine community ecology*. Sunderland: Sinauer Associates, 2001.
- BOWLER, Peter J. *Evolution: the history of an idea*. California: University of California Press, 1989.
- CLEMENTS, Frederic Edward. *Research methods in ecology*. Lincoln: University Custom Publishing, 1905.
- . *Plant Succession. An analysis of the development of vegetation*. Washington: Carnegie Institution of Washington, 1916.
- CLEMENTS, Frederic Edward; SHELFORD Victor Ernest. *Bio-Ecology*. New York: Wiley & Sons, 1939.
- COOPER, Gregory J. Must there be a balance of nature? *Biology and Philosophy*, **16**: 481-506, 2001.
- CUDDINGTON, Kim. The “balance of nature” metaphor and equilibrium in population ecology. *Biology and Philosophy*, **16**: 463-479. 2001.
- DARWIN, Charles. *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London: John Murray, 1859.

- DICE, Lee R. Measures of the amount of ecologic association between species. *Ecology*, **26**: 297-302, 1945.
- EGERTON, Frank N. Changing concepts of the balance of nature. *The Quarterly Review of Biology*, **48**: 322-350, 1973.
- EHRENFELD, Joan G. Ecosystem consequences of biological invasion. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, **41**: 59-80, 2010.
- ELTON, Charles S. *Animal ecology*. London: Sidgwick and Jackson, 1927.
- . *Animal ecology and evolution*. Oxford: Clarendon Press, 1930.
- . Review of symposium "Plant and animal communities". *Journal of Animal Ecology*, **9**: 151-152, 1940.
- . *The ecology of invasions by animals and plants*. London: Methuen, 1958.
- FERREIRA, Tonico. Barragem ameaça o equilíbrio da natureza no Pantanal. *Jornal Nacional*, 2011. Available in: <<http://globotv.globo.com/rede-globo/jornal-nacional/v/barragem-ameaca-o-equilibrio-da-natureza-no-pantanal/1490944/>>. Accessed 12 June 2015.
- FORBES, Edward. Report on the Mollusca and Radiata of the Aegean Sea, and on their distribution, considered as bearing on geology. Pp. 129-193, in: *Report of the Thirteenth Meeting of the British Association for the Advancement of Science Held at Cork, in August 1843*. London: John Murray, 1844.
- FORBES, Edward; GODWIN-AUSTEN, Robert. *The Natural History of the European Seas*. London: John Van Voorst, 1859.
- FORBES, Stephen Alfred. On some interactions of organisms. *Laboratory of Natural History Building*, **1**: 3-17, 1880.
- . The lake as a microcosm. Bulletin of the Scientific Association, Peoria, Illinois, pp.77-87. Reprinted in *Illinois Natural History Survey Bulletin*, **15**: 537-550, 1887.
- . On the local distribution of certain Illinois fishes: an essay in statistical ecology. *Bulletin Illinois State Laboratory of Natural History*, **7**: 273-303, 1907.
- GLEASON, Henry Allan. The Structure and Development of the Plant Association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, **44** (10): 463-481, 1917.

- . Some Applications of the Quadrat Method. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, **47**: 21-33, 1920.
- GOTELLI, Nicolas J. *Ecologia*. 3. ed. Londrina: Editora Planta, 2007.
- GRIMM, Volker; WISSEL, Christian. Babel, or the ecological stability discussions: an inventory and analysis of terminology and a guide for avoiding confusion. *Oecologia*, **109**: 323-334, 1997.
- GRISEBACH, August Heinrich Rudolf. *Die Vegetation der Erde nach Ihrer Klimatischen Anordnung*. Engelmann: Wilhelm, 1872.
- HAGEN, Joel B. Ecologists and taxonomists: divergent traditions in twentieth-century plant geography. *Journal of the History of Biology*, **19** (2): 197-214, 1986.
- HENSEN, Victor. *Ueber die bestimmung des planktons oder des im Meere treibende materials an pflanzen und thieren*. Berlin: Parey, 1887.
- HOFSTEN, Nils von. Linnaeus's conception of nature. *Almqvist & Wiksells*, **4587**: 65-105, 1958.
- HUMBOLDT, Alexander von. *Essai sur la géographie des plantes accompagné d'un tableau physique des régions équinoxiales*. Paris : F. Schoell., 1807.
- . *Views of nature: or contemplations on the sublime phenomena of creation* Tranlation E.C. Otte and H.G. Bohn. London: HG Bohn, 1850.
- JARDINE, Nicolas; SECORD, James A.; SPARY, Emma C. *Cultures of natural history*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- KENDEIGH, Samuel Charles. *Animal Ecology*. New Jersey: Prentice-Hall, 1961.
- KINGSLAND, Sheron E. Mathematical figments, biological facts: population ecology in the thirties. *Journal of the History of Biology*, **19**: 235-256, 1986.
- KORMANDY, Edward J. Review: ecology/economy of nature-synonyms? *Ecology*, **59**: 1292-1294, 1978.
- LIMOGES, Camille. Introduction. Pp.7-22, in: LINNÉ, C. (ed) *L'équilibre de la nature*. Paris: Vrin, 1772.
- LINNAEUS, Carl. *Oeconomia of naturae*. Upsala (IJ Biberg): Harvard University, 1749.
- MacARTHUR, Robert. Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. *Ecology*, **36**: 533-536, 1955.
- MAY, Robert M. The search for patterns in the balance of nature: advances and retreats. *Ecology*, **67**: 1115-1126, 1986.

- McINTOSH, Robert Patrick. *The background of ecology: concept and theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
- MICHAEL, Ellis L. Marine ecology and the coefficient of association: a plea in behalf of quantitative biology. *Journal of Ecology*, **8**: 54-59, 1920.
- MÖBIUS, Karl August. *Über Austern- und Miesmuschelzucht Hebung derselben um Küste norddeutschen der*. Berlin: Verlag von Wiegandt & Hempel, 1870.
- . *Die Auster und die Austernwirtschaft*. Berlin: Verlag von Wiegandt, Hempel & Parey, 1877.
- NICOLSON, Malcolm. Alexander von Humboldt, Humboldtian science, and the origins of the study of vegetation. *History of Science*, **25**: 167-194, 1987.
- . Humboldtian plant geography after Humboldt: the link to ecology. *The British Journal for the History of Science*, **29**: 289-310, 1996.
- ODENBAUGH, Jay. Struggling with the science of ecology. *Biology and Philosophy*, **21** (3): 395-409, 2006.
- ODUM, Eugene P. *Fundamentals of ecology*. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1953.
- ORIAN, Gordon H. Diversity, stability and maturity in natural ecosystems. Pp. 139-150, in: VANDOBBERNAND, W. H. & LOWE-MCCONNELL, R. H. (eds.). *Unifying Concepts in Ecology*. The Hague: W. Junk, 1975.
- PETERS, Robert Henry. *A Critique for Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- PETERSEN, Carl Georg Johannes. Valuation of the sea. 2. The animal communities of the sea bottom and their importance for marine zoogeography. *Reports of the Danish Biological Station*, **21**: 1-44. 1913.
- RAUNKIAER, Christen. *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography*. Introduction by A. G. Tansley. Oxford: Oxford University Press, 1934.
- RICHARDSON, David M; PYŠEK, Petr. Fifty years of invasion ecology: the legacy of Charles Elton. *Diversity and Distributions*, **14**: 161-168, 2008.

- RICKLEFS, Robert E. *A Economia da Natureza*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.
- ROHDE, Klaus. *The balance of nature and human impact*. London: Cambridge University Press 2013.
- SCHIRAMM, Engelbert. *Ökologie-Lesebuch: ausgewählte Texte zur Entwicklung ökologischen Denkens von Beginn der Neuzeit bis zum Club of Rome* (1971). Frankfurt: M. S. Fischer, 1984.
- SHELFORD, Victor Ernest. Some concepts of bioecology. *Ecology*, **12**: 455-467, 1931.
- SIMBERLOFF, Daniel; MARTIN, Jean-Louis; GENOVESI, Piero; MARIS, Virginie; WARDLE, David A.; ARONSON, James; COURCHAMP, Franck; GALIL, Bella; GARCÍA-BERTHOU, Emili; PASCAL, Michel; PYŠEK, Petr; SOUSA, Ronaldo; TABACCHI, Eric; VILÀ, Montserrat. Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in Ecology & Evolution*, **28**: 58-66, 2013.
- SIMBERLOFF, Daniel. The “Balance of Nature”: Evolution of a Panchreston. *PLoS Biology*, **12** (10): e1001963, 2014.
- STAUFFER, Robert C. Haeckel, Darwin and ecology. *The Quarterly Review of Biology*, **32**: 138-144, 1957.
- STEVENS, Wilian K. New eye on nature: the real constant is eternal turmoil. *The New York Times*, 31 July 1990. Available in: <<http://www.nytimes.com/1990/07/31/science/new-eye-on-nature-the-real-constant-is-eternal-turmoil.html>>. Accessed 10 December 2016.
- TANSLEY, Arthur George. The use and abuse of vegetational terms and concepts. *Ecology*, **16**: 284-307, 1935.
- THORSON, Gunnar. Bottom communities (sublittoral or shallow shelf). *Geological Society of American Memoir*, **67**: 461-534. 1957.
- TILMAN, David; DOWNING, John A. Biodiversity and stability in grasslands. *Nature*, **367**: 363-365, 1994.
- WALTER G H. Individuals, populations and the balance of nature: the question of persistence in ecology. *Biology and Philosophy*, **23**: 417-438, 2008.
- WEED, Clarence M. The Biological Work of American Experiment Stations. *The American Naturalist*, **25**: 230-236, 1891.

WILLIAMSON, Mark Herbert. *Biological invasions*. New York: Chapman & Hall, 1996.

ZILLER, Silvia Renate. Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. *Revista Ciência Hoje*, **30**: 77-79, 2001.

Data de submissão: 05/02/2017

Aprovado para publicação: 21/03/2017

Uma barreira de arenito de Pernambuco descrita por Charles Darwin

Fernanda Cavalcanti Vitor *
Ana Paula Bispo da Silva #

Resumo: Neste trabalho apresentamos uma tradução do trabalho de Charles Darwin que contém uma descrição dos recifes de coral existentes em Pernambuco. A descrição é parte dos estudos de geologia de Darwin, pelos quais ele tenta apresentar argumentos contra a hipótese do catastrofismo na constituição da Terra. Darwin relata sobre a semelhança entre o recife de coral brasileiro e outros já conhecidos em outros lugares, bem como sobre as espécies locais e a provável relação entre os corais e a origem da Terra. Esta tradução é parte de uma proposta que utiliza a história da ciência no ensino de ciências. Acreditamos que o conhecimento desta fonte primária pode contribuir em estimular os estudantes a conhecer seu próprio ambiente e a aprender sobre as consequências de suas ações nele.

Palavras-chave: recifes de coral; história da ciência; Darwin, Charles Robert; ensino de ciências

A sandstone barrier of Pernambuco described by Charles Darwin

Abstract: In this paper, we present a translation of Charles Darwin's description about a coral reef in Pernambuco. The description is part of Darwin's studies on geology in which he tried to argue against the hypothesis of catastrophism on Earth formation. Darwin reports about the resemblance between this coral reef and other reefs already known, the local species and the probable relation between the reefs and the Earth's origin. This transla-

* Mestre em Formação de Professores e membro do Grupo de História da Ciência e Ensino, Universidade Estadual da Paraíba. Rua Baraúnas, 351, Bairro Universitário, CEP 58429-500, Campina Grande, Paraíba. E-mail: dinhacavalcanti@yahoo.com.br

Departamento de Física e Grupo de História da Ciência e Ensino, Universidade Estadual da Paraíba. Rua Baraúnas, 351, Bairro Universitário, CEP 58429-500, Campina Grande, Paraíba. E-mail: anabispouepb@gmail.com

tion is part of a draft for using history of science in science teaching. We believe that the knowledge of this primary source can contribute to stimulate students to know their environment and to learn about the importance of their actions on it.

Key-words: history of evolution; Darwin, Charles Robert

1 INTRODUÇÃO

A História da Ciência apresentada neste trabalho envolve uma descrição do Recife de Arenito de Pernambuco feita por Charles Darwin (1809-1882), que também comentou de forma sutil sobre a diferença entre esse banco de areia e os recifes de coral. Esse texto compreende, portanto, as primeiras descrições de recifes no Brasil existentes na literatura (Prates, 2003). Na ocasião, o naturalista inglês realizava uma viagem ao redor do mundo, que durou entre os anos de 1831 a 1836, tripulando o navio H.M.S. Beagle (Vaske Júnior *et al.*, 2010, p. 16).

As tentativas iniciais para compreender as forças da natureza na criação dos recifes de coral foram feitas por Charles Darwin e as suas concepções originais são ainda a fundação das nossas crenças em relação à origem desses ecossistemas (Kaplan, 1982, p. 96). De fato, Darwin, em sua viagem a bordo do Beagle, percebeu não um, mas três principais tipos de Recifes¹. Sendo assim, a diferenciação proposta por esse naturalista é uma das primeiras de que se tem relato e provavelmente ele foi a primeira pessoa a elaborar um mapa global dos recifes de coral (Spalding, Ravilious & Green, 2001, p. 18). Darwin também fez extensas coleções de muitos tipos de animais marinhos e desenvolveu a teoria do desenvolvimento dos recifes de coral, descrevendo assim o seu crescimento global (Levinton, 1995, p. 5).

As contribuições de Charles Darwin para a ciência direcionam-se para três grupos principais: geologia, evolução (seleção natural) e botânica (Beer, 2007). Seu interesse em descrever os recifes está muito relacionado aos estudos geológicos, pois buscava estimar a

¹ Podemos identificar três tipos gerais de recifes de coral, com base na sua estrutura e substrato: Recife em Franja, Recife em Barreira e Atol.

idade da terra, através do conhecimento sobre a origem e a formação das rochas, e identificar as influências das mudanças climáticas na vida humana.

Inclusive, um dos fatos que colaboraram na revolução sobre esse assunto no início do século XIX foi a aceitação de que certos tipos de plantas e animais fossilizados estavam relacionados a estratos geológicos, pois o fóssil poderia ajudar na localização dos estratos no tempo e assim disponibilizar uma ideia coerente da história da vida na Terra (Pérez-Malvárez, Bueno-Hernández e Gutiérrez, 2016).

Nesta perspectiva histórica, buscamos disponibilizar um episódio relacionado à descrição de Recifes, para que seja possível problematizar a visão de ciência com estudantes da Educação Básica, bem como contribuir na formação de cidadãos críticos, participativos e conscientes das suas ações na sociedade (Guerra et al., 1998). Nesse sentido, aqui será apresentada apenas parte do episódio, ou mais propriamente, a fonte primária traduzida. Nosso intuito é fornecer informações que viabilizem um estudo interdisciplinar, contextualizado e problematizador sobre o tema proposto, como também tornar acessível recursos que contemplam uma abordagem histórica sobre os ambientes recifais. Buscamos, portanto, motivar a participação de estudantes em atividades escolares, através de um contexto histórico sobre as ciências².

2 CHARLES DARWIN, A GEOLOGIA E A AMÉRICA DO SUL³

Charles Robert Darwin, filho de Robert Waring Darwin e Susannah Wedwood, nasceu em 9^a de fevereiro de 1809, em Shrewsbury, Inglaterra. Pertencia a uma família que se caracterizava pela alta qualidade intelectual de seus membros e pelos diversos

² A proposta como um todo, será publicada posteriormente e faz parte de uma dissertação de mestrado.

³ As informações biográficas foram retiradas, em sua maioria, do dicionário de biografias científicas.

⁴ Há trabalhos que colocam a data de nascimento de Charles Darwin em 12 de fevereiro, mas nós adotamos a data apresentada no livro de biografias científicas.

interesses culturais, entre outras virtudes. Em 1817, Darwin começou a frequentar uma escola em Shrewsbury e mais tarde, em 1825, foi enviado à Universidade de Edimburgo para fazer medicina. Porém, detestou o curso e desistiu. Contudo, a sua estadia em Edimburgo, até 1827, trouxe algumas vantagens como sua amizade com o zoólogo Robert Grant (1793-1874), que valorizava os conhecimentos de Lamarck (1744-1829) sobre a evolução. Lá, Darwin também realizou excursões geológicas com Robert Jameson (1774-1854) e participou de expedições ao estuário de Forth para coletar animais marinhos.

Após abandonar a medicina, o pai de Darwin o enviou à Cambridge para que fosse preparado para ser pastor. Aceitou, por obrigação os ensinamentos religiosos, porém, considerou uma perda de tempo relacionado aos seus estudos acadêmicos, da mesma forma que considerou um desperdício o período que passou na escola e em Edimburgo. Foi em Cambridge que, após conhecer Adam Sedgwick (1785-1873), o seu interesse pela geologia foi despertado. Além disso, conheceu John Stevens Henslow (1796-1861), pessoa que o fez se apaixonar pela história natural e o estimulou a embarcar no Beagle.

Darwin, na qualidade de naturalista não remunerado, zarpuou em 27 de dezembro de 1831 no H.M.S. Beagle, navio comandado por Robert FitzRoy, para fazer um levantamento das costas da Patagônia, Terra do Fogo, Chile e Peru; ou seja, levantamento da costa do Hemisfério Sul, o que incluiu o Brasil. Visitaria também algumas ilhas do Pacífico. Retornou à Inglaterra cinco anos depois.

Na época da sua viagem a bordo do Beagle, a teoria mais aceita na geologia era a do catastrofismo. Discutia-se a origem das rochas estratificadas e como os estratos sedimentares tinham sido erguidos do fundo do mar e como impactavam as estimativas da idade da Terra (Beer, 2007; Pérez-Malvárez, Bueno-Hernández & Gutiérrez, 2016). Muitos geólogos rejeitavam a ideia de que o mar tinha coberto toda a Terra em tempos anteriores, porém, não conseguiam imaginar essa elevação dos estratos, que formavam colinas e montanhas, sem que envolvessem intensas convulsões na superfície terrestre. Considerava-se ainda que a história da Terra incluiu períodos de tranquilidade interrompidos por catástrofes, e cada catástrofe foi

seguida por uma nova criação e as sucessivas criações foram cada vez mais complexas até chegar na criação humana.

Todavia, esse ponto de vista catastrofista foi contestado por Charles Lyell (1797-1875) em 1930, que concluiu que os estratos poderiam ser elevados do fundo do mar por meio das repetições de terremotos que existiram por longos períodos. Lyell ainda mostrou que a ação das chuvas, das águas correntes e das ondas do mar eram responsáveis pela corrosão da Terra e a deposição de sedimentos, e que as ações contínuas de vulcões e terremotos elevavam continentes e cordilheiras. Darwin, então, estava convencido de que os argumentos de Lyell eram compatíveis com a realidade.

Em Santiago, ilhas de Cabo Verde, Darwin obteve o primeiro material para estudo geológico e logo desvendou a história da ilha aplicando os princípios de Lyell. Por meio das observações das rochas expostas na costa, concluiu que a ilha tinha passado por processo de deposição e depois de elevação. Porém, foi na América do Sul que o naturalista teve um modelo para desenvolver as suas habilidades de observação e interpretação. Percebeu uma relação entre lavas de origem vulcânica com rochas ígneas dos Andes; desvendou a semelhança de vários aspectos entre os minerais nos granitos e nas lavas. Suas observações e anotações geraram várias contribuições para estudos geológicos posteriores.

Na costa oeste da América do Sul, Darwin presenciou o terremoto que atingiu Concepción e percebeu que o fenômeno tinha elevado o solo em mais de um metro. A partir disso, decifrou uma conexão entre a elevação do solo e a atividade vulcânica. Ao perceber que as conchas nos leitos erguidos a alturas de até quatrocentos metros eram de organismos vivos, mostrou que tal elevação era recente. Constatou ainda que esses leitos eram em menor número e menos extensos em relação aos leitos baixos, e que isso era devido à erosão que ocorria na superfície terrestre e que destruía os depósitos. Este fato foi considerado importante para as estimativas da idade da Terra (Pérez-Malvárez, Bueno-Hernández e Gutiérrez, 2016).

Darwin, até chegar às águas da América do Sul, ainda não tinha visto um recife de coral, porém já sabia da existência dos atóis e dos recifes de barreira. Após observar um recife em franja, percebeu que grandes zonas do oceano Pacífico têm atóis e recifes de barreira e que

essas estruturas se formaram por deposição, e, que em outras regiões, paralelas a elas, existem recifes em franja e que essas sofreram elevação.

Após voltar da sua viagem ao mundo, Charles Darwin se casou com sua prima Emma Wedgwood (1808-1896) em 29 de janeiro de 1839 e tiveram 10 filhos. A princípio, viveram em Londres, mas preferiram se mudar para o campo, para a mansão Down (hoje, um museu), localizada no vilarejo de Downe em Kent, devido à saúde fragilizada de Darwin. Permaneceu nesse local até 19 de abril de 1882, data da sua morte. Nesse ambiente, o naturalista inglês produziu diversos trabalhos que enriqueceram os nossos conhecimentos em ciências e em biologia e que nos servem de referência também nos dias atuais.

O trabalho traduzido aqui, com um pouco mais de duas páginas, trata da descrição de uma das barreiras encontradas na costa de Pernambuco. Foi publicado em outubro de 1841 no *The London, Edimburg and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*. Como será observado nas notas de rodapé, todas elas elaboradas pelas tradutoras, muitas descrições de Darwin coincidem com observações atuais sobre as peculiaridades locais do recife de arenito.

3 TRADUÇÃO: “SOBRE UMA NOTÁVEL BARREIRA DE ARENITO DE PERNAMBUCO, NA COSTA DO BRASIL”, POR CHARLES DARWIN⁵

Ao entrar o Porto de Pernambuco, uma embarcação passa perto ao redor de um longo Recife⁶, que é visto na maré alta quando as

⁵ Artigo original: DARWIN, Charles R. On a remarkable bar of sandstone off Pernambuco, on the Coast of Brazil. *Philosophical Magazine and Journal of Science*, **3** (124): 257-260, 1841.

⁶ Os recifes de arenito, localizados na linha da costa do Município de Recife, Pernambuco, formam dois alinhamentos de rochas de areia cimentadas por carbonato de cálcio e que, devido a algumas descontinuidades provocadas por processos erosivos costeiros e/ou retirada das rochas no passado para a utilização na construção civil, acabaram definindo dois corpos isolados de arenitos de praia. Portanto, há um corpo localizado ao sul, que se estende por cerca de 4 km ao longo das praias do Pina e de Boa Viagem, ficando descoberto durante as marés baixas e o

ondas quebram fortemente sobre ele. Poderia ser naturalmente considerada uma formação de coral, mas, quando vista na maré baixa, poderia ser confundida com um quebra-mar artificial, como aquele erguido por operários. Na maré baixa, ela se mostra um suave ponto mais elevado, de 30 a 40 jardas⁷ de largura em ambos os lados, e estendendo em uma perfeita linha reta, por muitas milhas⁸, paralela à costa. Fora da cidade, inclui uma rasa lagoa ou canal por cerca de meia milha de largura, que mais distante ao Sul, diminui a pouco mais que umas 100 jardas. Próximo do ponto norte, navios repousam ancorados ao lado do Recife com armas velhas deixadas dentro deles.

A xilogravura [que acompanha esse texto - Figura 1] representa, na maré baixa das águas de primavera, uma seção transversal da parte norte da barreira, onde uma seção de cerca de sete pés de altura é exibida no lado interno. Consiste de um arenito duro de cor pálida, rompendo com uma fratura muito suave e formado de grãos de sílica, cimentados por substâncias calcárias. Seixos de quartzo bem arredondados, do tamanho de um feijão, uns poucos do tamanho de uma maçã, são incorporados nele, juntos com uns poucos fragmentos de conchas. Vestígios de estratificação são obscuras, mas havia inclusive uma camada em um ponto de calcário estalactite, com um oitavo de polegada⁹ de espessura. Em outro lugar, algumas camadas falsas, mergulhando em direção à terra a um ângulo de 45°, estavam cobertas por uma massa horizontal. Em cada lado do cume, fragmentos quadrangulares diminuía, como mostrado na xilogravura, e a massa

outro, ao norte da Praia do Pina até o “Marco Zero” (ponto de referência cartográfica), que fica próximo ao porto de Pernambuco, região central da cidade. Essa estrutura apresenta cerca de 6 km de extensão e fica parcialmente exposta, mesmo na maré alta. Considera-se assim que essa área favoreceu a instalação do Porto do Recife (Barreto *et al.*, 2013). Então, diante dessas informações, a descrição feita por Darwin, discutida neste trabalho, está relacionada a esse segmento mais ao norte.

⁷ 1 jarda, medida inglesa de comprimento, equivale a 0,914 m.

⁸ 1 milha, unidade de comprimento para grandes distâncias, equivale a 1,609 km.

⁹ 1 polegada, unidade de comprimento, equivale a 2,54 cm.

toda está, em alguns lugares, fissurada, aparentemente pelo desgaste de algum suave banco de arenito por baixo. Um dia, na maré baixa, eu caminhei uma milha completa ao longo dessa singular, suave e estreita calçada, com água em ambos os meus lados, e pude ver que, por quase uma milha a mais, a sua forma permanecia inalterada¹⁰. No bonito gráfico do Barão Roussin de Pernambuco (*Le Pilote du Brésil*)¹¹ ela [a formação] está representado como alongada, em uma linha absolutamente reta, por várias léguas; quão longe sua composição permanece a mesma, eu não sei; mas, a partir de umas descrições que recebi de um piloto nativo inteligente, parece ser substituído em algumas partes da costa por verdadeiros recifes de coral¹².

¹⁰ Os recifes localizados no litoral pernambucano, mesmo apresentando uma rica biodiversidade, são principalmente construções de arenito e se assemelham a calçadas de ruas, como relatado por Darwin, pois na maré baixa ficam praticamente emersos e, por estarem próximos à costa, são facilmente visitados por turistas, banhistas e/ou moradores da região, além de pescadores. Mas, este tipo de atividade tem sido prejudicial e muitos dos organismos que formam superficialmente esse ambiente são retirados e/ou pisoteados com frequência, irregularmente.

¹¹ Darwin está se referindo à obra *Le pilote du Brésil, ou Description des côtes de l'Amerique méridionale comprises entre l'île Santa-Catharina et celle de Maranhão avec les instructions nécessaires pour naviguer sur ces côtes*, de Albin Roussin (1781-1854), comandante da expedição hidrográfica que reconheceu a costa brasileira para traçar os melhores caminhos para navegação sem colisões. O trabalho de Roussin, uma expedição realizada entre 1819 e 1820, contém a descrição detalhada da costa brasileira de Santa Catarina ao Maranhão, como forma de melhorar o comércio com o país pela navegação. Ao relatar a costa de Pernambuco, Roussin menciona que ao adentrar no porto de Recife, na região chamada Poço, há “uma rocha ou platô formado por madreperolas destacado da água, que são provavelmente a continuação do recife principal” (Roussin, 1845, p. 129).

¹² Os recifes de arenito desempenham um papel de fundação, onde pode ser desenvolvido sobre eles o recife de coral. E mesmo apresentando uma diminuição progressiva dos recifes arenito-coralíneos do Sul para o Norte do Brasil, com o desaparecimento de corais, principalmente, os recifes de coral entre Macció-AL e Recife-PE ainda são exemplos significativos da sua ocorrência nos dias atuais (Villça, 2009).

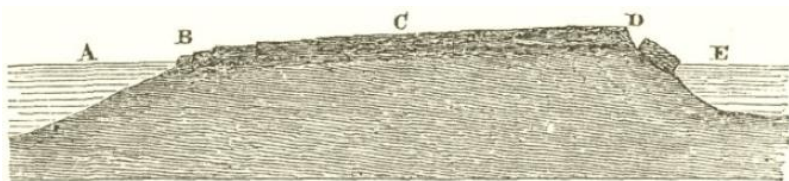


Fig. 1. Seção transversal: alturas verticais consideravelmente exageradas. A: Nível do mar na maré baixa. B: Massa superior, finamente coberta com *Serpulae*, &c. C: Topo da barreira, o qual geralmente inclina em direção ao mar; mas a inclinação foi intencionalmente aumentada na xilogravura. D: massa lateral de arenito. E: superfície do porto ou lago.

A superfície superior, embora em uma larga escala deve ser considerada lisa, ainda apresenta, por desintegração desigual, numerosas irregularidades pequenas. Os largos seixos embutidos se destacam apoiados em pequenos pedestais de arenito. Há, também, muitas cavidades sinuosas, duas ou três polegadas de largura e profundidade, e de seis polegadas para dois pés¹³ de comprimento. As bordas superiores destes sulcos algumas vezes sobressaem levemente dos seus lados. Eles terminam abruptamente, mas de uma forma arredondada. Um dos sulcos ocasionalmente ramifica em dois braços, mas geralmente eles estão quase paralelos de cada lado e colocados em linhas transversais ao cume de arenito. Eu não sei como descrever sobre sua origem, a menos que sejam formados pelas ondas, que diariamente quebram sobre a barreira, banhando para lá e para cá os seixos em depressões, a princípio de forma leve. Ao contrário desta ideia é o fato que algum deles foram revestidos com numerosas pequenas *Actinae*¹⁴ vivas. Copiei esta passagem, no momento escrevi isto, porque sulcos de alguma coisa de natureza similar na superfície das pedras tem recentemente recebido muita atenção e supostamente

¹³ 1 pé, medida de comprimento, equivale a 0,3048m.

¹⁴ Corresponde às anêmonas-do-mar, frequentemente encontradas nos ambientes recifais locais.

indicam, invariavelmente, a ação anterior de uma cascata, sobre a borda de uma geleira em movimento¹⁵.

A parte externa da barreira é revestida com uma camada fina de substância calcária; esta massa sobreposta [ao arenito], a qual só pode ser alcançada entre a quebra sucessiva das ondas na maré baixa, é tão espessa que, para quebrá-la e extrair o arenito, teria que usar um martelo pesado. Eu procurei, entretanto, algum fragmento onde a camada estava entre três e quatro polegadas de espessura; ela consiste principalmente de pequenas *Serpulae*¹⁶, incluindo alguns *Balani*¹⁷ e umas poucas camadas finas como papéis de uma *Nullipora*¹⁸. A superfície sozinha está viva e todos dentro consistem de corpos orgânicos anteriores preenchidos com branco sujo de substância calcária¹⁹. A camada, embora não seja dura, é resistente, e sua

¹⁵ Neste trecho, Darwin faz uma menção explícita à idade da Terra, uma vez que associa formações atuais à existência de anteriores quedas d'água sobre geleiras. Não encontramos outras referências de Darwin ou outros autores que corroborem essa ideia. Sabe-se, no entanto, que o crescimento dos recifes está relacionado com o movimento da Terra e da Lua, pois a mudança na luminosidade recebida pelos recifes influencia no seu crescimento. Assim, a partir do tamanho dos recifes pode-se concluir acerca do número de voltas dada pela Lua e estimar-se a idade da região.

¹⁶ Representante do Filo Annelida – poliqueta da Família Serpulidae. Esses anelídeos formam tubos de carbonato de cálcio e vivem fixos em vários substratos como algas, conchas, rochas etc. (Farina & Filho, 2009).

¹⁷ Organismo pertencente ao Subfilo Crustacea. Nos dias atuais, não conseguimos encontrar relatos sobre a presença desses indivíduos nos recifes. Pelo menos, não com esse termo. Mas, de um modo geral, mesmo sendo considerado um grupo abundante, a grande parte dos crustáceos é representada por seres pequenos, transparentes e com coloração que possibilita o disfarce no ambiente, dificultando assim o seu estudo.

¹⁸ Representante de alga calcária. Porém, a *Halimeda* é o principal gênero de alga, que apresenta calcário em seus tecidos, encontrada nos recifes e descrita pelos pesquisadores atualmente.

¹⁹ Os recifes biológicos são constituídos por uma fina camada viva sobre espessas construções calcárias. Formam-se em regiões tropicais rasas, onde os organismos depositam carbonato de cálcio mais rápido do que fatores físicos, químicos e biológicos consigam dissolver esse precipitado (Villça, 2009). No Nordeste do Brasil, por exemplo, essa camada viva é formada por organismos como corais e hidrocorais (mesmo em baixo número em relação a outros recifes brasileiros), algas, esponjas, moluscos entre outros.

superfície arredondada resiste às ressacas. Ao longo de toda margem externa da barreira, eu apenas vi um ponto muito pequeno da superfície que foi exposto na quebrada da onda. Nos Oceanos Pacífico e Índico, as margens externa e superior dos recifes de coral são protegidas, como será descrito em um trabalho próximo, com um revestimento muito semelhante; mas lá é quase formado exclusivamente por várias espécies de *Nullipora*. Tenente Nelson, em seu excelente relato sobre as Bermudas (*Geol. Trans*, vol. V. part 1. p. 117), descreveu recifes, formados, como ele afirma, mas eu não posso evitar suspeitar, de única camada de massas similares de *Serpulae*. Eu investiguei de alguns antigos pilotos, se houve qualquer tradição de mudança na forma e dimensão dessa barreira de arenito, mas eles foram unânimes em me responder pela negativa. Isto é surpreendente para refletir, que apesar das ondas de águas turvas, carregadas com sedimento, serem dirigidas, noite e dia, pela incessante ação do vento, contra as bordas abruptas deste quebra-mar natural, ainda tenha durado no seu presente estado por séculos, ou mais provavelmente por milhares de anos. Vendo que a superfície do lado interno se desgasta gradualmente, como mostrado pelos seixos do pedestal do arenito, esta durabilidade deve ser por inteiro devido a proteção proporcionada pela fina camada de *Serpulae* e outros seres orgânicos: isto é um bom exemplo, aparentemente ineficiente, no entanto eficaz, dos meios de preservação, como aqueles de destruição, que a natureza emprega.

Eu acredito que barreiras de pedra semelhantes ocorrem em frente de algumas outras baías e rios na Costa do Brasil: Barão Roussin afirma que em Porto Seguro há um “cais” semelhante a esse de Pernambuco. Espaços de várias sentenças de milhas de comprimento nas margens do Golfo do México, dos Estados Unidos, e do Sul do Brasil são formados por longas ilhas estreitas e depósitos de areia, incluindo extensas lagoas rasas, algumas das quais são várias léguas de larguras. A origem destas ilhotas lineares é bastante obscura: Prof. Rogers (*Report to British Association*, vol. iii. p. 13.) fornece algumas razões para suspeitar que elas tenham sido formadas pela agitação de cardumes depositados

onde as correntes se encontram²⁰. Estes fenômenos, isto é muito provável, são conectados com suas origens com algumas causas que tem produzido a notável barreira de arenito de Pernambuco. A cidade de Pernambuco fica em uma baixa ilhota estreita e em um longo depósito de areia, em frente de uma costa muito baixa, que é delimitada em distância por um semicírculo de morros. Pela escavação na maré baixa próximo a cidade, a areia é encontrada consolidada dentro de um arenito, semelhante àquela da quebra da maré, mas contendo muito mais conchas. Se, então, o interior de uma longa praia arenosa, em uma parte, e na outra, o centro da barreira ou depósito se estende em frente a uma baía se consolida, uma pequena chance, provavelmente de nível, mas talvez simplesmente na direção da corrente, pode dar origem, por lavagem distante da areia solta, a uma estrutura como aquela em frente da cidade de Pernambuco, e ao longo da costa sul da mesma²¹; porém sem a proteção proporcionada pelo sucessivo crescimento de seres orgânicos, sua duração seria pequena, se de fato não foram destruídos antes de completamente extintos.

²⁰ De um modo geral, os recifes de arenito são formados a partir de um processo de calcificação de sedimentos locais, na parte inferior das praias. Esse sedimento pode ser calcário ou silicoso e a natureza do “cimento” é aragonítica acircular, ou calcita com forte teor em carbonato de magnésio. A rocha formada apresenta uma estratificação típica de sedimentos de praia e se inclina para o mar, além de ser localizada entre o contato da água marinha e uma massa de água salobra. São formações que apresentam bandas paralelas relacionadas a uma variação do nível do mar ou a um deslocamento da linha de praia (Villaça, 2009).

²¹ A partir da localização descrita por Charles Darwin até o litoral sul de Pernambuco, na divisa com Alagoas, podemos identificar várias construções recifais, algumas consideradas recifes de arenito, como essas encontradas no Recife (no Porto do recife, nas praias do Pina e de Boa Viagem), área Norte do Estado, e também no Município do Cabo de Santo Agostinho (Praias de Enseada dos Corais e Gaibu), e as outras formações localizadas nas cidades de Ipojuca (Praia de Porto de Galinhas e Serrambi) e de Tamandaré (Praia de Tamandaré e dos Carneiros), no Litoral Sul de Pernambuco, por exemplo, podem ser caracterizadas como recifes de coral. Inclusive, os recifes localizados em Tamandaré-PE fazem parte da Área de Proteção Ambiental (APA) Costa dos Corais. De acordo com Ferreira e Maida (2006), essa região de recifes de coral delimitada pela APA (PE e AL) apresenta uma fauna mais rica que a parte norte, onde foram observadas 9 espécies de corais pétreos entre as 18 descritas para a costa brasileira.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tradução dessa fonte primária possibilita um estudo sobre ambientes recifais de forma diferenciada e incentiva a introdução da abordagem histórica sobre o assunto na educação básica, suprimindo, portanto, uma carência de recursos e práticas que envolvem a história da ciência nas escolas, bem como valoriza uma temática que pode contribuir na formação crítica e cidadã de estudantes e incentivar a participação mais efetiva desses alunos em atividades de ensino propostas.

Os Recifes de Coral são extremamente relevantes, pois são considerados semelhantes às florestas tropicais, na produtividade, biodiversidade e importância ecológica (Amaral *et al.*, 2010). Os ecossistemas costeiros e marinhos, o que incluem os Recifes de Coral, atingem cerca de 10.800 quilômetros de costa atlântica, colocando o Brasil entre os países com maiores áreas litorâneas do mundo (Brasil, 2010). Porém, mesmo com essa abrangência latitudinal, variedade climática e geomorfológica, principais fatores que caracterizam a diversidade de espécies e de ecossistemas existentes ao longo do litoral brasileiro, são considerados ecossistemas frágeis e com limitada capacidade de adaptação, o que os tornam, portanto, vulneráveis às mudanças climáticas. Com isso, os danos a eles provocados podem ser irreversíveis (Brasil, 2010).

Na costa nordeste, os Recifes de Coral se distribuem por cerca de 3.000 km, desde o sul da Bahia até o Maranhão, constituindo os únicos ecossistemas recifais do Atlântico Sul. No nordeste do Brasil, cerca de 18 milhões de pessoas vivem na região costeira. A saúde, o bem-estar e, em alguns casos, a sobrevivência dessas populações costeiras dependem diretamente da saúde e bem-estar dos ecossistemas marinhos e costeiros, em especial dos recifes de coral e ecossistemas associados (Castro, 1997).

Há uma preocupação mundial em relação a esses ambientes e isso tem se refletido no Brasil através do desenvolvimento de ações e programas direcionados para a conservação desses ecossistemas. Nos últimos anos, por exemplo, a conservação dos Recifes de Coral tem sido debatida em várias ocasiões, como eventos e workshops (Prates, 2003), então, levar esse assunto, através de uma abordagem histórica, para a educação básica, torna-se uma proposta interessante e

enriquecedora para construir conhecimentos científicos e desenvolver ações sustentáveis.

Outro detalhe, é que o ambiente descrito por Darwin compreende também uma área muito usada na iconografia turística da cidade do Recife, através da ilustração dos processos geológicos e históricos da região, o que facilitaria, portanto, a introdução e o estudo desses aspectos nos conteúdos curriculares em qualquer nível do sistema de ensino brasileiro (Barreto *et al.*, 2013).

O texto aborda sobre a estrutura, localização e composição do recife em Pernambuco, Brasil e apresenta uma imagem dessa “Barreira de Arenito”, desenhada naquela época. Assim, acreditamos que possa despertar o interesse e a curiosidade dos estudantes por estudos (biológicos, químicos, físicos, matemáticos, geográficos, históricos etc.) sobre os ambientes recifais, como também promover uma discussão sobre as formas de se “fazer ciência” no Século XIX. Torna-se possível ainda fazer comparações entre a imagem apresentada no trabalho de Charles Darwin e as divulgadas nos dias atuais, envolvendo os tipos de recifes, do Brasil e do mundo; os alunos podem desenhar tanto um ambiente recifal quanto os organismos marinhos, a partir das informações descritas no episódio histórico e reproduzir as ações realizadas pelo naturalista, como forma de incentivar a investigação e pesquisa científica no ensino fundamental e médio.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos às Secretarias de Educação do Estado de Pernambuco e do Município de Olinda-PE pelo apoio financeiro, e à professora Fernanda Amaral pela consultoria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, Maria Duarte do; O'BRIEN, Susan Roberta Mello; VASCONCELOS, Selma Leite; RAMOS, Carla Alecrim Colaço; LIMA, Kyllderes Kleython de Melo. Biodiversidade de cnidários bentônicos. Pp. 67-82, *in*: VASKE JÚNIOR, Teodoro; LESSA, Rosângela Paula; NÓBREGA, Marcelo Francisco de; AMARAL, Fernanda Maria Duarte do; O'BRIEN, Susan Roberta Mello; COSTA, Francisco de Assis Pereira da. (Orgs.). *Arquipélago de São*

- Pedro e São Paulo: histórico e recursos naturais*. Fortaleza: LABOMAR, 2010. (Coleção Habitat, 3)
- BARRETO, Alcina Magnólia Franca; ASSIS, Hortência Maria Barbosa de; BEZERRA, Francisco Hilário Rego; SUGUIO, Kenitiro. Arrecifes, a Calçada do Mar de Recife, PE - Importante registro holocênico de nível relativo do mar acima do atual. Vol. 3, pp. 251-262, *in*: WINGE, Manfredo; SCHOBENHAUS, Carlos; SOUZA, Celia Regina de Gouveia; FERNANDES, Antonio Carlos Sequeira; BERBERT-BORN, Mylène; SALLUN FILHO, William; QUEIROZ, Emanuel Teixeira de (Orgs.). *Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil*. Brasília: CPRM, 2013. 3 vols.
- BRASIL. *Gerência de Biodiversidade Aquática e Recursos Pesqueiros: Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos do Brasil*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2010.
- BEER, Gavin. Darwin, Charles. Vol. 3, pp. 574-587, *in*: GILLISPIE, Charles Coulston (Org.). *Dicionário de biografias científicas*. Trad. Carlos Almeida Pereira *et. al*. Rio de Janeiro: Contraponto, 2007. 3 vols.
- CASTRO, Clovis Barreira e. Recifes de coral: avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da zona costeira e marinha. *Relatório do workshop sobre os recifes de coral brasileiros*, Tamandaré, Pernambuco: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 1997.
- DARWIN, C. On a remarkable bar of sandstone off Pernambuco, on the Coast of Brazil. *Philosophical Magazine and Journal of Science*, **3** (124): 257-260, 1841.
- FARINA, Marcos; FILHO, Gilberto Menezes Amado. Biomineralização em organismos marinhos. Pp. 155-182, *in*: PEREIRA, Renato Crespo; SOARES-GOMES, Abílio. (Orgs.). *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2009.
- FERREIRA, Beatrice Padovani; MAIDA, Mauro. *Monitoramento dos recifes de coral do Brasil: situação atual e perspectivas*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente (MMA), 2006.
- GUERRA, Andréia; FREITAS, Jairo; REIS, José Cláudio; BRAGA, Marco Antonio. A interdisciplinaridade no ensino de ciências a partir de uma perspectiva histórico-filosófica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, **15** (1): 32-46, 1998.

- KAPLAN, E. H. *A field guide to coral reefs of Caribbean and Florida*. Boston: Houghton Mifflin Company, 1982.
- LEVINTON, Jeffrey S. *Marine Biology: function, biodiversity, ecology*. New York Oxford: Oxford University Press, 1995.
- PÉREZ-MALVÁEZ, Carlos; BUENO-HERNÁNDEZ, Antonio Alfredo; GUTIÉRREZ, Rosaura Ruiz. Charles Darwin y la estimación del tiempo geológico. *Filosofia e História da Biologia*, **11** (1): 31-48, 2016.
- PRATES, Ana Paula Leite. *Recifes de Coral e Unidades de Conservação Costeiras e Marinhas no Brasil: uma análise da representatividade e eficiência na conservação da biodiversidade*. Brasília, 2003. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade de Brasília.
- ROUSSIN, Albin. *Le pilote du Brésil, ou Description des côtes de l'Amérique méridionale comprises entre l'île Santa Catharina et celle de Maranhão avec les instructions nécessaires pour atterrir et naviguer sur ces côtes*. 2^a ed. Paris: Imprimerie Royale, 1845.
- SPALDING, Mark. D.; RAVILIOUS, Corinna; GREEN, Edmund P. *World Atlas of Coral Reefs*. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press, 2001.
- VASKE JÚNIOR, Teodoro; LESSA, Rosangela Paula; NÓBREGA, Marcelo Francisco de; AMARAL, Fernanda Maria Duarte do; O'BRIEN, Susan Roberta Mello; COSTA, Francisco de Assis Pereira da. (Orgs.). *Arquipélago de São Pedro e São Paulo: histórico e recursos naturais*. Fortaleza: LABOMAR, 2010. (Coleção Habitat, 3)
- VILLAÇA, Roberto. Recifes biológicos. Pp. 399-420, *in*: PEREIRA, Renato Crespo; SOARES-GOMES, Abílio. (Orgs.). *Biologia Marinha*. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2009.

Data de submissão: 17/10/2016

Aprovado para publicação: 15/12/2016

Tipos de teorías de la evolución y tipos de intervenciones eugénicas

Gustavo Caponi *

Resumen: La distinción, propuesta por Sober, entre explicaciones transformacionales y explicaciones variacionales de los procesos evolutivos, puede servirnos como referencia para distinguir entre dos modos, o tipos generales, de intervenciones eugénicas: puede hablarse de prácticas eugénicas de tipo variacional y prácticas eugénicas de tipo transformacional. Las medidas eugénicas concebidas por Galton, tanto las positivas como las negativas, serían ejemplo de lo primero; y las medidas higienistas que Nancy Stepan vinculó a una eugenesia preventiva, serían ejemplo de lo segundo. La distinción propuesta permite comparar y analizar las prácticas eugénicas sin insistir en asociarlas con teorías biológicas, sobre la herencia y la evolución, con las que sólo se vinculan de manera mediata y, en ocasiones, hasta puramente retórica.

Palabras-clave: eugenesia negativa; eugenesia positiva; eugenesia preventiva; explicación transformacional; explicación variacional

Types of evolutionary theories and types of eugenic intervention

Abstract: The distinction, proposed by Sober, between transformational and variational explanations of evolutionary processes, can serve as reference to distinguish between two modes, or general types, of eugenic interventions: we can speak of eugenic practices of variational type and eugenic practices of transformational type. Eugenic measures as those designed by Galton, both positive and negative, would be example of the former type; and those hygienist measures, that Nancy Stepan linked with a preventive eugenics, would be an example of the latter type. The proposed distinction can help to compare and to analyze eugenic practices without insisting in associate them

* Departamento de Filosofia da Universidade Federal de Santa Catarina. Caixa Postal 476. CEP 88.010-970. Florianópolis, SC. E-mail: gustavoandrescaponi@gmail.com

with biological theories about heredity and evolution, with which they link only indirectly and some-times only in purely rhetorical way.

Key-words: negative eugenics; positive eugenics; preventive eugenics; transformational explanation; variational explanation

1 INTRODUCCIÓN

Las explicaciones dadas al devenir de los linajes biológicos obedecen a dos modelos posibles: el transformacional, y el variacional (Sober, 1984, p. 147)¹. En el primer caso, ese devenir es entendido como resultante de transformaciones paralelas, más o menos simultáneas, que ocurren en los individuos que integran el linaje en cuestión (Sober, 1984, p. 149). En el modelo variacional, entretanto, el proceso es entendido como una alteración en las frecuencias relativas de los estados alternativos de un carácter, o de diferentes caracteres, que se dan en el linaje (Sober, 1984, 150). Pero esa polaridad no sólo sirve para comparar y poner en evidencia diferencias y afinidades existentes entre explicaciones y teorías de la evolución biológica (Caponi, G., 2005, pp. 233-239; 2012, pp. 158-164); sino que también puede servirnos para entender las diferencias y afinidades existentes

¹ Esta distinción fue originalmente propuesta por Richard Lewontin (1985; 2000). Pero aquí la estoy retomando bajo la forma, algo simplificada, o más general, que Sober le dio. Este autor no consideró un elemento que para Lewontin era importante: el hecho de que, en las teorías transformacionales, los organismos serían sujetos, o agentes activos, del cambio evolutivo. En la versión de Sober, en cambio, lo que realmente importa es el plano en el cual primeramente se sitúa la explicación: en el organismo, cuando estamos hablando de una perspectiva transformacional; o en la población, entendida como linaje, cuando estamos hablando de una perspectiva variacional. Bajo la perspectiva de Sober, conforme veremos a continuación, la teoría de la degeneración de Buffon sería una teoría transformacional; aun cuando, en ella, el viviente sólo sufra pasivamente el influjo mesológico. Para Lewontin, en cambio, es muy importante que el organismo respondiese activamente al influjo del medio, y que eso produjese la modificación heredable que redundará en el cambio evolutivo. La idea lamarckiana según la cual existen modificaciones evolutivas que son respuestas a necesidades sentidas por el organismo sería, este sentido, el paradigma de explicación transformacional. La distinción transformacional-variacional, tomada estrictamente bajo la forma que Lewontin le dio, no serviría para el análisis que aquí propongo.

entre diversas formas de comprender y justificar las intervenciones que pueden hacerse sobre esos linajes.

Tal es el caso de las prácticas de producción y mejoramiento de variedades de animales domésticos y de vegetales cultivables: en diferentes contextos y periodos históricos, esas prácticas han sido pensadas y justificadas desde ambas perspectivas. Y ese también es el caso de las intervenciones y políticas eugénicas, que son las prácticas que aquí habrán de interesarnos. Por lo general, estas últimas han sido entendidas, y justificadas, desde una perspectiva variacional; pero no han faltado quienes las entendiesen y justificasen desde perspectivas de cuño transformacional. Por eso, la polaridad transformacional-variacional, que no tiene que identificarse con una simple distinción entre dos teorías concretas cualesquiera de la evolución, puede brindarnos un buen instrumento para analizar y comparar las prácticas eugénicas, y las formas de entenderlas, sin forzarnos a establecer conexiones, por lo general ilusorias y engañosas, entre ellas y alguna teoría biológica particular.

2 LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA

En lo que atañe a la evolución biológica, la teoría de la degeneración que Buffon (1766, pp. 316-319) formuló en el Siglo XVIII (Caponi, G., 2010, pp. 80-89), constituye un ejemplo simple e ilustrativo de explicación transformacional. Según ella, el linaje de los burros puede entenderse como un desvío, una degeneración, del linaje de los caballos (Buffon, 1766, p. 335). Una o varias manadas de estos últimos, habrían quedado sometidas a condiciones de clima y de alimentación que afectaron el desarrollo de los individuos que las componían (Buffon, 1766, pp. 321-322). Y dado que esas modificaciones ocurridas en los individuos eran pensadas como pasibles de ser transmitidas a la descendencia (Caponi, G. 2010, pp. 33-35), Buffon (1766, p. 322) también consideraba que, de mantenerse o acentuarse las condiciones mesológicas que las producían, dichas modificaciones podían acumularse a lo largo de las sucesivas generaciones (Caponi, G., 2010, pp. 41-43). Produciéndose así diferencias como las que distinguen a un burro de un caballo, o como las que distinguen a un puma de una pantera (Buffon, 1766, pp. 363-369).

Claramente, la degeneración resulta de agentes causales cuyos efectos se registran básicamente y primeramente sobre los individuos (Caponi, G. 2010, pp. 42-44). Es por eso que el primer cometido explicativo de esa teoría, al igual que el de cualquier otra teoría transformacional que viniese a ser formulada, era el de mostrar cómo las condiciones de vida de cada ser vivo podían afectar su morfología (Caponi, 2010, pp. 44-45). Fue así que Buffon ([1756] 2007, p. 724) ensayó una explicación que apelaba a los efectos del clima mediados por la alimentación (Caponi, G., 2010, pp. 46-48); y fue atendiendo al mismo problema que Lamarck (1815, pp. 188-189) apeló a la dinámica de los fluidos que circulaban por los tejidos orgánicos (Caponi, G. 2006, p. 16). Las condiciones de vida influían en la intensidad, en la cantidad, y en la distribución de esa circulación (Caponi, G., 2006, p. 21); y eso iba produciendo desvíos en el normal despliegue de los diferentes sistemas de órganos (Lamarck [1809], 1994, pp. 55-56).

Con todo, en la medida en que nadie ponía, ni pone, en duda que las condiciones de vida afectan el desarrollo de los organismos individuales, el modo en que eso pudiese ser explicado nunca resultó ser algo crucial a la hora de aceptar o rechazar una teoría transformacional como la de Buffon. Cosa que tampoco dejó de ocurrir, durante mucho tiempo, con la idea de que las llamadas modificaciones adquiridas fuesen transmisibles a la descendencia². Esa idea ya aparece dada por obvia en Aristóteles³; y sólo comenzó a ser cuestionada en el último cuarto del Siglo XIX (Mayr, 1982, p. 699): primero por Francis Galton (1876), que inicialmente no la negó de forma taxativa (Galton, 1876, p. 346)⁴; y después por Weismann ([1883] 1990), que sí la negó de manera contundente. Por eso, hasta el momento en el que la transmisión de lo adquirido comenzó a ser puesta en duda, lo que más se cuestionaba en esas explicaciones transformacionales era la magnitud de los cambios que podían

² Al respecto, ver: Mayr (1976, p. 241); Gayon (2006a, p. 105); y Martins (2007, p. 218).

³ Al respecto, véase: *Investigación sobre los animales* (Aristóteles, 1992, 585a: 30-35); y también: *La reproducción de los animales* (Aristóteles, 1996, 721b: 15-20).

⁴ Al respecto, ver: Pichot (1999, p. 89); y Botelho (2007, p. 68).

producirse por la mediación de esa transmisión y acumulación hereditaria de las modificaciones ocurridas en los organismos individuales.

Diderot ([1782] 1875, p. 138)⁵ y Lamarck (1802, p. 45), por ejemplo, pensaban que esos cambios podían acumularse indefinidamente. Buffon (1766, p. 368), en cambio, era un poco más prudente (Caponi, G. 2010, pp. 123-125): la degeneración podía producir un burro a partir de un caballo; pero nunca un mono americano a partir de un mono africano o asiático (Buffon, 1766, p. 369). Ya Cuvier (1798, p. 9; [1812] 1992, p. 114)⁶, y seguidores suyos como Pierre Flourens (1861, pp. 31-32), aceptaban que esos factores pudiesen producir razas y variedades; pero sin nunca transponer los límites de la especie (Flourens, 1861, pp. 42-43). Ése también era el caso de Isidore Geoffroy Saint-Hilaire (1859, pp. 430-439); y de Benedict Morel (1857, pp. 50-55). La teoría de la degeneración de éste último (Apert, 1920, pp. 260-262; Caponi, S., 2012, pp. 81-87), sin suponer una teoría sobre *el origen de las especies*⁷, suponía una explicación transformacional del estilo que aquí estamos retratando (Morel, 1857, pp. 42-48); y lo mismo se aplica a la teoría de la aclimatación propuesta por Isidore Geoffroy Saint-Hilaire (1854).

Ya en lo que atañe a las explicaciones variacionales, el mejor ejemplo que puede darse es, sin duda, el de la Teoría de la Selección Natural (Sober, 1984, p. 155). Esta última alude a procesos que sólo se verifican si se considera a una población (Sober, 1984, p. 150; Caponi, G., 2005, p. 236) tomada a lo largo de una secuencia generacional (Caponi, G., 2015, p. 17); y lo mismo vale para los agentes de cambio que se presupone como posibles responsables de esos procesos (Caponi, G., 2015, p. 16). Dentro de la Teoría de la Selección Natural la forma general más simple de todo proceso

⁵ Al respecto, ver: Rostand (1932, p. 39); Luppel (1940, p. 231); y Caponi, G. (2016, p. 102).

⁶ Al respecto, véase: Flourens (1841, p. 91).

⁷ Nada podía estar más lejos de Morel que eso. Él creía que “el hombre había sido creado según un tipo primitivo perfecto”; y creía también “en la continuidad y la permanencia absoluta de la especie” (Apert, 1920, p. 260). Nada más alejado de Lamarck que Morel.

evolutivo es la alteración, ocurrida en una secuencia generacional, de la frecuencia relativa de dos estados alternativos de un carácter; y su cometido explicativo básico es el explicar esa alteración de frecuencia, recurriendo para eso a factores que también son de índole poblacional (Caponi, G., 2015, pp. 16-17).

La selección natural es, por supuesto, el ejemplo más claro de dichos factores. Una presión selectiva es un agente causal cuya configuración supone la existencia de variantes heredables al interior de una población; y cuya intensidad depende de las diferencias de eficiencia funcional que esas variantes puedan presentar (Caponi, G., 2015, p. 18). Sus efectos, por otra parte, jamás pueden verificarse en el plano organizmístico. Diferentemente de los efectos del clima y de la alimentación, cuyas marcas pueden ser apreciadas en los tejidos de los vivientes individuales; la selección natural sólo deja marcas en la composición de los linajes (Caponi, G., 2015, pp. 18-19). Si señalamos la coloración oscura de un ejemplar *Biston betularia*, y afirmamos que la misma es una adaptación; lo que en realidad decimos es que esa polilla exhibe un estado de carácter cuya frecuencia dentro de un linaje se incrementó como efecto de una presión selectiva.

Lo que caracteriza a la explicación variacional es, entonces, el nivel en el que se sitúan los procesos que ella asume como objetivos explicativos; que es el mismo nivel en el que se inscriben los factores que ella cita como agentes causales capaces de promover esos procesos a ser explicados (Caponi, G., 2012, pp. 160-162). En una explicación variacional, *explanans* y *explanandum* deben ser de naturaleza poblacional (Caponi, G., 2005, p. 236); y eso es lo que la distingue de la explicación transformacional: en estas últimas, el principal escenario causal se encuentra en el plano organizmístico (Caponi, G., 2005, p. 235). La cuestión relativa a los mecanismos de herencia es, en este sentido, ajena a la distinción entre ambos modelos explicativos. Darwin, sin ir más lejos, formuló una teoría variacional de la evolución aun aceptando la transmisión hereditaria de las modificaciones adquiridas (Darwin, 1859, p. 43).

Por eso, si queremos distinguir entre intervenciones sobre los linajes biológicos que responden a un modelo transformacional y otras que responden a un modelo variacional, tenemos que prestar más

atención al nivel en el que la intervención ocurre, que a la teoría de la herencia, más o menos vaga, que sus responsables pretendan sostener. No es de extrañar que, muchas veces, intervenciones de cuño variacional hayan sido propiciadas por quienes aceptaban la transmisión de los caracteres adquiridos; ni tampoco es extraño que, aun negando esa transmisión, se pueda continuar pensando en intervenciones sobre los linajes cuya fundamentación sería de índole más transformacional que variacional. Lo primero lo podemos ver en el caso de la producción y mejora de variedades de animales domésticos y plantas cultivables.

3 ACLIMATACIÓN VS SELECCIÓN ARTIFICIAL

Isidore Geoffroy Saint-Hilaire (1854, p. 147) pensaba que se podían producir nuevas variedades de animales domésticos aclimatando rebaños de diferentes especies de dichos animales, en regiones geográficas distintas de aquellas en las que dichas especies habían sido normalmente criadas. Según él, las vicuñas andinas podían ser llevadas a los Alpes para aclimatarse y generar un linaje adecuado a la explotación lanar en esas regiones (Geoffroy Saint-Hilaire, 1854, p. 37). Cada vicuña individual del rebaño trasladado a la nueva región, pasaría por un proceso de aclimatación; pudiendo transmitir a su descendencia las modificaciones derivadas de ese proceso fisiológico de acomodación (Geoffroy Saint-Hilaire, 1859, p. 432). Y esas modificaciones podían acumularse generando una raza alpina de vicuñas putativamente análoga, en este sentido, a la raza de caballos criollos generada por la aclimatación del caballo andaluz en América.

Los efectos de la aclimatación a las condiciones americanas de las especies domésticas europeas no fueron ignorados por los naturalistas anteriores a la Revolución Darwiniana (Caldas [1808], 1966, p. 119); y su conocimiento fue una referencia clave para los mentores de las prácticas aclimatacionistas (Geoffroy Saint-Hilaire, 1832, p. 572). La explicación que esos efectos recibieron también fue, por lo general, de corte transformacional (Roulin, 1835, p. 352). Tipo de explicación

que persistió hasta la segunda mitad del Siglo XIX⁸; y que fue finalmente cooptada por el neolamarckismo post-darwiniano (Giard [1898], 1904; MacDougall, 1909) que Bowler (1985) retrató en *El eclipse del darwinismo*. Su suerte quedó así asociada al destino de ese neolamarckismo.

Por su parte, los criadores de variedades de animales domésticos a los que Darwin prestó tanta atención a la hora de formular su teoría de la selección natural (Rodero Franganillo, 2009, pp. 33-7), se conducían de una forma totalmente diferente. En lugar de intentar inducir las modificaciones deseadas en los individuos del rebaño que querían modificar, ellos operaban sobre la oferta de variantes ofrecidas por el linaje, o *stock*, que asumían como punto de partida y objeto de su trabajo de selección. Retenían las que les parecían convenientes, fomentando su éxito reproductivo dentro de ese linaje; e impedían que las que consideraban contraproducentes para sus objetivos dejaran descendencia ahí. Así, mientras los aclimatacionistas imaginaban una estrategia transformacional basada en hacer cambiar los organismos individuales para que su cambio conjugado y acumulado resultase en la modificación del todo el linaje; los criadores seguían una estrategia variacional, orientada a manipular la frecuencia con la que se daban ciertas variantes dentro del linaje intervenido.

Esos criadores cuyo trabajo Darwin (1859, p. 7 y subsiguientes) analizó, ciertamente creían en la transmisión hereditaria de los caracteres adquiridos tanto como los aclimatacionistas. Como ya dije, hasta Galton y Weissman, nadie llegó a poner seriamente en duda esa posibilidad; y ellos no fueron una excepción a esa regla. En eso, la analogía entre el modo de conducirse de esos criadores y el modo en el que Darwin pensó su teoría de la selección natural, es también bastante clara: en *On the origin of species* (Darwin, 1859, p. 134), la transmisión de los caracteres adquiridos es reconocida como una fuente de variantes seleccionables, pero el mecanismo de cambio que se supone o aplica es, en ambos casos, de carácter variacional (Darwin, 1859, p. 127). Que se piense o se intervenga sobre el devenir

⁸ Véase: Flourens (1861, p. 43); Joly (1869, p. 7); y Burmeister (1870, p. 469).

de los linajes en forma variacional, no exige que se niegue la transmisión hereditaria de los caracteres adquiridos. En el caso de la intervención, sólo supone pensar que los procedimientos de corte variacional acaban siendo más expeditivos.

Pero la comparación entre estrategias para generar variedades de animales domésticos y teorías de la evolución nos dice algo más: nos indica que la distinción entre modos *variacionales* y modos *transformacionales* de pensar el devenir de los linajes biológicos, no se identifica *ipso facto* con una distinción entre teorías sobre el origen de las especies. Isidore Geoffroy Saint-Hilaire (1859, p. 430) no pensaba que la aclimatación fuese capaz de producir nuevas especies; ni tampoco los criadores que practicaban la selección artificial pretendían poder alcanzar ese resultado. Sería ridículo pensar que estas últimas prácticas supusiesen algún compromiso con alguna teoría evolucionista. Las mismas sólo suponen cierto margen, más o menos estrecho, de variabilidad intra-específica; como también lo suponían las explicaciones transformacionales sobre la formación de variedades naturales que Isidore Geoffroy Saint-Hilaire (1859, p. 433) y Pierre Flourens (1864, p. 86) llegaron a proponer, sin nunca aceptar que los procesos allí implicados pudiesen generar nuevas especies.

4 TIPOS DE INTERVENCIONES EUGÉNICAS

Por eso, aunque Galton – creador del término “eugenesia” (Wikler, 1999, p.183)⁹ y primer gran mentor de las prácticas que llevaron ese nombre – haya adherido al evolucionismo darwiniano, y haya recurrido a la teoría de la selección natural para justificar sus propuestas eugénicas, no debemos establecer una relación demasiado estrecha entre eugenesia y evolucionismo. Pensar que el devenir de un linaje biológico pueda ser intervenido, y de algún modo controlado, no exige compromisos con posiciones evolucionistas en general, ni tampoco con alguna teoría de la evolución en particular. Una intervención eugénica puede ser concebida de una forma puramente

⁹ Galton (1883, p. 24) amonedó e introdujo el término *eugenics* en su libro *Inquires into human faculty and its development*.

conservadora: como apuntada a preservar un tipo ya establecido, evitando los desvíos, las degeneraciones.

Y puede decirse algo semejante con relación a las teorías de la herencia: hasta cierto punto, y como ocurre con las prácticas de creación de variedades de animales domésticos, las intervenciones eugénicas pueden justificarse y pensarse con relativa independencia de cualquier teoría o modo, más o menos vago, de entender la herencia. Una práctica típicamente galtoniana como lo sería la esterilización de criminales, puede aplicarse aun cuando se piense que el criminal haya adquirido sus vicios hereditariamente transmisibles por el influjo del ambiente en el que fue criado.

En este sentido, la distinción entre perspectivas transformacionales y perspectivas variacionales sirve para establecer una partición en el universo de las intervenciones sobre linajes biológicas que, dándonos coordenadas claras para el análisis de dichas intervenciones, nos evita esas asociaciones teóricas que por ser ilusoriamente estrechas, sólo pueden llevarnos a engaño y a confusión. Ya vimos eso con relación a las intervenciones sobre linajes de animales domésticos y plantas cultivables; y cabe decir lo mismo en lo que respecta a las intervenciones eugénicas.

Claramente, la eugenesia clásica, a la Galton, obedece a un modelo variacional; y esto es así tanto en el caso de la llamada “eugenesia positiva” (Haldane [1938], 1946, p. 93) como en el caso de la eugenesia negativa (Haldane [1938], 1946, p. 61)¹⁰. La primera, no obstante las pretensiones del propio Galton (1883, p. 24; 1904, p. 82), nunca fue practicada (Stepan, 1991, p. 30; Gayon, 2006b, p. 125); pero, en su concepción apuntaba al mismo mecanismo de los criadores de variedades domésticas que fomentan el éxito reproductivo de los individuos que sean portadores de los caracteres deseados¹¹. La eugenesia negativa¹², que sí fue desarrollada (Stepan,

¹⁰ Sobre esa distinción, clásica en el discurso eugenista, ver: Howard & Rifkin (1979, p. 49); Kevles (1985, p. 12); Stepan (1991, p. 30); Pichot (1995, p. 8; 2000, p. 159); y Gayon (2006b, p. 123).

¹¹ Sobre eugenesia positiva, véase: Stepan (1991, p. 30); Veuille (1999, p. 386); Testard (2006, p. 29); y Gayon (2006b, p. 125).

¹² Sobre eugenesia negativa, véase: Stepan (1991, p. 30); Veuille (1999, p. 386);

1991, p. 30; Gayon, 2006b, p. 126), sería análoga, por su parte, a los procedimientos destinados a impedir que los individuos portadores de características menos deseadas dejen descendencia dentro del linaje sobre el que se ejerce la selección artificial.

Esto último vale para recursos menos extremos como la prohibición de ciertos matrimonios; pero también para medidas más radicales como la esterilización compulsiva de algunos enfermos y criminales que fueron promulgadas por varios estados de los Estados Unidos de América en inicios del Siglo XIX y que estaban justificadas por la ideología eugenésica¹³. En este sentido, hasta la propia selección de los embriones resultantes de procedimientos de fecundación in vitro (Julian-Reynier & Bourret, 2006) podría llegar a considerarse como una forma de eugenesia negativa¹⁴; aunque el carácter no compulsivo de esas prácticas privadas, puede desaconsejar esa calificación (Fraser, 2006, pp. 7-9; Gayon, 2006b, pp. 121-124).

Pero lo que sin duda podría caracterizarse como una intervención eugénica de corte variacional, serían ciertas políticas migratorias. Restringir el ingreso a un país de individuos, o grupos, supuestamente portadores de características hereditarias perniciosas (García González, 2012, pp. 261-264), sería una práctica eugénica negativa que sigue un modelo variacional. Y algo semejante podría decir-se de algunos genocidios (Pichot, 2000, p. 390). Mientras tanto, el eventual favorecimiento de inmigraciones de grupos humanos considerados como dotados de un acervo hereditario superior (Stepan, 1991, pp. 154-156), nos daría un ejemplo de intervención eugénica variacional de tipo positivo: análoga en su concepción a la mejora de un rebaño por el mestizaje con razas o variedades que presentan características hereditarias deseables.

Por fin, las prácticas higienistas a las que Nancy Stepan (1991, p. 17) asocia con una eugenesia preventiva, distinta tanto de la forma negativa cuanto de la forma positiva de la eugenesia galtoniana, serían

Testard (2006, p. 30); y Gayon (2006b, p. 126).

¹³ Al respecto, ver: Apert (1920, p. 291); Howard & Rifkin (1977, p. 60); Pichot (1995, p. 26; 2000, p. 187); y Veuille (1999, p. 386).

¹⁴ Así lo consideran: Howard & Rifkin (1979, p. 124); Duster (1992, p. 206); Testard (2006, p. 41); y Pichot (1995, p. 61).

un buen ejemplo de eugenesia transformacional. Esas prácticas, aun siendo pensadas en el plano de la salud colectiva, tenderían a operar sobre las condiciones de vida de los individuos; preservando el legado hereditario que cada uno de ellos podría pasar a la generación siguiente. Una política pública en contra del alcoholismo redundaría en menos individuos cuya substancia hereditaria pudiese quedar dañada por ese hábito; y eso ayudaría a preservar el acervo hereditario de la población.

Esa suerte de eugenesia higienista, que califico de *transformacional*, ha sido la más frecuente en América Latina (Stepan, 1991, pp. 76-82); y también en Francia (Léonard, 1983, p. 191; Carol, 1995, p. 135). Quizá se la pueda asociar al neolamarckismo de algunos médicos franceses (Léonard, 1983, p. 200; Carol, 1995, p. 135); pero, por lo dicho más arriba, creo que conviene no establecer relaciones demasiado estrechas entre esas teorías biológicas y las prácticas eugénicas: no hacía falta ser un evolucionista neolamarckiano para aceptar que las condiciones de vida pudiesen dejar marcas hereditarias. Morel, otra vez, es la mejor ilustración de eso que puede darse. Diría, más bien, que cuando el discurso galtoniano entra en escena, el higienismo francés ya está consolidado (Murard & Zylberman, 1996), y puede apropiarse de la ideología eugénica, traduciéndola a su propia lógica.

En este sentido, el libro de Eugene Apert (1920), *L'herédité morbide*, es un buen documento de esa tensión entre el pensamiento higienista clásico y las ideas eugénicas à la Galton. Hasta cierto punto, Apert (1920, pp. 290-3) se aparta de sus colegas franceses y defiende la eugenesia galtoniana, cuestionando el enfoque típico de sus conacionales sobre las formas de enfrentar la herencia mórbida. Es relevante, sin embargo, que él no rechace la transmisión de los caracteres adquiridos (Apert, 1920, p. 287): sólo considera que lo que aquí caracterizamos como *intervenciones variacionales sobre los linajes* son más eficientes que las higiénicas. La mayor influencia de la tradición médica francesa en América Latina, en conjunción con la marcada influencia del catolicismo en todos los aspectos de nuestra cultura, pueden explicar que, en nuestro país, la eugenesia también haya tendido a ser decodificada en términos higienistas.

Desde ese punto de vista, lo importante no era evitar que los individuos cuya substancia hereditaria estuviese estragada por el alcohol, u otros tóxicos, se reprodujesen (Stepan, 1991, p. 102); sino de evitar que esos estragos llegasen a producirse. Para pensar así, además, ni siquiera había que negar las teorías de la herencia de Weismann y de Galton: estos últimos aceptaban la posibilidad de esos efectos deletéreos directos de las condiciones de vida sobre el plasma germinal (Galton, 1876, p. 344; Weismann [1883], 1990, p. 211)¹⁵; y eso también hacía aconsejable una eugenesia preventiva. La misma, además, era pasible de combinarse con formas negativas y positivas de eugenesia variacional; y hasta las leyes de Mendel podían entrar en el ruedo: no había razón para negar que las perturbaciones deletéreas del plasma germinal, producidas por la influencia directa de factores ambientales, se segregasen, como cualquier otra variación, según esas leyes. De ahí las negociaciones entre mendelismo y lamarckismo que tampoco estuvieron ausentes del discurso eugénico (Stepan, 1991, p. 83).

Este discurso fue, en efecto, muy maleable y proclive a todo tipo de negociación y contubernio epistemológico. En él podían convivir neodarwinistas *à la Weissman*, con neolamarkistas *à la Spencer*, pero sin que faltasen enemigos acérrimos de cualquier teoría evolucionista: evangélicos en los Estados Unidos, y católicos en América Latina. Ese carácter ecléctico y teóricamente confuso, más propio del discurso ideológico que del discurso científico, muestra claramente esa propensión sincrética y hace difícil su análisis conceptual. Pero, si en lugar de buscar las claves de ese análisis en las teorías científicas invocadas por los propios eugenistas, prestamos atención a la forma y a la naturaleza de las medidas que ellos diseñaban y proponían, ese discurso parece cobrar perfiles mejor definidos; y eso hasta nos permite comprender las múltiples y camaleónicas alianzas teóricas en las que la eugenesia fue buscando su escurridiza y endeble justificación científica.

¹⁵ Sobre la posición de Weismann a ese respecto, ver: Pichot (1999, p. 89) y Winther (2001, p. 518).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APERT, Éugene. *L'hérédité morbide*. Paris: Flammarion, 1920.
- ARISTÓTELES. *Investigación sobre los animales*. Madrid: Gredos, 1992.
- . *La reproducción de los animales*. Madrid: Gredos, 1996.
- BOTELHO, João Francisco. *Epigênese radical*. Florianópolis, 2007. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina.
- BOWLER, Peter. *El eclipse del Darwinismo*. Barcelona: Labor, 1985.
- BUFFON, Georges. *Histoire naturelle générale et particulière*, Tome XIV. Paris: L'Imprimerie Royale, 1766.
- . Le cerf (*Histoire naturelle générale et particulière*, Tome VI [1756]). Pp.708-733, in BUFFON, Georges. *Oeuvres*. Paris: Gallimard, 2007.
- BURMEISTER, Hermann. *Histoire de la Création*. Paris: Savy, 1870.
- CALDAS, Francisco. Del influjo del clima sobre los seres organizados [1808]. Pp.79-120, in CALDAS, Francisco. *Obras Completas*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1966
- CAPONI, Gustavo. O Darwinismo e seu outro, a teoria transformacional da evolução. *Scientiae Studia*, **3** (2): 233-242, 2005.
- . Retorno a Limoges: la adaptación en Lamarck. *Asclepio*, **58** (1): 7-42, 2006.
- . *Buffon*. México: UAM, 2010.
- . *Réquiem por el centauro: aproximación epistemológica a la Biología Evolucionaria del Desarrollo*. México: Centro Lombardo Toledano, 2012.
- . Contra la concepción estadística de la teoría de la selección natural. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, **15** (30): 13-37, 2015.
- . Algunas especulaciones de Maupertuis y Diderot sobre la relación entre estructura y función en los seres vivos. *Filosofia e História da Biologia*, **11** (1): 93-106, 2016.
- CAPONI, Sandra. *Loucos e degenerados*. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2012.
- CAROL, Anne. *Histoire de l'eugénisme en France*. Paris: Seuil, 1995.
- CUVIER, Georges. *Tableau élémentaire de l'Histoire Naturelle*. Paris: Baudouin, 1798.

- . *Discours préliminaire aux Recherches sur les ossements fossiles de quadrupèdes* [1812]. Paris: Flammarion, 1992.
- DARWIN, Charles. *On the origin of species*. London: Murray, 1859.
- DIDEROT, Denis. *Le rêve de d'Alembert* [1782]. Pp.112-181, in ASSEZAT, Jules (ed.). *Oeuvres complètes de Diderot*, Tome II. Paris: Garnier, 1875.
- DUSTER, Troy. *Retour à l'eugénisme*. Paris: Kimé, 1992.
- FLOURENS, Pierre. *Analyse raisonnée des travaux de Cuvier*. Paris: Paulin, 1841.
- . *Ontologie naturelle*. Paris: Garnier, 1861
- . *Examen du livre de M. Darwin sur L'origine des espèces*. Paris: Garnier, 1864.
- FRASER, George. Le savoir médical au service de choix reproductifs informés: une pratique sans implications eugénique. Pp. 7-28, in GAYON, Jean & JACOBI, Daniel (ed.). *L'éternel retour de l'Eugénisme*. Paris: PUF, 2006.
- GALTON, Francis. A theory of heredity. *Journal of the Anthropological Institute* 5: 329-348, 1876.
- . *Inquires into human faculty and its development*. London: Macmillan, 1883.
- . Eugenics: its definition, scope and aims. *Nature* 70 (1804): 82, 1904.
- GARCÍA GONZÁLEZ, Armando. El control eugénico de la inmigración: un informe de Laughlin en la Argentina. Pp.259-286, in MIRANDA, Marisa; VALLEJO, Gustavo (ed.). *Una historia de la Eugenesia: Argentina y las redes biopolíticas internacionales, 1912-1945*. Buenos Aires: Biblos, 2012.
- GAYON, Jean. Hérité des caractères acquis. Pp.105-164, in CORSI, Pietro; GAYON, Jean; GOHAU, Gabriel; TIRARD, Stéphane. *Lamarck, philosophe de la nature*. Paris : PUF, 2006 (a).
- . Le mot 'eugénisme' est-il encore d'actualité. Pp. 119-142, in GAYON, Jean ; JACOBI, Daniel (ed.). *L'éternel retour de l'Eugénisme*. Paris: PUF, 2006 (b).
- GEOFFROY SAINT-HILAIRE, Isidore. Recherches zoologiques et physiologiques sur les variations de la taille chez les animaux et dans les races humaines. *Memoires présentés par divers savans a l'Académie Royale des Sciences de l'Institut de France* 3: 503-572, 1832.

- . *Domestication et naturalisation des animaux utiles*. Paris: Dusacq, 1854.
- . *Histoire naturelle générale des règnes organiques*, Tome II. Paris: Masson, 1859.
- GIARD, Alfred. Le principe de Lamarck et l'hérédité des modifications somatiques [1898]. Pp. 135-158, in GIARD, Alfred. *Controverses transformistes*. Paris: Naud, 1904.
- HALDANE, John Burdon. *Herencia y política* [1938]. Buenos Aires: Siglo XX, 1946.
- HOWARD, Ted; RIFKIN, Jeremy. *¿Quién suplantará a Dios?* Madrid: EDAF, 1977.
- JOLY, Nicolas. *Projet d'acclimatation du llama et de l'alpaca du Pérou dans les Pyrénées Françaises*. Toulouse: Douladoure, 1869.
- JULIAN-REYNER, Clarie ; BOURRET, Pascal. Diagnostic prenatal et pratiques sélectives: choix individuels? Choix collectifs? Pp.61-92, in GAYON, Jean ; JACOBI, Daniel (ed.). *L'éternel retour de l'Eugénisme*. Paris: PUF, 2006.
- KEVLES, Daniel. *In the name of eugenics*. Berkeley: California University Press, 1985.
- LAMARCK, Jean. *Recherches sur l'organisation des corps vivants*. Paris: Maillard, 1802.
- . *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres*, Tome I. Paris: Verdier, 1815.
- . *Philosophie zoologique* [1809]. Paris: Flammarion, 1994.
- LÉONARD, Jacques. Eugénisme et darwinisme: espoirs et perplexités chez le médecins français du XIX^e siècle et du début du XX^e siècle. Pp.187-208, in CONRY, Yvette (ed.). *De Darwin au darwinisme: science et idéologie*. Paris: Vrin, 1983.
- LEWONTIN, Richard. The organism as subject and object of evolution. Pp.83-90, in LEVINS, Richard; LEWONTIN, Richard. *The dialectical biologist*. Cambridge: Harvard University Press, 1985.
- . *The triple helix*, Cambridge: Harvard University Press, 2000.
- LUPPOL, Ivan. *Diderot*. México: Fondo de Cultura Económica, 1940.
- MACDOUGAL, Daniel. The direct influence of environment. Pp. 114-147, in CHAMBERLIN, Thomas (ed.). *Fifty years of darwinism*. New York: Holt, 1909.

- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. *A teoria da progressão dos animais, de Lamarck*. São Paulo: Booklink, 2007.
- MAYR, Ernst. Lamarck revisited. Pp.222-250, in MAYR, Ernst. *Evolution and diversity of life*. Cambridge: Harvard University Press, 1976.
- . *The growth of biological thought*. Cambridge: Harvard University Press, 1982.
- MOREL, Benedict. *Traité des dégénérescences physiques, intellectuelles et morales de l'espèce humaine*. Paris: Baillière, 1857.
- MURARD, Lion ; ZYLBERMAN, Patrick. *L'hygiène dans la République*. Paris: Fayard, 1996.
- PICHOT, André. *L'eugénisme*. Paris: Hatier, 1995.
- . *Histoire de la notion de gène*. Paris: Flammarion, 1999.
- . *La société pure*. Paris: Flammarion, 2000.
- RODERO FRANGANILLO, Antonio. *Y Darwin se hizo granjero: aportaciones de la cría de animales domésticos a la teoría darwiniana*. Córdoba: Universidad de Córdoba, 2009.
- ROSTAND, Jean. *L'évolution des espèces: histoire des idées transformistes*. Paris: Hachette, 1932.
- ROULIN, François. Recherches sur quelques changemens observés dans les animaux domestiques transportés de l'ancien and le nouveau monde. *Memoires présentés par divers savans a l'Académie Royale des Sciences de l'Institute de France*, 4: 41-352, 1835
- SOBER, Elliott. *The nature of selection*. Chicago: Chicago University Press, 1984.
- STEPAN, Nancy. *The hour of Eugenics*. London: Cornell University Press, 1991.
- TESTARD, Jacques. L'eugénisme medical aujourd'hui et demain. Pp. 29-48, in GAYON, Jean ; JACOBI, Daniel (ed.). *L'éternel retour de l'Eugénisme*. Paris: PUF, 2006.
- VEUILLE, Michel. Eugénisme. Pp.384-386, in LECOURT, Dominique (ed.). *Dictionnaire d'Histoire et Philosophie des Sciences*. Paris: PUF, 1999.
- WEISMANN, Auguste. De l'hérédité [1883]. Pp.167-212, in LENAY, Charles (ed.). *La découverte des lois de l'hérédité: 1862-1900 (une anthologie)*. Paris: Pocket, 1990.

WIKLER, Daniel. Can we learn form Eugenics? *Journal of Medical Ethics*, **25**: 183-194, 1999.

WINTHER, Rasmus. August Weismann on germ-plasm. *Journal of the History of Biology*, **34**: 517-555, 2001.

Data de submissão: 06/12/2016

Aprovado para publicação: 14/03/2017

A formulação do conceito de homeostase por Walter Cannon

Ivana Brito *
Hamilton Haddad #

Resumo: O conceito de homeostase desempenha um papel fundamental na biologia moderna. Nesse trabalho, oferecemos uma breve biografia do fisiologista Walter B. Cannon (1871-1945), que desenvolveu essa ideia nas primeiras décadas do século passado. Apresentamos também a tradução de excertos do clássico artigo “Organization for Physiological Homeostasis”, publicado em 1929, no volume 9 da *Physiological Reviews*, em que o conceito é completamente sistematizado pela primeira vez.

Palavras-chave: história da fisiologia; Cannon, Walter; homeostase

The formulation of the concept of homeostasis by Walter Cannon

Abstract: The concept of homeostasis plays a crucial role in modern biology. In this work, we offer a brief biography of the physiologist Walter B. Cannon (1871-1945), who developed this idea in the first decades of last century. We also present the translation of excerpts of the classic article “Organization for Physiological Homeostasis”, published in 1929, volume 9 of the *Physiological Reviews*, where the concept is completely systematized for the first time.

Key-words: history of physiology; Cannon, Walter; homeostasis

1 INTRODUÇÃO

* Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo. Rua Arlindo Béttio, 1000, Ermelino Matarazzo, CEP 03828-000, São Paulo, SP. E-mail: ibrito@usp.br

Departamento de Fisiologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. Rua do Matão, Travessa 14, no 101, Cidade Universitária, CEP 05508-090, São Paulo, SP. E-mail: haddad@usp.br

O fisiologista estadunidense Walter Bradford Cannon (1871-1945) nasceu em *Prairie du Chien*¹, Wisconsin, em 1871, primeiro filho de um oficial de ferrovias e de uma professora. Desde cedo mostrou interesse pelas ciências biológicas e, em 1896, foi aceito na Escola de Medicina de Harvard. Lá iniciou seus trabalhos de investigação científica, no laboratório de Henry Pickering Bowditch (1840-1911), estudando a motilidade do trato gastrointestinal com a recém-criada técnica de raios-X. Diplomou-se em 1900, ano em que entrou para a Associação Americana de Fisiologia, da qual veio a ser presidente, entre 1914 e 1916. Sua carreira em Harvard ascendeu rapidamente. Tornou-se instrutor do Departamento de Fisiologia logo depois de se diplomar, virou professor assistente em 1902, e, após a aposentadoria de Bowditch, em 1906, ocupou a cátedra de Fisiologia até 1942. Faleceu em 1945, em Franklin, New Hampshire. Cannon pertenceu à primeira geração de fisiologistas americanos a não se formar cientificamente nos laboratórios europeus, embora estivesse ciente de que era herdeiro dessa tradição em biologia e fisiologia – consta que, na parede acima da lareira do seu escritório em Harvard, mantinha um retrato de Charles Darwin e outro de Claude Bernard (Benison, Barger e Wolfe, 1987, p. 2).

Após compilar seus achados sobre digestão na obra *The mechanical factors of digestion* (Os fatores mecânicos da digestão) (Cannon, 1911), Cannon voltou sua atenção para o estudo do sistema nervoso autônomo e da fisiologia das emoções. Era nítida para ele a semelhança entre a ação das secreções da divisão autonômica simpática e os efeitos de extratos das glândulas suprarrenais. Passou então a investigar a influência de perturbações emocionais sobre a liberação dessas substâncias (mais tarde identificadas como noradrenalina e adrenalina), e a explorar seus efeitos na fisiologia corporal. Sua conclusão – hoje conhecida como “reação de luta-ou-

¹ Cannon apreciava a coincidência de ter nascido no mesmo condado em que, décadas antes, o cirurgião do exército americano William Beaumont (1785-1853) realizou suas observações do estômago do viajante Alexis St. Martin (1794-1880), que sofrera uma fistula gástrica em virtude de um tiro. Essas observações, que se prolongaram por vários anos, permitiram a Beaumont analisar diversos aspectos da digestão humana, e são consideradas um marco na fisiologia digestória (Benison, Barger e Wolfe, 1987).

fuga” – foi que intensos estados emocionais estimulam a secreção de adrenalina pela glândula adrenal, que, agindo nos tecidos periféricos, prepara o organismo para uma ação vigorosa em estados de emergência (Cannon, 1914). Essas descobertas foram reunidas no livro *Bodily changes in pain, hunger, fear and rage* (Mudanças corporais na dor, fome, medo e raiva) (Cannon, 1915), que veio a se tornar popular no meio acadêmico.

Durante a Primeira Guerra Mundial, Cannon juntou-se à Unidade Médica de Harvard e partiu para a Europa, onde se concentrou no estudo do choque traumático – questão importante para os soldados vítimas do campo de batalha. Em 1923, coligiu seus achados no volume *Traumatic Shock* (Choque Traumático) (Benison, Barger e Wolfe, 1991).

Ao longo da década de 1920, Cannon começou se interessar pelos mecanismos gerais de manutenção da constância fisiológica, terminando por formular o conceito de homeostase. A ideia apareceu pela primeira vez em um discurso proferido no Congresso dos Médicos e Cirurgiões Americanos, em 1925, intitulado “Some general features of endocrine influence on metabolism” (Algumas características gerais da influência endócrina sobre o metabolismo), publicado nos anais desse encontro². O termo homeostase foi cunhado no artigo “Physiological regulation of normal states: some tentative postulates concerning biological homeostatics.” (Regulação fisiológica de estados normais: alguns postulados provisórios relativos à homeostática biológica), publicado um ano mais tarde em um volume em honra de Charles Robert Richet (1850-1935), fisiologista francês vencedor do Prêmio Nobel³. Em 1929, Cannon finalmente ofereceu a sistematização completa dessa ideia no artigo traduzido aqui, que foi originalmente publicado no *Physiological Reviews*, e tornou-se um clássico da fisiologia (Cannon, 1929). Nele, os devidos créditos são prestados à Claude Bernard (1813-1878), que décadas antes havia introduzido o conceito de “meio interno”, e insistido na importância da preservação de sua constância para o funcionamento adequado do

² *Transactions of the Congress of American Physicians and Surgeons*.

³ Ambos os artigos podem ser encontrados na íntegra em Langley, 1973.

organismo, a despeito das mudanças nas circunstâncias externas. Ao fazer isso, Cannon se insere em uma tradição de pesquisa que pavimentou as bases da fisiologia contemporânea (Cooper, 2008). Centrado no conceito de homeostase, Cannon publicou três anos mais tarde o livro *The wisdom of the body* (A sabedoria do corpo) (Cannon, 1932), que alcançou enorme sucesso devido ao estilo acessível, popularizando enfim sua trajetória de pesquisa em Harvard.

Oferecemos, a seguir, a tradução de excertos do artigo de 1929, publicado originalmente em inglês, mantendo os destaques tipográficos e uma nota de rodapé do autor, inserindo algumas notas dos tradutores. Por questão de espaço, optamos por suprimir o trecho entre as páginas 403 e 424 do artigo original, fragmento que trata de conteúdo fisiológico excessivamente técnico, que acreditamos ser de pouco interesse do público mais amplo.

2 TRADUÇÃO: “ORGANIZAÇÃO PARA A HOMEOSTASE FISIOLÓGICA”, DE WALTER BRADFORD CANNON⁴

Os biólogos há muito tempo se impressionam com a capacidade dos seres vivos para manter sua própria estabilidade. A ideia de que uma doença é curada por poderes naturais, por uma *vis medicatrix naturae*, uma ideia que foi sustentada por Hipócrates, implica a existência de entidades prontas para atuar corretivamente quando o estado normal do organismo é perturbado. Referências modernas mais precisas para arranjos de autorregulação são encontradas nos escritos de proeminentes fisiologistas. Pflüger (1877) reconheceu os ajustes naturais que levam à manutenção de um estado de equilíbrio dos

⁴ Artigo original: CANNON, Walter Bradford. Organization for physiological homeostasis. *Physiological Reviews*, 9 (3): 399-431, 1929. A tradução aqui apresentada corresponde às pp. 399-403; 424-427. Optamos por suprimir desta tradução o trecho entre as páginas 403 e 424, por tratar-se de conteúdo fisiológico altamente técnico, que acreditamos ser de pouco interesse do público mais amplo. No trecho suprimido, o autor distingue dois tipos gerais de regulação: homeostase por regulação de suprimentos (exemplificando com os mecanismos de controle homeostático de água, cloreto de sódio, glicose, carboidratos, proteínas, gordura e cálcio) e homeostase por regulação de processos (exemplificando com os mecanismos de manutenção da neutralidade do pH e de manutenção da temperatura uniforme). Destaca, também, o papel do sistema nervoso autônomo na homeostase.

organismos quando estabeleceu o enunciado “A causa de toda necessidade de um ser vivo é também a causa da satisfação da necessidade”. Da mesma forma, Fredericq (1885) declarou: “O ser vivo é uma entidade de tal sorte que cada influência perturbadora induz por si só a evocação de atividade compensatória para neutralizar ou reparar a perturbação. Quanto mais alto na escala dos seres vivos, mais numerosas, mais perfeitas e mais complicadas essas ações regulatórias se tornam. Elas tendem a libertar completamente o organismo das influências e mudanças desfavoráveis que ocorrem no ambiente”. Além disso, Richet (1900) enfatizou o fenômeno geral, – “O ser vivo é estável. Ele deve ser de modo a não ser destruído, dissolvido ou desintegrado pelas forças colossais, frequentemente adversas, que o rodeiam. Por uma contradição aparente, ele mantém a sua estabilidade apenas se for excitável e capaz de modificar-se de acordo com os estímulos externos, apto a ajustar a sua resposta à estimulação. Em certo sentido, ele é estável porque é modificável – a ligeira instabilidade é condição necessária para a verdadeira estabilidade do organismo”.

A Claude Bernard (1878) pertence o crédito de ser o primeiro a dar a essas ideias gerais uma análise mais precisa. Ele ressaltou que em animais com organização complexa, as partes vivas existem nos fluidos que as banham, i.e., no sangue e linfa, que constituem o “*milieu interne*” ou “*intérieur*” – o ambiente interno, ou o que podemos chamar de matriz fluida do corpo. Essa matriz fluida é fabricada e controlada pelo próprio organismo. E, na medida em que os organismos tornam-se mais independentes, mais livres de mudanças no mundo externo, eles o fazem preservando uniforme seu próprio mundo interno a despeito das mudanças nas circunstâncias externas. “É a fixidez do ‘*milieu intérieur*’ que é a condição de vida livre e independente”, escreveu Bernard (1878, i, pp. 113 e 121)⁵, “todos os mecanismos vitais, por mais variados que possam ser, têm apenas um objeto, o de preservar constantes as condições de vida no ambiente interno”. “Nenhuma sentença mais fecunda”, na opinião de Haldane (1922), “já foi emoldurada por um fisiologista”.

Definição de Homeostase. O conceito geral sugerido nas citações acima pode ser resumido da seguinte maneira. O ser vivo

⁵ Sobre isso, ver Janczur *et al.*, 2013 (Nota dos tradutores).

altamente desenvolvido é um sistema aberto que tem muitas relações com o seu entorno – nos tratos respiratório e alimentar, e por meio de receptores de superfície, órgãos neuromusculares e alavancas ósseas. Alterações nas circunvizinhanças excitam reações nesse sistema, ou o afetam diretamente, de modo que distúrbios internos do sistema são produzidos. Tais distúrbios são normalmente mantidos dentro de limites estreitos, pois ajustes automáticos dentro do sistema são postos em ação, e, portanto, grandes oscilações são impedidas e as condições internas são mantidas praticamente constantes. O termo “equilíbrio” [*equilibrium*] pode ser usado para designar essas condições constantes. Esse termo, no entanto, passou a ter significado exato conforme aplicado a estados físico-químicos relativamente simples em sistemas fechados, onde forças conhecidas são balanceadas. Em uma monografia exaustiva, L. J. Henderson (1928) recentemente tratou o sangue a partir deste ponto de vista, isto é, ele definiu, em relação às circunstâncias que afetam o sangue, os arranjos finos dentro do próprio sangue, que operam para manter suas funções respiratórias estáveis. Além desses arranjos, entretanto, é a cooperação integrada de uma vasta gama de órgãos – cérebro e nervos, coração, pulmões, rins, baço – que é prontamente posta em ação quando surgem condições que possam alterar o sangue em seus serviços respiratórios. A presente discussão preocupa-se com os arranjos fisiológicos em vez de físicos para alcançar a constância. As reações fisiológicas coordenadas que mantêm a maior parte dos estados estáveis no corpo são tão complexas, e são tão peculiares ao organismo vivo, que foi sugerido (Cannon, 1926) que uma designação específica para esses estados fosse empregada – *homeostase*.

Pode ser oferecida objeção ao uso do termo *estase*, como implicando algo posto e imóvel, uma estagnação. Estase significa, contudo, [p. 401] não só isso, mas também uma condição; é nesse sentido que o termo é empregado. *Homeo*, a forma abreviada de *homoio*, é prefixado em vez de *homo*, porque o primeiro indica “semelhante” ou “similar”, e admite alguma variação, ao passo que o último, significando o “mesmo”, indica uma constância fixa e rígida. Tal como no ramo da mecânica chamado “estática”, o conceito central é o de um estado de equilíbrio produzido pela ação de forças; *homeostática* pode assim ser considerada como preferível à *homeostase*.

Os fatores que operam no corpo para manter a uniformidade são amiúde tão peculiarmente fisiológicos que qualquer sugestão de explicação imediata em termos mecânicos relativamente simples parece enganosa. Por essas várias razões, o termo homeostase foi selecionado. Claro que a forma adjetiva, *homeostática*, seria aplicável às reações ou ações fisiológicas, ou para as circunstâncias que se relacionam com estados estáveis no organismo.

Classificação das Condições Homeostáticas. De acordo com Bernard (1878, ii, p. 7), as condições que devem ser mantidas constantes na matriz fluida do corpo a fim de favorecer a libertação das limitações externas são água, oxigênio, temperatura e alimento nutritivo (incluindo sais, gordura e açúcar).

Naturalmente, durante os últimos 50 anos novos insights foram adquiridos e, portanto, uma classificação mais ampla do que essa que acabou de ser dada deve ser possível. Qualquer classificação oferecida agora, não obstante, provavelmente será considerada incompleta; outros materiais e estados ambientais, cuja homeostase é essencialmente importante para a atividade ótima dos organismos, provavelmente serão descobertos no futuro. Além disso, em qualquer classificação haverá relações cruzadas entre os estados homeostáticos; uma pressão osmótica uniforme nos fluidos corporais, por exemplo, é dependente da constância interna das proporções de água, sais e proteínas. A classificação sugerida abaixo, portanto, não deve ser considerada nada mais do que um agrupamento útil de categorias homeostáticas; pode reivindicar apenas o mérito de ter servido como uma base para o estudo dos meios pelos quais o organismo alcança estabilidade:

A. Suprimentos materiais para as necessidades celulares.

1. Materiais que servem para a exposição de energia, e para o crescimento e reparo – glicose, proteína, gordura.
2. Água.
3. Cloreto de sódio e outros constituintes inorgânicos exceto cálcio.
4. Cálcio.
5. Oxigênio.
6. Secreções internas possuindo efeitos gerais e contínuos.

B. Fatores ambientais que afetam a atividade celular.

1. Pressão osmótica.
2. Temperatura.
3. Concentração de íons de hidrogênio.

Cada item da lista acima existe em uma condição relativamente uniforme da matriz fluida onde as células vivas do organismo existem. Há variações dessas condições, mas normalmente as variações estão dentro de limites estreitos. Se esses limites forem excedidos, consequências graves podem resultar ou pode haver perdas por parte do corpo. Alguns exemplos tornarão claras essas relações:

Uma redução da glicose no sangue para cerca de 70 mgm por cento (por exemplo, por insulina) induz a “reação hipoglicêmica” (Fletcher e Campbell, 1922), e uma redução inferior a 45 mgm por cento traz como consequência convulsões e possivelmente coma e morte; um aumento da percentagem acima de 170 a 180 mgm resulta em perda por via renal. Muita água nos líquidos do corpo resulta em “intoxicação por água”, caracterizada por dor de cabeça, náusea, tontura, astenia, incoordenação (Rowntree, 1922); por outro lado, muito pouca água resulta na diminuição do volume sanguíneo, maior viscosidade, e o aparecimento de febre (Keith, 1922; Crandall, 1899). Sódio (com o íon cloreto concomitante) é especialmente importante para manter constantes as propriedades osmóticas do plasma; se a concentração percentual sobe de 0,3 a 0,6 por cento, água é extraída da linfa e das células, e pode resultar em febre (Freund, 1913; Cushny, 1926, p. 19); por outro lado, se a concentração é reduzida, sintomas tóxicos aparecem – irritabilidade reflexa acentuada, seguida de fraqueza, tremores, paresia e morte (veja Grünwald, 1909). O nível normal de cálcio no sangue é aproximadamente 10 mgm por cento; se ele cai à metade dessa concentração, espasmos e convulsões provavelmente ocorrerão (Mac-Callum e Voegtlin, 1909); se ele sobe para o dobro dessa concentração, alterações profundas acontecerão no sangue, o que pode causar morte (Collip, 1926). As variações normais diárias de temperatura corporal no homem ficam entre 36,3°C e 37,3°C; embora possa cair para 24°C e não ser fatal (Reincke, 1875), esse nível é muito menor do que o compatível com a atividade; e se a temperatura persiste em 42-43°C, é perigoso devido à

coagulação de determinadas proteínas em células nervosas (Halliburton, 1904). A concentração de íons de hidrogênio no sangue pode variar aproximadamente entre pH 6,95 e pH 7,7; em um pH de aproximadamente 6,95, o sangue torna-se tão ácido que resulta em coma e morte (Hasselbalch e Lundsgaard, 1912); acima do pH 7,7, ele torna-se tão alcalino que tetania aparece (Grant e Goldman, 1920). A frequência cardíaca (do cão) foi [p. 403] vista diminuir de 75 batimentos por minuto para 50 quando o pH caiu de 7,4 para 7,0; e aumentar de 30 por minuto para aproximadamente 85 quando o pH subiu de 7,0 para 7,8 (Andrus e Carter, 1924). Os exemplos anteriores ilustram a importância da homeostase nos fluidos corporais. Normalmente os desvios para longe da posição média não alcançam extremos que prejudiquem as atividades do organismo ou coloquem em risco a sua existência. Antes que esses extremos sejam atingidos, ações são automaticamente postas em serviço que atuam para reestabelecer o estado perturbado para a posição média. O interesse agora se volta para uma averiguação das características dessas ações.

[...]

Alguns Postulados Relativos à Regulação Homeostática.

Cerca de quatro anos atrás, Cannon (1925) apresentou seis proposições provisórias concernentes aos fatores fisiológicos que mantêm estados estáveis no corpo⁶. Será pertinente considerá-las novamente agora com referência à discussão anterior sobre homeostase.

1. “Em um sistema aberto tal como nossos corpos representam, composto de material instável e continuamente sujeito a condições perturbadoras, a constância é em si evidência de que ações estão atuando, ou prontas para atuar, para manter essa constância”. Esta é uma inferência confiante – uma inferência baseada em algum insight acerca das maneiras pelas quais certos estados estáveis (por exemplo, glicemia, temperatura corporal e neutralidade do sangue) são regulados e uma confiança de que outros estados estáveis são

⁶ O autor refere-se ao já mencionado discurso publicado no *Transactions of the Congress of American Physicians and Surgeons*, onde estas seis proposições são formuladas, sem o uso do termo homeostase (Nota dos tradutores).

regulados de forma semelhante. Os exemplos citados nas páginas anteriores ilustraram vários mecanismos de ação utilizados pelo organismo para esse fim. Embora não saibamos como a constância de proteínas plasmáticas, lipídeos e cálcio sanguíneos, por exemplo, é promovida, ela provavelmente resulta de mecanismos tão bons quanto os que operam nos casos mais bem conhecidos de homeostase. É claro que esse domínio de interesse é cheio de problemas – problemas altamente significativos – convidando a tentativas de solução, e, à medida que são resolvidos, a confiança expressa no primeiro postulado pode ser justificada.

2. “Se um estado permanece estável, é apenas porque qualquer tendência para mudança é automaticamente atendida pelo aumento da eficácia do fator ou fatores que resistem à mudança”. Sede, a reação hipoglicêmica, as respostas respiratória e circulatória para um desvio da condição sanguínea em direção à acidez, as funções termogênicas, todos se tornam mais intensos quando a perturbação da homeostase é mais pronunciada, e todos eles diminuem rapidamente quando a perturbação é aliviada. Condições semelhantes provavelmente predominam em outros estados estáveis. É claro que o estado pode não permanecer estável, como em fragilidades ou deficiências patológicas, e por essa razão o postulado foi feito condicional. Como Lotka (1925) apontou, esse enunciado condicional, necessário para os seres vivos e apropriado à sua falta de estabilidade permanente, nitidamente torna a proposta do princípio estrito de Le Chatelier mais distintamente verdadeiro para sistemas físicos ou químicos simples. De fato, como Y. Henderson (1925) salientou, as concepções fisiológicas e químicas de equilíbrio são bastante diferentes. “Uma invoca energia para manter-se, ou, se perturbada, para recuperar-se . . . outra, buscando equilíbrio, apenas se reestabelece forçosamente”.

3. “Qualquer fator que opera para manter um estado estável por ação em uma direção não atua também sobre mesmo ponto na direção oposta”. Esta proposta, que deveria ser limitada a ações *fisiológicas*, está relacionada com as questões discutidas na nota de

rodapé da p. 410⁷. A adrenalina⁸ em doses fisiológicas tanto descarta glicogênio do fígado quanto aumenta lá o armazenamento de

⁷ [O autor refere-se a uma longa nota de rodapé sobre a regulação de glicose no sangue, trazida para cá:] Evidências contrárias às opiniões acima expostas foram recentemente apresentadas por Cori e Cori (1928). Eles afirmam que “o efeito mais proeminente da epinefrina é observado nos tecidos periféricos e consiste em uma mobilização de glicogênio muscular e em uma diminuição da utilização de açúcar sanguíneo”; e que a insulina provoca um rápido desaparecimento das reservas hepáticas, devido ao aumento do uso de açúcar sanguíneo nos tecidos periféricos e à “mobilização compensatória do glicogênio hepático”. Essas declarações, tão contrárias às evidências há muito aceitas, requerem comentários. Primeiro, eles administraram doses de adrenalina (0,2 mg por Kg) e de insulina (7,5 unidades por Kg) muito além dos limites fisiológicos (equivalente a 14 cc de adrenalina e 525 unidades de insulina em um homem de 70 Kg!). Efeitos fisiológicos pronunciados têm sido obtidos em ratos brancos (que eles utilizaram) com uma dose de adrenalina de um vigésimo dessa dose. Embora eles argumentem que suas doses de adrenalina foram lenta e razoavelmente bem absorvidas, eles não apresentam evidências reais; e o fato de que o aumento no nível de açúcar no sangue em seus experimentos ocorreu cedo e foi associado com menor glicosúria, indica que seu argumento é mal construído e que as doses enormes perturbaram a circulação. Além disso, a “mobilização do glicogênio muscular” consiste, explicam eles, em uma mudança do glicogênio em ácido láctico e, a partir desse ácido láctico circulante, uma reconstrução do glicogênio pelo fígado. Mas o glicogênio do músculo está lá para uso; “mobilizar” sem uso é como retirar forças da linha de fogo e instalá-las em quartéis! Novamente, ao declararem que a adrenalina causa hiperglicemia “porque a utilização do açúcar sanguíneo diminui”, eles negligenciam as evidências: 1, que a injeção intravenosa de adrenalina aumenta o nível de açúcar no sangue quase sem nenhum período de latência (Tatum, 1921); 2, que a excitação emocional pode aumentar o açúcar no sangue em 30 por cento ou mais em poucos minutos, mas não após a adrenalectomia (Britton, 1928), e que os mesmos fenômenos são vistos quando os nervos esplâncnicos são estimulados (Macleod, 1913) e 3, que após uma injeção de adrenalina, o açúcar sanguíneo aumenta rapidamente nas veias hepáticas e somente mais tarde é igualado na veia portal ou femoral (Vosburgh e Richards, 1903) – todas evidências contra suas opiniões, porque a hiperglicemia ocorre muito cedo, e é muito claramente de origem hepática para ser atribuída à falha de uso de glicose pelos tecidos periféricos. Ademais, sua crença de que a adrenalina provoca “diminuição da utilização de açúcar sanguíneo” é contrariada pela observação de que quando a glicose e a adrenalina são fornecidas para a preparação cardíaca, o consumo de açúcar aumenta cerca de quatro vezes a quantidade prévia (Patterson e Starling, 1913), e que cães exaustos por corrida podem ser postos a continuar (isto é, utilizando açúcar em seus músculos) e produzirão de 17 a 44 por cento de energia adicional se forem administrados subcutaneamente pequenas doses de adrenalina (0,02-0,04 mgm por Kg, às vezes repetida), mas não se uma grande dose for

glicogênio? A insulina, da mesma forma, atua de maneira oposta em relação às reservas de glicogênio hepático? Na nota de rodapé mencionada, razões foram dadas para não creditar a evidência à ação oposta por parte de um único desses agentes. Pode existir um agente que tenha uma influência do tipo tônica – uma atividade moderada – que pode variar para cima ou para baixo, e que pode atuar em dado momento em uma concentração “alta”, mas não em uma concentração “baixa”. A medula adrenal, que está sujeita ao controle de influências nervosas que se opõem (Cannon e Rapport, 1921), pode ser citada como um agente desse tipo.

4. “Agentes homeostáticos, antagonísticos em uma região do corpo, podem ser cooperativos em outra região’. As influências simpático-adrenal e vago-insular são opostas na ação sobre o fígado, mas parecem ser colaboradoras em sua ação sobre os músculos, por exemplo, levando ao uso efetivo de açúcar pelas células musculares (Burn e Dale, 1924). Muito pouco se sabe sobre os efeitos desses agentes para permitir que este postulado seja de real significado no presente.

5. “O sistema regulador que determina um estado homeostático pode compreender uma série de fatores que cooperam, postos em ação ao mesmo tempo ou sucessivamente”. Esta afirmação é bem ilustrada nos arranjos para proteção contra a queda de temperatura, em que séries de defesas são utilizadas uma após a outra, e também nos elaborados e complexos arranjos para manter a reação uniforme do sangue.

6. “Quando um fator é conhecido que pode mudar o estado homeostático em uma direção, é sensato olhar para o controle

administrada (0,17 mg por Kg – n.b., menor que a utilizada pelos Coris) (Campos, Cannon, Lundin e Walker, 1929). Finalmente, embora mencionem uma “mobilização compensatória do glicogênio hepático” como causa de depósitos hepáticos exauridos após suas enormes doses de insulina, eles não indicam a natureza do processo compensatório, embora relatem níveis baixos de açúcar no sangue que seriam postos em ação pelo aparato simpático-adrenal. Por essas várias razões, as opiniões levantadas por Cori e Cori parecem não justificar a rendição das concepções bem estabelecidas da ação da adrenalina e da insulina.

⁸ O autor refere-se à adrenalina, ou epinefrina (Nota dos tradutores).

automático desse fator ou para um fator ou fatores que tenham efeito oposto”. Este postulado está implicado em postulados anteriores. Ele é expresso como uma reiteração da confiança de que a homeostase não é acidental, mas é resultado de um governo organizado, e que a busca por entidades controladoras irá resultar em sua descoberta.

O leitor já teve a oportunidade de se impressionar com as grandes lacunas em nosso conhecimento não só das condições homeostáticas, mas também dos arranjos que as estabelecem e mantêm. Repetidamente, a frase “não é conhecida” teve de ser empregada. É notável que funcionalidades tão características dos seres vivos, como os estados estáveis, tenham recebido tão pouca atenção. Inúmeras questões ainda precisam ser respondidas. Pouco se sabe, por exemplo, sobre os estímulos efetivos para tais reações homeostáticas, como são bem reconhecidas. Existem receptores que são afetados na regulação do açúcar sanguíneo ou os fatores reguladores são afetados pela ação direta dos centros cerebrais? Novamente, existem mecanismos homeostáticos que não foram consideradas acima, tais como os eritrócitos extras produzidos em organismos vivendo em altitudes elevadas, ou o crescimento de pelos mais espessos durante tempo frio prolongado; e também estados estáveis que não foram mencionados, tais como a estabilização do fósforo em relação ao cálcio, a evidência, a partir da constância do metabolismo basal, de que existe constância do conteúdo de tiroxina do sangue, sem dúvida, a evidência a partir de outros estados estáveis (como peso e caracteres sexuais) de que outros produtos endócrinos estão uniformemente circulando – as questões apresentadas por estas e muitas outras reações que são úteis em preservar a uniformidade na matriz fluida oferecem um fascinante campo de pesquisa.

Nas duas seções anteriores as funções das divisões do sistema autônomo em relação à homeostase foram definidas e alguns [p. 427] postulados sobre a homeostase foram apresentados, não com a ideia de que as afirmações devam ser tomadas como conclusivas, mas antes que elas possam se provar sugestivas para mais investigações. Sem dúvida, esse ponto de vista deve ser reconhecido como predominante durante toda esta revisão. É crença do escritor que o estudo de atividades específicas dos vários órgãos do corpo progrediu a um nível que permitirá, a um maior alcance do que é geralmente

reconhecido, um exame da interação desses órgãos no organismo como um todo. Suas relações com o seu ambiente interno pareceram oferecer uma abordagem sugestiva para um levantamento de suas possíveis funções integradoras. Em tal empreendimento, com certeza espreitarão erros que deverão ser corrigidos posteriormente, e certamente serão projetadas ideias cruas, que deverão ser, mais tarde, refinadas. Embora o presente relato dos mecanismos que regulam estados estáveis no corpo provavelmente se prove inadequado e provisório, não há dúvida da grande importância dos fatos da homeostase com a qual lidam. Esse relato pode pelo menos servir para despertar interesse neles e na sua importância. Os fatos são significativos como características formidáveis da organização e atividade biológica. Eles são significativos também na compreensão das complexas desordens do corpo, pois em um estado normalmente mantido regular por um grupo de partes cooperativas, o insight pleno sobre a irregularidade é obtido apenas aprendendo seu modo de cooperação. Novamente, os métodos efetivos de se alcançar a homeostase são expressivos em comparação aos métodos em sistemas onde os estados estáveis não são ainda bem desenvolvidos; a regulação da homeostase nos animais superiores é provavelmente o resultado de inumeráveis ensaios evolutivos, e o conhecimento da estabilidade que foi finalmente alcançado é sugestivo em relação aos arranjos menos eficientes operando em animais inferiores, e também em relação às tentativas de garantir a estabilidade em organizações sociais e econômicas. Finalmente, a análise contínua de processos biológicos em termos físicos e químicos deve aguardar uma plena compreensão das maneiras pelas quais esses processos são despertados para executar seu trabalho e em seguida são retornados à inatividade. De fato, a regulação no organismo é o problema central da fisiologia. Por todas essas razões, pesquisas adicionais sobre o funcionamento dos mecanismos de manutenção da homeostase biológica é desejável.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta tradução visa contribuir para o entendimento das origens e o desenvolvimento do conceito de homeostase, central na Biologia funcional contemporânea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS⁹

- BENISON, Saul; BARGER, A. Clifford; WOLFE, Elin L. Walter B. *Cannon: The life and times of a young scientist*. Cambridge: Belknap Press, 1987.
- BENISON, Saul; BARGER, A. Clifford; WOLFE, Elin L. Walter B. Cannon and the mystery of shock: A study of Anglo-American co-operation in World War I. *Medical History*, **35** (2): 217-249, 1991.
- CANNON, Walter Bradford. *The mechanical factors of digestion*. London: Arnold, 1911.
- CANNON, Walter Bradford. The emergency function of the adrenal medulla in pain and the major emotions. *American Journal of Physiology*, **33**: 356-372, 1914.
- CANNON, Walter Bradford. *Bodily changes in pain, hunger, fear and rage*. New York: Appleton-Century, 1915.
- CANNON, Walter Bradford. Organization for physiological homeostasis. *Physiological Reviews*, **9** (3): 399-431, 1929.
- CANNON, Walter Bradford. *The wisdom of the body*. New York: WW Norton, 1932.
- COOPER, Steven J. From Claude Bernard to Walter Cannon. Emergence of the concept of homeostasis. *Appetite*, **51** (3): 419-427, 2008.
- JANCZUR, Cristine; ZAVAGLIA, Adriana; HADDAD, Hamilton; PRESTES, Maria Elice Brzezinski. Claude Bernard e a constância do meio interno. *História e Filosofia da Biologia*, **8** (3): 381-393, 2013.
- LANGLEY, Leroy Lester. *Homeostasis: Origins of the concept*. Stroudsburg: Dowden, Hutchinson & Hoss, 1973.

Data de submissão: 24/10/2016

Aprovado para publicação: 05/12/2016

⁹ Estão listadas apenas as referências apresentadas na Introdução. As referências utilizadas por Cannon podem ser encontradas no artigo original (<http://physrev.physiology.org/content/9/3/399>).

As fronteiras entre natureza e cultura: discussões a partir de críticas internas da biologia e das interlocuções entre neurociências e educação

Jonathan Henriques do Amaral *
Leonardo Augusto Luvison Araújo #

Resumo: Analisamos o debate sobre as fronteiras entre natureza/cultura e ciências humanas/ciências biológicas, a partir do campo de interlocuções entre neurociências e educação e de críticas realizadas por Richard Lewontin. As produções analisadas enfatizam que natureza e cultura são dimensões que não se opõem, colocando em xeque a própria cisão entre ciências biológicas e humanas. Conquanto defendam uma aproximação entre os dois campos, os exemplos analisados não têm conseguido avançar para além de suas críticas, de forma a desenvolver estudos empíricos que efetivamente articulem os referenciais teórico-metodológicos de ambas as áreas. As fronteiras entre natureza e cultura têm sofrido problematizações, mas ainda constituem condição importante para a produção de conhecimento nas ciências humanas e biológicas.

Palavras-chave: natureza; cultura; ciências biológicas; ciências humanas; Lewontin, Richard

The boundaries between nature and nurture: discussions from internal criticisms of biology and the interlocutions between neurosciences and education

* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, campus Vacaria. R. Eng. João Viterbo de Oliveira, 3061, Zona Rural, Cep 95200-000, Vacaria, RS, Brasil. E-mails: jonathan.amaral@vacaria.ifrs.edu.br; jhamaral@yahoo.com.br

Estudante de doutorado no Curso de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Avenida Paulo Gama, 110, CEP: 90046-900, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: leonardo_luvison@hotmail.com

Abstract: We analyze the boundaries between nature/nurture and human sciences/biological sciences from discussions about the interlocutions between neurosciences and education, and Richard Lewontin's criticisms of biology. These productions suggested that the dichotomy opposing nature to nurture is fruitless. Although they defend an approximation between the two fields, the analyzed examples have not been able to advance beyond their critics, in order to develop empirical studies that effectively articulate the theoretical-methodological references of both areas. The boundaries between nature and nurture have undergone criticisms, but they still constitute an important condition for the production of knowledge in the human and biological sciences.

Key-words: nature; nurture; biological sciences; human sciences; Lewontin, Richard

1 INTRODUÇÃO

A biologia sempre teve que lidar com o “ambiente”, aquilo que delimita o biológico, objeto de estudo dessa disciplina. Na história da biologia podemos encontrar distintas concepções sobre a relação entre o substrato biológico e ambiental da vida. Um importante aspecto das disciplinas biológicas que tratam dos fenômenos de herança, desenvolvimento e evolução foi a forte distinção entre o “biológico” e o “ambiental”, dois objetos de estudo que foram separados para diferentes finalidades epistemológicas/metodológicas. Na afirmação dessa dicotomia, disciplinas como a genética delimitaram seus objetos e conquistaram autonomia disciplinar no início do século XX (Araújo, 2015).

A questão da contribuição da biologia e do ambiente para a origem de características físicas e comportamentais do homem possui sérias consequências políticas e sociais, inaugurando também uma importante discussão sobre a delimitação e a relação entre o substrato natural e cultural do ser humano. Dessa forma, de acordo com Nikolas Rose (2013), as ciências sociais sempre tiveram que lidar com a biologia, entendida enquanto disciplina científica e enquanto realidade inexorável dos homens, que são seres que nascem, vivem, adoecem e morrem. O autor analisa as relações entre ciências biológicas e humanas tomando como exemplo o caso da sociologia, cujo surgimento ocorreu simultaneamente à consolidação da biologia como área do conhecimento, na primeira metade do século XIX.

Desde a sua gênese a sociologia ficou à sombra do conhecimento biológico, o que a levou a um duplo movimento: por um lado, a tentativa de se diferenciar da biologia, a partir da afirmação da especificidade das características que constituiriam os homens e as relações entre eles – o que, conseqüentemente, demandaria a constituição de uma disciplina com estatuto metodológico próprio, de modo a compreender adequadamente essas características; por outro lado, a tentativa de modelar a sociologia a partir da biologia, compreendendo a sociedade como um grande organismo vivo, formado por diferentes partes, responsáveis por diferentes funções. Representativa do primeiro movimento é a tradição inaugurada por Max Weber, com sua ênfase no estudo dos sentidos envolvidos nas ações sociais. Já o trabalho de Émile Durkheim exemplifica o segundo movimento, com sua proposta de estudar os “fatos sociais” como se fossem “coisas” redutíveis a suas dimensões externas e passíveis de mensuração e observação objetiva. Em ambos os casos a “natureza” foi entendida como um domínio cuja compreensão era de responsabilidade da biologia, o que levou à solidificação do dualismo natureza/cultura (Rose, 2013).

A partir da segunda metade do século XX, como consequência da associação entre biologia e nazismo, as ciências sociais passaram a assumir uma atitude de reserva em relação às ciências naturais: a ênfase na dimensão biológica da espécie humana virou sinônimo de convivência com a supremacia de certos grupos sobre outros. Dos anos 1970 em diante, tornou-se senso comum sociológico afirmar que a ênfase na realidade biológica dos humanos necessariamente implicaria manifestações de machismo, racismo, fatalismo, determinismo, reducionismo¹: relações de poder seriam legitimadas a partir de uma concepção de natureza vista como imutável (Rose, 2013).

¹ Referimo-nos ao reducionismo epistemológico, o qual consiste em explicar um fenômeno complexo com base em somente alguns fatores causais determinantes (Rose, 1997). Segundo Steven Rose, o determinismo biológico é um tipo de explicação reducionista, pois procura explicar os fenômenos humanos levando em conta apenas fatores biológicos, deixando de lado aspectos econômicos ou socioculturais. Nessa perspectiva determinista, compreende-se que biologia equivale a destino: uma biologia inata e imutável seria a responsável pelas características definidoras dos humanos (Rose, 1997).

No entanto, há indícios de mudanças nessa visão crítica e pessimista das ciências humanas em relação às biológicas. Nikolas Rose (2013) argumenta que os atuais avanços nas ciências naturais têm demonstrado que concepções deterministas e reducionistas são insustentáveis do próprio ponto de vista biológico: há uma grande tensão entre, de um lado, estilos de pensamento² vinculados a essas concepções e, de outro, estilos de pensamento que reconhecem a complexidade e o dinamismo dos fenômenos humanos. Portanto, admitir a dimensão biológica de determinada característica não equivale necessariamente a destino ou fatalidade, mas a uma possibilidade que pode se concretizar ou não, a partir das interações dos organismos vivos com os diferentes meios (intracelular, biográfico, social, cultural) em que estão inseridos. Para o sociólogo, essa seria uma oportunidade única de as ciências humanas – com sua compreensão acerca dos modos como os indivíduos formam seu meio e são formados por ele, ao longo do tempo e do espaço – dialogarem com as ciências biológicas (Rose, 2013).

Em função dessas mudanças epistemológicas, estão em curso algumas tentativas de diálogo entre ciências biológicas e humanas. Com o intuito de melhor compreender essas transformações, neste artigo analisamos e debatemos duas propostas de diálogo entre ciências biológicas e humanas que desafiam as consolidadas dicotomias entre biologia/ambiente e natureza/cultura – dicotomias essas que têm separado bruscamente as duas áreas de conhecimento.

O primeiro caso analisado é o de um domínio de pesquisa chamado por alguns autores de “neuroeducação” ou, em língua inglesa, de *Mind, Brain and Education Science*. A seção a seguir apresenta um breve panorama dessa nova área, abordando alguns dos principais argumentos defendidos por seus entusiastas. Na terceira parte do artigo abordamos as críticas do geneticista Richard Lewontin sobre a

² O autor utiliza a noção de “estilo de pensamento” tal como empregada por Ludwik Fleck ([1935], 2010): trata-se de uma predisposição teórica para perceber o mundo de determinada forma, a partir de um conjunto de pressupostos. O estilo de pensamento se refere não apenas ao modo como o conhecimento é produzido, mas também ao que efetivamente é passível de se tornar objeto de estudo em determinado contexto histórico e social. Ao conjunto de pessoas que compartilham um estilo de pensamento, Fleck chama de “coletivo de pensamento”.

relação entre organismo e ambiente, discutindo de que forma as dicotomias biologia/ambiente e natureza/cultura podem ser solapadas a partir de argumentos internos da biologia.

2 AS INTERLOCUÇÕES ENTRE EDUCAÇÃO E NEUROCIÊNCIAS

O campo de interlocuções entre educação e neurociências parte do princípio de que os processos de ensino-aprendizagem podem ser aprimorados a partir do conhecimento das bases neurobiológicas da aprendizagem humana. Conforme Milton Zaro e colaboradores (2010), essa disciplina emergente procura articular contribuições das neurociências, das ciências cognitivas e da educação, de modo a produzir conhecimentos que possam gerar melhorias nos currículos escolares, nas metodologias de ensino, nas relações entre professores e alunos, dentre outros componentes do trabalho educativo. Para os autores, “a pesquisa de base neuroeducacional comportaria um vasto campo de investigação – de naturezas quantitativas, qualitativas, empíricas e inclusive etnográficas” (Zaro *et al.*, 2010, p. 205). Essa citação evidencia a tentativa de autores da área de articular teorias e metodologias oriundas de tradições científicas bastante diversas.

A constituição dessa nova área é um fenômeno recente, que coincide com a intensificação das críticas às distinções entre natureza e cultura e entre ciências biológicas e humanas. Cabe citar alguns exemplos para tornar esse argumento mais compreensível. A partir de 2011 passou a ser realizada a *Latin American School for Education, Cognitive and Neural Sciences* (LASchool) – escola de estudos avançados que vem sendo promovida anualmente em diversos países da América Latina, reunindo pesquisadores de todo o mundo interessados em articular educação e neurociências. Os participantes do curso trabalham em conjunto por duas semanas, analisando ideias e achados científicos que possam ser relevantes tanto para educadores quanto para cientistas. O evento é financiado pela fundação norte-americana James S. McDonnell, que custeia as despesas de todos os participantes (LASchool website). Outro exemplo é a constituição da *International Mind, Brain and Education Society* (IMBES), que desde 2004 tem se dedicado a fomentar o diálogo entre ciências cognitivas, neurociências, genética e educação. A sociedade realiza conferências

desde 2007, editando também a revista *Mind, Brain and Education* (IMBES website).

Para conhecer a forma como pesquisadores dessa nova área concebem as relações entre natureza e cultura e entre ciências humanas e biológicas, analisamos 91 artigos, uma tese de doutorado e uma dissertação de mestrado, publicados em três idiomas (espanhol, inglês e português), entre 1973 e 2014. Os trabalhos foram resgatados a partir do Portal de Periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) – biblioteca virtual que permite o acesso livre a periódicos científicos e outras produções acadêmicas publicados nacional e internacionalmente, de todas as áreas do conhecimento³. O levantamento de trabalhos foi realizado por meio das palavras-chave “neuroeducação” e “neurociências e educação”, nos três idiomas mencionados acima. Para delimitar a procura, consideramos apenas os trabalhos avaliados por pares, deixando de lado atas de congresso, resenhas e artigos de jornal. A amostra foi definida após a leitura do resumo e das palavras-chave de cada um dos trabalhos recuperados.

Um fato que chamou a atenção a partir da análise é o de que o estabelecimento da intersecção entre as duas áreas não constitui um empreendimento exclusivo de neurocientistas: pesquisadores de diversas áreas, tanto das ciências biológicas quanto das ciências humanas, têm buscado promover esse diálogo. Prova disso é que os artigos analisados foram publicados em periódicos de diferentes campos do conhecimento, como biologia, educação, filosofia, neurociências e psicologia.

A abordagem explícita das relações entre natureza e cultura aparece em 46 dos 93 trabalhos analisados. Nesses materiais, os autores fazem referência à neuroplasticidade – capacidade que o sistema nervoso tem de se modificar a partir de situações de aprendizagem e experiências. Os pesquisadores enfatizam que a adequada com-

³ O acervo do Portal conta com mais de 38 mil títulos com texto completo, além de enciclopédias, obras de referência, manuais técnicos, dentre outros materiais bibliográficos (informação disponível em http://www.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pcontent&view=pcontent&alias=missao-objetivos&Itemid=102). Acesso em 04 de fevereiro de 2017.

preensão da estrutura e do funcionamento do sistema nervoso não pode se dar à revelia do entendimento das relações entre biologia e ambiente: essas duas dimensões estabelecem transações contínuas, a partir das quais passam por modificações constantes. Assim, a experiência molda o sistema nervoso, de modo que a educação está intimamente ligada à mudança neuronal (Ansari e Coch, 2006; Hodges, 2010; Ferrada, 2009). Trata-se, portanto, de manifestações dos novos estilos de pensamento que, segundo Nikolas Rose (2013), estão emergindo de pesquisas biológicas recentes.

É a constatação da neuroplasticidade que leva muitos autores a defender a possibilidade de diálogo entre educação e neurociências, visto que, por um lado, não há aprendizagem humana sem um aparato biológico apto para isso e, por outro lado, esse mesmo aparato biológico sofre constantes modificações a partir da aprendizagem. Os pesquisadores reconhecem nesse fato um caminho para que ciências humanas e biológicas dialoguem com suas teorizações, modificando a forma como natureza e cultura têm sido compreendidas. A própria emergência das interlocuções entre educação e neurociências constituiria a “materialização” desse argumento (Gonçalves, 2012).

Os estudos sobre a neuroplasticidade exemplificam a tendência vislumbrada por Nikolas Rose (2013) em estilos de pensamento biológicos contemporâneos, conforme os quais a biologia é muitas vezes uma possibilidade, e não uma determinante: o fato de que situações de aprendizagem promovem modificações no sistema nervoso coloca em xeque as pretensões do determinismo. Todavia, isso não significa que não haja certas limitações ou pré-condições biológicas, as quais não podem ser alteradas por meio da cultura ou da educação. Segundo Evelyn Fox Keller (2010), há aspectos que, a menos sob condições específicas, não são passíveis de mudanças, como a condição tetrápode e a estrutura de órgãos vitais. Conquanto a autora reconheça a existência da plasticidade, ela lembra que certos traços são relativamente difíceis de serem modificados após o nascimento; outros se tornam muito pouco maleáveis após os seis primeiros meses de gestação, a infância ou a adolescência. Mesmo assim, esse pressuposto não constitui possibilidade de reavivamento do determinismo biológico, até porque as abordagens sociológicas –

críticas do determinismo – dificilmente negariam a existência de condicionantes sociais que não podem ser modificados arbitrariamente por meio da ação individual. Esse argumento é corroborado pela autora de um dos trabalhos analisados para este artigo (Gonçalves, 2012).

Apesar das propostas de aproximação entre ciências humanas e biológicas e do questionamento das fronteiras entre natureza e cultura, o que percebemos na grande maioria dos trabalhos analisados é a dificuldade em produzir pesquisas empíricas articulando as duas áreas. Uma das causas dessa dificuldade diz respeito às diferenças entre os procedimentos metodológicos utilizados por cada campo na produção de conhecimento. O desenvolvimento das pesquisas em neurociências demanda a elaboração de variáveis bem delimitadas e controladas, a serem testadas em ambientes artificiais de laboratório, os quais dificilmente correspondem ao contexto real de sala de aula. Além disso, muitos estudos neurocientíficos são produzidos com modelos animais, gerando resultados que demandam cautela ao serem extrapolados para humanos (Devonshire e Dommett, 2010; Brockington, 2011). Essas diferenças metodológicas acabam constituindo limites difíceis de transpor na realização de estudos que articulem neurociências e educação. Outra dificuldade concerne aos conceitos elaborados por cada área, que podem ser incomensuráveis: por exemplo, o que a educação entende por “ambiente” ou “aprendizagem” pode diferir do que as neurociências compreendem por isso (Varma, Mccandliss & Schwartz, 2008).

3 A RELAÇÃO ENTRE ORGANISMO E AMBIENTE NA BIOLOGIA DE RICHARD LEWONTIN

Algumas críticas internas da biologia podem solapar a dicotomia natureza/cultura e apresentar novas relações entre as ciências biológicas e humanas. A análise desta seção incide sobre a obra de um biólogo conhecido por seus trabalhos sobre genética e evolução e pelo olhar crítico em relação aos caminhos da biologia ao longo do século XX. Trata-se de Richard Lewontin, eminente geneticista de populações, que desafia os biólogos a pensar sobre a biologia mais criticamente (Lewontin, 1976; 1982; 1984; 2003). Suas críticas e algumas de suas propostas de relação entre biologia e ambiente

influenciaram perspectivas teóricas da biologia contemporânea, como sua abordagem sobre construção de nicho.

Um dos pontos centrais de suas críticas é mostrar como uma biologia de “má qualidade” levou a concepções problemáticas sobre a relação entre o organismo e seu meio, incidindo também na relação da biologia com a sociedade. Lewontin (2003) acredita que uma das origens dessa biologia de “má qualidade” é a metáfora do mundo como máquina, que baseia boa parte das ciências naturais. Seguindo essa metáfora, os biólogos decompõem o mundo dos objetos e processos biológicos em partes e peças que podem ser claramente diferenciadas, como organismo e ambiente, natureza e cultura. A despeito de seu sucesso explicativo na biologia, esse modelo pode levar a uma concepção simplificada das relações parte/todo e causa/efeito.

A biologia não se ajusta bem ao modelo de máquina porque esbarra em incompatibilidades características dos seres vivos. O que sabemos sobre a vida, afirma Lewontin (2003), é incompatível com um lastro metodológico do modelo de máquina. Para se adequar a esse modelo, os biólogos procuram estudar os seres vivos e os processos biológicos: (i) com um funcionamento homogêneo e universal; (ii) manipulando fatores causais para que sejam determinantes; e (iii) apresentando uma separação brusca entre o “interno” e o “externo”.

O autor problematiza cada um destes pontos. Em contraponto a um funcionamento homogêneo, (i) sabemos que os organismos são internamente heterogêneos; (ii) a vida é um nexos de forças causais, não sendo determinada por poucos fatores; e (iii) os organismos são abertos interna e externamente, sendo muitas vezes difícil determinar o limite entre o biológico e o ambiental (Lewontin, 2003).

Para entender de que forma esses aspectos práticos podem levar a biologia a formular respostas incompletas ou ignorar características essenciais da vida, discutiremos brevemente um exemplo explorado por Lewontin (2000): o projeto genoma humano. Esse projeto sequenciou o genoma humano a partir de técnicas de biologia molecular dispendiosas para a época. Para isso, foi necessário o esforço lobista de cientistas como Walter Gilbert, James Watson, Charles Cantor e Leroy Hood, que procuraram obter a sequência

completa de As, Ts, Cs e Gs que compõem o genoma humano. Na posse dessas informações, esses cientistas afirmavam que a biologia do homem poderia ser “computada”.

O esquema geral desse empreendimento seria encontrar todos os genes e descobrir suas conexões. Assim, a biologia poderia “deduzir” um organismo completo. Em resumo, esse projeto almejava: (i) a descrição completa da sequência de nucleotídeos do genoma humano; (ii) descobrir as unidades funcionais do genoma humano, ou seja, os genes e seus elementos reguladores; (iii) descobrir “para que” servem esses genes, nas vias de suas conexões causais (Lewontin, 2003). Podemos incluir como um último objetivo (iv) a pretensão de envolver diferentes aplicações sociais.

Como Lewontin (2003) procura mostrar, esse empreendimento parte de uma visão da biologia do homem baseada na metáfora da máquina. Pretende-se separar o organismo em partes constituintes – DNA, genes, proteínas, etc. – seguindo por uma etapa de síntese, buscando conexões causais entre as partes. Contudo, esse modelo parte de um pressuposto biológico problemático: a crença de que as causas sobre uma determinada característica fenotípica estão inteira ou fortemente determinadas pelo DNA. O problema é que nem a primeira parte do nexo causal entre o “DNA e as características” – a formação das proteínas – é fortemente determinada pela informação presente nos nucleotídeos. As proteínas dependem sobretudo do ambiente fisiológico da célula; o DNA *per se* não determina nem mesmo a sua estrutura tridimensional.

Apesar de ser um truísmo para os biólogos o fato de os seres vivos serem determinados por um nexo de forças causais fracas, nos estudos empíricos em laboratório os pesquisadores procuram eliminar fatores causais e favorecer a construção de modelos com poucos efeitos causais preponderantes. Na prática, os biólogos esquecem aquilo que conhecemos sobre a vida em nome de uma ciência “mais confiável”.

Em alguns casos, esse recurso metodológico passa a ser não apenas uma maneira de estudar os fenômenos biológicos, mas também uma descrição de como o mundo opera. Muitas vezes os cientistas tomam como verdade a metáfora do organismo e do ambiente como se fossem comparáveis a uma máquina, passando a

acreditar que realmente há uma relação mecânica entre organismo e ambiente (Lewontin, 2003). Ademais, para adequar os seres vivos ao modelo de máquina, os biólogos tratam de construir experimentos que façam a vida se adequar a um funcionamento homogêneo, com poucos fatores causais preponderantes e com uma separação delimitada entre os fenômenos biológicos e ambientais. Geralmente, procura-se manipular uma causa ou um pequeno número de causas por meio de grandes perturbações, para a obtenção de fatores causais preponderantes.

Podemos encontrar essa tendência na adoção de organismos modelos da genética clássica, a qual procurou demonstrar que os genes “determinam” as características dos organismos. O mais famoso organismo modelo dessa ciência é a “mosquinha da fruta”, *Drosophila melanogaster*. As culturas dessa mosca podem ser manipuladas de um modo relativamente fácil, em um ambiente com condições controladas. Esse organismo combina a necessidade da genética em estabelecer populações ao longo das gerações em culturas homogêneas, as quais diferem em poucas características bem definidas (Araújo, 2015).

Segundo Staffan Müller-Wille e Hans-Jörg Rheinberger (2012, p. 137), com o estabelecimento de organismos modelos, “os biólogos que adotaram a genética mendeliana, depois de 1900, habitaram um mundo povoado por novas formas de vida – seres vivos distintos daqueles que os contemporâneos de Mendel estavam acostumados”. A construção dessas novas formas de vida a partir do século XX, associada ao controle do ambiente experimental (padronizado e constante), possibilitou que elas fossem controladas e recombinadas para finalidades experimentais.

Essa prática experimental propiciou não apenas objetos de pesquisa, mas também ferramentas para inferir a constituição genética dos indivíduos. Assim, distinções teóricas importantes da genética foram obtidas, como a separação entre o genótipo e o fenótipo (Araújo, 2015). Tal distinção oferecia a possibilidade de isolar os efeitos da herança genética – nas populações de organismos modelos – dos fatores ambientais. Um ponto importante dessa distinção é que ela permitiu atribuir um papel causal excessivo ao genótipo na determinação do fenótipo. Apesar da distinção entre genótipo e

fenótipo conduzir ao reconhecimento implícito do papel do ambiente na formação das características fenotípicas, na prática muitos geneticistas ignoraram esses fatores (Sapp, 2003). Essa ideia fez muitos geneticistas conceberem os indivíduos como um mosaico de caracteres independentes. Nessa perspectiva, os organismos são tomados como um conjunto de muitos caracteres unitários, cada um capaz de ser herdado independentemente. O ambiente faz apenas o papel de cenário na determinação das características fenotípicas.

Essa abordagem foi compartilhada por importantes geneticistas, como Thomas Morgan (1866-1945), que contribuiu diretamente para o estabelecimento da genética. A teoria do gene, como formulada por Morgan, parte da crença de que os genes determinam o desenvolvimento ontogenético e os caracteres. Todavia, essa ciência nada diz em relação ao modo pelo qual os genes estão ligados causalmente com o desenvolvimento do organismo e o surgimento das características do adulto. Apesar disso, para Morgan (1926), a prática da genética apresentava subsídios suficientes para essa extrapolação.

Ao estudar os fenótipos de uma população de organismos, a genética clássica atribuiu como causa determinante das variações observadas entre os indivíduos as suas diferenças genéticas. Normalmente, para essa finalidade, são produzidas e estudadas formas de vida em um ambiente experimental controlado, sob perturbações definidas, como a indução de mutações. Essa produção de novas formas de vida teve um efeito profundo no tipo de explicação que os biólogos ofereceram, gerando extrapolações sobre a biologia do homem. Um exemplo é a própria visão atomística de gene de Morgan, a qual ajudou a embasar a crença de que capacidades cognitivas humanas são fortemente determinadas pelos genes, embora o autor tenha sido crítico das extrapolações feitas pelo movimento eugenista, por exemplo (Allen, 2011).

Assim, podemos entender de que forma as conclusões obtidas a partir de modelos experimentais específicos passam a ser extrapolados para a vida como um todo. Confundem-se as conclusões obtidas a partir de situações experimentais específicas com descrições de como realmente é a biologia do homem (Lewontin, 2003). Há uma confusão entre as estratégias

metodológicas da biologia e as explicações dos fenômenos biológicos, engendrando, dessa forma, aplicações sociais “distorcidas” sobre a biologia humana. Os recursos metodológicos de que os biólogos lançam mão para estudar a vida são internalizados ao jargão biológico para explicar a “realidade”.

Esse enfoque metodológico leva a biologia muitas vezes a formular respostas incompletas ou a ignorar características essenciais da vida. Para Lewontin (2003), essas extrapolações são inadequadas já em seu ponto de partida, pois inferem os fenômenos biológicos a partir de organismos modelos, em condições laboratoriais restritas. Nesse contexto, procura-se manipular um caminho causal preponderante, produzindo organismos em condições “anormais”. Com efeito, Lewontin (2003, p. 98) define um organismo “normal” como a condição em que nenhum caminho causal único controla o organismo. Isso é característico da vida, segundo o autor. Por isso, para que um único desvio causal mostre um efeito considerável, como o gene, será necessária a construção de organismos “anormais”. É a partir desses organismos que os biólogos fazem inferências sobre a biologia do homem.

A partir de todas essas críticas, Lewontin (2003) se pergunta qual seria outra via de pesquisa: como fragmentar um organismo sem destruir as relações que estamos tratando de compreender? Para entender o homem, que outra relação entre ciências biológicas e humanas seria possível?

Segundo o autor, o holismo extremo não é um caminho, muito menos a negação total do reducionismo como estratégia metodológica. Ele nos apresenta um ponto de partida: devemos aprender sobre as limitações que a própria biologia já nos mostrou. Devemos ter em mente, antes de tudo, que os seres vivos não se ajustam a uma concepção de mundo como máquina. A vida ocupa no espaço das relações físicas uma região diferente da dimensão físico-química, caracterizando-se por uma heterogeneidade causal e um intercâmbio dinâmico entre processos “internos” e “externos”. Os organismos são “sistemas abertos internamente heterogêneos” (Lewontin, 2003, p. 116). Sabendo disso, a biologia deve evitar extrapolações para a vida como um todo a partir de perturbações experimentais que retiram o organismo do seu nexo de forças que são individualmente fracas.

O exemplo explorado anteriormente da genética clássica nos mostra como podemos solapar o determinismo aprendendo com as próprias limitações da biologia. Sabe-se que o fenótipo de muitos organismos, mesmo sem variação genética, é bastante sensível a fatores ambientais, como temperatura, tempo de vida, umidade, entre outros fatores que atuam durante o desenvolvimento biológico. As melhores evidências da biologia apontam que o organismo não computa a si próprio a partir dos seus genes,

[...] mas é uma consequência singular entre os genes que ele possui, a se-quência temporal dos ambientes externos aos quais está sujeito durante a vida e eventos aleatórios de interações moleculares que ocorrem dentro de células individuais. São essas interações que devem ser incorporadas em uma explicação adequada acerca da formação de um organismo. (Lewontin, 2003, p. 24)

Outro aspecto que aprendemos com a própria biologia é que um quadro assimétrico de causas e efeitos entre biologia/ambiente e natureza/cultura não corresponde à “realidade” sobre a origem das características humanas. A própria flexibilidade dos limites entre o interior e o exterior, o biológico e o ambiental, dificulta essa dicotomia estrita. Para Lewontin (2003), tanto o organismo quanto o ambiente são causa e efeito das características biológicas. Os organismos constroem ativamente, no sentido literal da palavra, um mundo à sua volta, mas também são afetados por ele, em uma forma construcionista e dialética.

Segundo essa interpretação, o mundo está mudando porque os organismos estão mudando. Um exemplo mais amplo disso é entender como a vida evoluiu em condições externas resultantes das próprias atividades biológicas. Na formação da atmosfera da Terra, por exemplo, as concentrações de oxigênio e dióxido de carbono foram consequências diretas das atividades biológicas. Essa atividade biológica influenciou diretamente o ambiente, que, por sua vez, alterou o curso da evolução da vida. O mesmo raciocínio pode ser feito com características humanas, que possuem historicidade tanto em seu substrato biológico quanto nas interações com a cultura.

Ainda que grande parte dos biólogos tenha noção disso, em graus diferentes de consciência, esses pressupostos não fazem parte da prática da biologia. O desafio atual se refere a de que forma a biologia pode integrar em sua prática o que foi discutido – e nisso está uma das maiores possibilidades de relação entre ciências biológicas e humanas.

4 CONCLUSÃO

A despeito das críticas que a dicotomia natureza/cultura tem recebido, o que verificamos a partir da análise aqui realizada é a permanência das dificuldades de articulação entre ciências humanas e biológicas. A abordagem epistemológica de Ludwik Fleck (2010) se mostra pertinente para compreender essas dificuldades, que estão fortemente vinculadas à separação entre natureza e cultura, a qual deu origem a estilos de pensamento bastante diversos.

Para Fleck (2010), estilos de pensamento distintos produzem linguagens distintas, as quais, por sua vez, levam à constituição de fatos distintos. Os problemas que um coletivo de pensamento considera relevantes, os princípios que devem ser observados na produção de conhecimento, as formas de legitimação de um saber podem ser considerados como arbitrários ou errôneos por outro coletivo. Isso implica problemas de tradução e dificuldades de entendimento para coletivos alheios a determinado estilo. Esse empecilho fica evidente nas interlocuções entre neurociências e educação: o fato “aprendizagem” para uma área não corresponde ao fato “aprendizagem” para a outra.

Isso não significa que a comunicação entre coletivos de pensamento diferentes seja inviável. Um dos fenômenos abordados por Fleck consiste na mutação de estilos, por meio do tráfego intercoletivo de pensamentos. A partir do contato com ideias formuladas por outros coletivos, um estilo de pensamento pode passar por mudanças graduais, agregando novas concepções de mundo; é esse o processo por meio do qual a ciência se modifica. Nesse tráfego de conhecimentos, o sentido original de uma ideia é passível de transformação, pois, ao se apropriar de uma ideia, os coletivos podem atribuir-lhe novos significados (Fleck, 2010).

A partir do tráfego intercoletivo de pensamentos ocasionado pela interface entre educação e neurociências, é possível vislumbrar indícios de mutações nos estilos de pensamento educacionais. Em um dos trabalhos analisados (Norton e Deater-Deckard, 2014), os autores propõem, à luz das neurociências, uma nova interpretação para as teorizações de Jean Piaget, as quais têm exercido grande impacto no campo educacional. Para os autores, as neurociências, com suas tecnologias de imageamento cerebral, estão possibilitando visualizar os correlatos neurais das operações mentais de que tratava Piaget. Os pesquisadores utilizam o termo “neuroconstrutivismo”, no qual a neuroplasticidade desempenha papel central na explicação de fenômenos ligados à aprendizagem. Da mesma forma, Guilherme Brockington (2011) desenvolveu estudo empírico articulando metodologias de pesquisa neurocientíficas com teorizações da área de ensino de Física, de modo a analisar a influência das emoções nos processos de aprendizagem de ciências.

Todavia, no caso dos trabalhos que propõem articular educação e neurociências, as duas produções mencionadas anteriormente constituem exceções: conquanto os pesquisadores reconheçam a necessidade de levar em conta as interações entre biologia e cultura e de colocar em diálogo teorizações das ciências humanas e biológicas, ainda persiste a dificuldade em articular, de fato, as duas áreas. Essa dificuldade se expressa não apenas na escassez de pesquisas empíricas unindo neurociências e educação, mas também na forma como pesquisadores vinculados a uma dessas áreas compreendem as pesquisas desenvolvidas pela outra. Há autores que criticam a ênfase da educação em trabalhos qualitativos, que geram resultados que não são passíveis de generalização ou predição. Do mesmo modo, o suposto vínculo da pesquisa educacional com ideais políticos é criticado: defende-se que as neurociências – área supostamente mais “neutra” e “imparcial” – poderiam auxiliar na superação desse empecilho, gerando resultados mais confiáveis (Timm *et al*, 2007; Mogollón, 2010; Ribeiro, 2013). Logo, por mais que sejam consideradas arbitrárias e questionáveis, as fronteiras entre natureza e cultura têm surtido efeitos contundentes até mesmo em um campo de conhecimento que propõe superá-las.

Lewontin, por outro lado, não sugere diretamente novas formas de pesquisa na biologia, limitando-se a criticar o que ele chama de uma biologia de “má qualidade” e defendendo uma postura mais crítica dos biólogos. Segundo o autor, precisamos partir do próprio conhecimento biológico para pensar criticamente sobre a relação da biologia com a sociedade e as limitações desse tipo de conhecimento. Ainda assim, as críticas desse autor e sua proposta construcionista ressoam em teorias que procuram sobrepor à dicotomia natureza/cultura, como no programa de pesquisa sobre a construção de nicho na evolução (Odling-Smee, Laland & Feldman, 2003).

Em suma, o que se pode depreender da discussão que levamos a cabo neste artigo é que as fronteiras entre natureza e cultura têm passado por modificações paulatinas, as quais ainda esbarram nos efeitos que essas fronteiras exerceram sobre a própria constituição das ciências humanas e biológicas. Na tentativa de conciliar natureza e cultura, essas perspectivas teóricas gerais apresentam uma visão aparentemente menos dicotômica sobre a origem das características humanas.

A constatação dessas transformações permite afirmar que, assim como todos os fenômenos da vida, a ciência é um empreendimento dinâmico, e é graças a esse dinamismo que é possível obter uma compreensão mais acurada e aproximada do que nós, seres humanos, somos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, Garland. Eugenics and modern Biology: critiques of eugenics, 1910–1945. *Annals of Human Genetics*, **75**: 314-325, 2011.
- ANSARI, Daniel e COCH, Donna. Bridges over troubled waters: Education and Cognitive Neuroscience. *Trends in Cognitive Sciences*, **10** (4): 146-151, 2006.
- ARAÚJO, Leonardo Augusto Luvison. *A racionalidade genética no pensamento evolutivo*. Porto Alegre, 2015. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- BROCKINGTON, Guilherme. *Neurociência e Educação: investigando o papel da emoção na aquisição e uso do conhecimento científico*. São Paulo,

2011. Tese de doutorado (Programa de Pós-Graduação em Educação) – Universidade de São Paulo.
- DEVONSHIRE, Ian e DOMMETT, Eleanor. Neuroscience: viable applications in Education? *The Neuroscientist*, **16** (4): 349-356, 2010.
- FERRADA, Donatila. El principio de emocionalidad-corporeidad: un complemento al modelo de aprendizaje ideológico. *Educere*, **44**: 29-38, 2009.
- FLECK, Ludwik. *Gênese e desenvolvimento de um fato científico* [1935]. Trad. Georg Otte e Mariana Camilo de Oliveira. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010.
- GONÇALVES, Teresa. El sujeto neuronal: aportaciones para una pedagogía de la posibilidad. *Teoría de la Educación*, **13** (2): 273-298, 2012.
- HODGES, Donald. Can Neuroscience help us do a better job of teaching music? *General Music Today*, **23** (2): 3-12, 2010.
- IMBES, International Mind, Brain and Education Society. Disponível em: <<http://www.imbes.org/>>. Acesso em 07 fev. 2017.
- KELLER, Evelyn Fox. *The mirage of a space between nature and nurture*. Durham: Duke University Press, 2010.
- LASchool. Latin American School for Education, Cognitive and Neural Sciences. Disponível em: <http://2016.laschool4education.com/?page_id=86>. Acesso em 07 fev. 2017.
- LEWONTIN, Richard. Race and intelligence. Pp. 107-112, in: BLOCK, Noel Joel; DWORKIN, Gerald. (orgs.). *The IQ controversy*. Nova Iorque: Pantheon Books, 1976.
- _____. *Biological determinism*. Tanner Lectures on Human Values. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
- _____. *Not in our genes: biology, ideology and human nature*. New York: Pantheon Books, 1984.
- _____. *It ain't necessarily so: the dream of the human genome and other illusions*. Nova Iorque: New York Review of Books, 2000.
- _____. *Tripla hélice: gene, organismo e ambiente*. São Paulo: Companhia das Letras, 2003.
- MOGOLLÓN, Eddy. Aportes de las Neurociencias para el desarrollo de estrategias de enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas. *Revista Electronica Educare*, **14** (2): 113-124, 2010.

- MORGAN, Thomas. *The theory of the gene*. New Haven, CT: Yale University Press, 1926.
- MÜLLER-WILLE, Staffan e RHEINBERGER, Hans-Jörg. *Cultural history of heredity*. Chicago: University of Chicago Press, 2012.
- NORTON, Anderson e DEATER-DECKARD, Kirby. Mathematics in Mind, Brain and Education: a neo-piagetian approach. *International Journal of Science & Math Education*, **12** (3): 647-667, 2014.
- ODLING-SMEE, John; LALAND, Kevin; FELDMAN, Marcus William. *Niche Construction: The Neglected Process in Evolution*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2003. (Monographs in Population Biology)
- RIBEIRO, Sidarta. Tempo de cérebro. *Estudos Avançados*, **27** (77): 7-22, 2013.
- ROSE, Nikolas. The Human Sciences in a biological age. *Theory, Culture & Society*, **1** (30): 03-34, 2013.
- ROSE, Steven. A perturbadora ascensão do determinismo neurogenético. Trad. Maria Ignez Duque-Estrada. *Ciência Hoje*, **21** (126): 18-27, 1997.
- SAPP, Jan. *Genesis: The evolution of Biology*. New York: Oxford University Press, 2003.
- TIMM, Maria Isabel; ROCHA, Ana Clara Bonini; SCHNAID, Fernando; ZARO, Milton; CHIARAMONTE, Marilda. A virada computacional da Filosofia e sua influência na pesquisa educacional. *Ciências & Cognição*, **11**: 2-20, 2007.
- VARMA, Sashanka; MCCANDLISS, Bruce; SCHWARTZ, Daniel. Scientific and pragmatic challenges for bridging Education and Neuroscience. *Educational Researcher*, **37** (3): 140-152, 2008.
- ZARO, Milton; ROSAT, Renata Menezes; MEIRELES, Luis Otoni Ribeiro; SPINDOLA, Marilda; AZEVEDO, Ana Maria Ponzio de; ROCHA, Ana Clara Bonini; TIMM, Maria Isabel. Emergência da Neuroeducação: a hora e a vez da Neurociência para agregar valor à pesquisa educacional. *Ciências & Cognição*, **15** (1): 199-210, 2010.

Data de submissão: 08/02/2017

Aprovado para publicação: 21/03/2017

Explicación darwiniana y causalidad

Julio Torres Meléndez *

Resumen: Me propongo mostrar que hay una relación conceptual entre la tesis que sostiene que la selección natural no puede explicar por qué un organismo individual tiene un determinado rasgo (la llamada “tesis negativa” o concepción no-distributiva de la explicación por selección natural) y la tesis según la cual la explicación homológica es una explicación causal. Sostendré que no es coherente asumir la primera tesis y rechazar la segunda. Mostraré también que esta relación conceptual nos da razones para sostener que Darwin asumió que la tesis negativa es la correcta.

Palabras clave: selección natural; explicación homológica; causalidad; Darwin, Charles

Darwinian explanation and causality

Abstract: I argue that there is a conceptual relationship between the thesis that natural selection cannot explain why an individual organism has a trait token (the so-called “negative thesis” or the thesis of non-distributive character of natural selection explanation) and the thesis that homological explanation is a causal explanation. I claim that it is not consistent to assume the first thesis and reject the second. I also claim that this conceptual relationship gives us reasons to argue that Darwin assumed that the negative thesis is correct.

Key-words: natural selection; homological explanation; causality; Darwin, Charles

1 INTRODUCCIÓN

Charles Darwin (1809-1882) afirmó que “es generalmente reconocido que todos los seres orgánicos han sido formados según dos

* Departamento de Filosofía, Universidad de Concepción, Beltrán Mathieu 15 A, Concepción, Chile, CP 4070387. E-mail: jutorres@udec.cl

grandes leyes – Unidad de Tipo, y las Condiciones de Existencia” (Darwin, 1859, p. 206). Él asume aquí, explícitamente, que su teoría está constituida por un componente histórico y por un componente adaptacionista (Brooks, 2011). La unidad de tipo, o semejanza homológica, no se explica por la instanciación de una idea o de un arquetipo platónico como pensaron los formalistas, sino por la unidad de origen, y constituye, por tanto, el componente histórico. El componente adaptacionista está contenido en la ley de las condiciones de existencia que, de acuerdo con Darwin, no se explica por un diseño previo o un principio evolutivo intencional, sino, básicamente, aunque no exclusivamente, por el mecanismo de selección natural. A veces se asume, sin embargo, en consideración del carácter local y temporal de las leyes en biología, que la explicación biológica, y en particular la evolutiva, tiene siempre un carácter histórico (Rosenberg, 2006, p. 152; Rosenberg y McShea, 2008, p. 58). Este podría ser un uso amplio del término ‘histórico’, pero en un sentido estricto puede sostenerse que es una condición necesaria para que una explicación sea una explicación histórica el que las causas inferidas sean causas-instancias, y no causas-tipo, tal como ocurre con la explicación por unidad de origen (Sober, 1988, p. 78; Tucker, 2014, p. 349). La explicación por selección natural es una explicación de cómo determinados tipos de rasgos evolucionan bajo determinados tipos de presiones ambientales. La explicación de un rasgo por el principio de unidad de origen es siempre, en cambio, la identificación de un ancestro común, una especie ancestral que no constituye evidentemente una causa-tipo, sino un individuo, es decir, una entidad espacio-temporalmente localizada (Caponi, 2016, p. 47). Ahora bien, la adaptación es ciertamente un proceso contingente, gradual y acumulativo, que tiene una historia, aunque en sí mismo este proceso no sea un proceso histórico. Puede describirse la historia de las adaptaciones que se han fijado en una población, pero esa historia no es el proceso de adaptación. En la terminología usual en filogenética y biogeografía las relaciones de ancestro-descendiente son también patrones (*patterns*) y la selección natural es un proceso (*process*) que contribuye a explicar la evolución de esos patrones (Mayr 1982, p. 439; Ridley 1986, p. 12).

Darwin entendió que tanto las explicaciones por unidad de tipo como las explicaciones por selección natural son de naturaleza causal

y en conjunto constituyen lo que podemos llamar la “explicación darwiniana”. Su manera de expresar la forma en que se relacionan el componente histórico y el componente adaptacionista no fue siempre, sin embargo, del todo clara y ha generado interpretaciones diversas que han tenido consecuencias no solo relevantes para la historia y la filosofía de la ciencia, sino que también ha influenciado la dirección que ha tomado el pensamiento evolucionista hasta nuestros días. Así Elliott Sober ha sostenido que Darwin invirtió su argumentación en el *Origen* de tal manera que la teoría de la selección natural ocupa un lugar primario, y la evidencia empírica de la acción de la selección más allá de lo observado en los casos de selección artificial o intencional de animales y plantas, que solo puede proporcionar el supuesto del ancestro común, se encuentran en un lugar secundario (Sober, 2011). El supuesto del ancestro común tiene, de acuerdo con Sober, prioridad evidencial en la argumentación darwiniana, pero la selección natural tiene prioridad causal, pues explica las homologías de la unidad de tipo como el resultado de adaptaciones ancestrales. De ahí que Darwin sostuvo que “[...] de hecho, la ley de las Condiciones de Existencia es la ley superior; pues incluye, a través de la herencia de anteriores adaptaciones, la Unidad de Tipo” (Darwin, 1859, p. 206). Ahora bien, ¿significa esto que la explicación homológica carece de valor causal y que la explicación evolucionista queda subsumida básicamente por la explicación por selección natural? No parece ser esta al menos la posición de Sober tal como argumenté en otro lugar (Torres, 2014).

Pero aunque las críticas de Gould y Lewontin al adaptacionismo desmesurado de la Síntesis Moderna muestran convincentemente que la selección natural no explica las constricciones estructurales ni las constricciones históricas (Gould y Lewontin, 1979), aún hay partidarios de la tesis según la cual la explicación homológica no constituye, para la actual teoría evolutiva, una explicación causal – entre ellos Reeve y Sherman (2001), Okasha (2002) y Shanahan (2011) –, en oposición a los que sí admiten explícitamente el carácter causal de la explicación homológica – entre ellos Brooks y McLennan (1991), Sterelny y Griffiths (1999), Gould (2002), Ereshefsky (2012) y Caponi (2016). Es relevante advertir que algunos de los que niegan el carácter causal de la explicación homológica se comprometen con la visión

negativa o concepción no-distributiva de la selección natural (o, simplemente, “tesis negativa”), según la cual la selección natural no puede explicar los rasgos de un organismo individual (el rasgo-instancia o *trait token*), sino solo la frecuencia de un rasgo en una población (el rasgo-tipo o *trait type*). Así, por ejemplo, Samir Okasha asume la tesis negativa (Okasha, 2009, p. 74) y lo mismo hace Timothy Shanahan (2004, p. 22), sin embargo, ambos niegan valor causal a la explicación homológica (Okasha, 2002, p. 204; Shanahan, 2011, p. 65). Pero esta posición no es coherente. Argumentaré que no es sostenible negar valor causal a la explicación homológica y aceptar la tesis negativa. Abordaré también una cuestión histórica: mostraré, sobre la base de la misma distinción entre rasgo-instancia y rasgo-tipo, que hay razones para sostener que Darwin asumió que la tesis negativa es correcta.

2 TESIS NEGATIVA Y EXPLICACIÓN HOMOLÓGICA

Es posible identificar al menos cinco objetos de explicación o *explananda* posibles para la selección natural: la conservación de los rasgos, la propagación de los rasgos, el origen de los rasgos, la existencia individual y el hecho de que un determinado individuo tenga un determinado rasgo (Razeto-Barry & Frick, 2011, p. 344; Stegmann, 2010, p. 61). Consideremos el último de estos *explananda* posibles. Este puede, inicialmente, presentarse a través de la siguiente pregunta: ¿la selección natural explica, por ejemplo, por qué tengo cinco dedos en cada mano? Esta pregunta orienta acerca de la naturaleza del problema, aunque es también ambigua y, por esto, su significado debe ser aclarado en el contexto de la lógica de la explicación por selección, específicamente, en relación a lo que Sober identificó como el nuevo contexto contrastivo que introduce la revolución darwiniana (Sober 1984, p. 150; Razeto-Barry & Frick, 2011, p. 351; Helgeson, 2013, p. 156)¹. Hay dos respuestas a la anterior interrogante, las que han sido

¹ Las preguntas causales de este tipo son en sí mismas ambiguas si no disponemos de un contexto contrastivo: queremos saber por qué esto más bien que otra cosa distinta. Pablo Razeto-Barry y Ramiro Frick aclaran este punto con el siguiente ejemplo:

descritas por Joel Pust (2001) como el punto de vista positivo y el punto de vista negativo acerca de la selección natural. De acuerdo con el punto de vista positivo, el objeto de explicación de la selección natural lo constituyen tanto las propiedades de una población (la frecuencia de un rasgo en una población) como los rasgos de los organismos individuales – tesis defendida, entre otros, por Neander, (1988), Matthen, (1999) y Martínez y Moya (2011). De acuerdo con el punto de vista negativo, la selección natural explica solo la frecuencia de los rasgos de una población y no los rasgos de los organismos individuales – tesis defendida, entre otros, por Sober (1984; 1995), Razeto-Barry y Frick (2011) y Helgeson (2013). Para la tesis negativa, la naturaleza de los rasgos que explica la selección natural, su ontología, es poblacional y no individual, de ahí el carácter no-distributivo de la explicación por selección (Sober, 1995).

Apoyándose en los conceptos de evolución variacional y evolución transformacional de Richard Lewontin (1983), Sober distingue entre explicación por selección y explicación por desarrollo para dar cuenta de la naturaleza de la explicación biológica en el marco de la teoría de la evolución. Sober introduce un caso de selección intencional como una analogía de la selección natural: el conocido caso de selección de niños en una escuela en base a su rendimiento escolar previo, que muestra que la selección solo explica la frecuencia del alto rendimiento, pero no explica por qué un niño en particular tiene un alto rendimiento (Sober, 1984, p. 149; Walsh, 1998, p. 252; Okasha, 2009, p. 714; Martínez y Moya, 2011, p. 2; para una analogía renovada, véase Helgeson, 2013, p. 155). Lo que muestra el argumento, siguiendo la aclaración de Helgeson, es que la selección puede explicar contrastivamente por qué determinada población está constituida por individuos con determinados rasgos más bien que la población consista en individuos diferentes con diferentes rasgos. Pero la selec-

“¿Por qué Robert robó el banco?” puede ser entendido de varias formas diferentes: (i) “¿Por qué Robert, más bien que otra persona distinta, robó el banco?”; (ii) “¿Por qué Robert robó el banco, y no hizo más bien otra cosa?”; o (iii) “¿Por qué Robert robó este banco y no más bien una tienda, una casa, etc.?” (Razeto-Barry y Frick, 2011, p. 351)

ción no puede explicar por qué un mismo individuo tiene determinadas adaptaciones y no otras diferentes (Helgeson, 2013, p. 155).

Sober desarrolla posteriormente este argumento utilizando un esquema que representa cómo se ha producido una generación de organismos en donde todos los individuos tienen el rasgo G. Se trata de un organismo monoparental (fig. 1).

¿Cómo explica la selección natural que todos los organismos de la generación V tengan el rasgo G? Hay, inicialmente, dos respuestas posibles aquí:

(1) Todos los organismos 10-17 tienen G porque son descendientes de la generación III y la selección natural explica por qué la generación III es 100% G (G es el producto de una mutación y ha dado a 3 una ventaja para la sobrevivencia y la reproducción que no posee 2, como consecuencia el rasgo B desaparece debido a que 2 no posee descendencia).

(2) Todos los organismos 10-17 tienen G porque son descendientes de los organismos 4 y 5 y la selección natural explica por qué los organismos 4 y 5 tienen G. (Sober, 1995, p. 386)

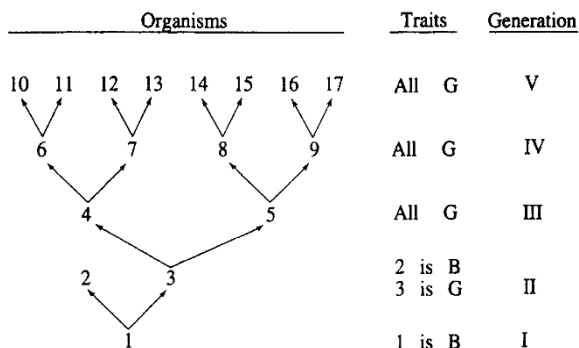


Fig. 1. Esquema de una reproducción de organismos monoparentales en donde todos los organismos de la generación V tienen el rasgo G. Fuente: Sober, 1995, p. 386, Fig. 1.

Ahora bien, Sober acepta la respuesta (1) pero rechaza (2), dado que los individuos 4 y 5 podrían tener los rasgos que tienen incluso si el organismo 2 no fracasara en reproducirse, es decir, podrían tener estos rasgos aun si la selección no hubiese actuado sobre la generación II. De la misma manera, los individuos 4 y 5 podrían haber tenido los rasgos que tienen aun si el organismo 3 produjera más de dos descendientes. Los rasgos de los individuos 4 y 5 no dependen causalmente de los logros reproductivos en los individuos de la generación previa. Aunque, ciertamente, de acuerdo con Sober, el hecho de que existan 4 y 5, depende de lo que le haya ocurrido a su progenitor. Pero dado que 4 y 5 existen, el que estos individuos tengan B o G no depende de quién se reproduzca y cuánto lo haga. De ahí que la selección no sea una causa de los rasgos de 4 y 5.

Con estas últimas observaciones Sober responde a Karen Neander, quien argumenta en defensa de la tesis positiva sobre la base de distinguir entre un sentido estrecho y un sentido amplio del concepto de selección. El sentido estrecho corresponde justamente al sentido que Sober da a la selección en su argumentación: la selección entendida como la sobrevivencia diferencial de los individuos y su reproducción al interior de una población. En su sentido amplio el concepto de selección incluye además los mecanismos de herencia y los mecanismos de creación de la variación heredable, tales como la mutación y la recombinación genética (Neander 1988, p. 424)². La selección natural entendida en este último sentido supone que la explicación de una propiedad genotípica o fenotípica de un individuo involucra también la explicación de la frecuencia de ese genotipo o fenotipo en una población ancestral. Proporcionar esa explicación es dar una explicación de la alta frecuencia en esa población de ese fenotipo o genotipo, de ahí que una explicación completa de los rasgos de un individuo deba considerar tanto los mecanismos de herencia como

² Debe considerarse que, por este tipo de argumentación, Neander ha sido acusada de confundir la cuestión acerca del origen de los rasgos con el problema de si la selección puede explicar los rasgos del organismo individual (Razeto-Barry y Frick, 2011, p. 351; véase asimismo Forber, 2005, p. 335, para quien solo en determinadas condiciones, las condiciones que hacen posible la acumulación de mutaciones, la selección puede explicar el origen de un rasgo).

los mecanismos de selección natural, y es por ello que es una arbitrariedad, para Neander, que la explicación por desarrollo se detenga en los progenitores. Esta explicación debería alcanzar también a la población ancestral en donde se originan los rasgos. Pero allí la explicación del origen de los rasgos la proporciona el mecanismo de selección natural. Por eso cree Neander que la selección natural afecta a los rasgos de los individuos, específicamente, a los individuos de esa población ancestral.

Por mi parte, en contra de Neander, sostengo que el punto de vista negativo acerca de la selección natural no requiere del sentido amplio del concepto de selección natural. Esto se muestra si se advierte la relación que hay entre asumir la tesis negativa y el carácter causal de la explicación homológica. Se trata aquí de la relación entre el componente adaptacionista y el componente histórico de la argumentación darwiniana. Estos componentes han sido expresados también en términos de una oposición entre explicación homológica y explicación analógica por Mark Ereshefsky (2012). De acuerdo con este, una explicación homológica es una explicación histórica, pues da cuenta de los rasgos de una entidad colocando la entidad en una secuencia espacio-temporal que explica causalmente esos rasgos. Una explicación analógica, en cambio, da cuenta causalmente de los rasgos de una entidad usando ingeniería inversa, es decir, estableciendo a qué problemas del medio constituyen soluciones los rasgos supuestamente adaptativos que se requiere explicar (Ereshefsky, 2012). Ahora bien, Ereshefsky distingue respecto de la explicación homológica entre explicación distal y proximal. Ambas son explicaciones históricas para Ereshefsky: la primera es la explicación en términos de unidad de origen, es el concepto darwiniano de la homología de la unidad de tipo (Gould, 2002, p. 254). La segunda, la explicación proximal, “hace referencia a los factores de desarrollo que causan la ontogenia de una homología” (Ereshefsky, 2012, p. 20). Una homología, de acuerdo con Ereshefsky, es el resultado de un módulo de desarrollo y ese módulo, a su vez, es el resultado de una historia filogenética³.

³ La tesis de Ereshefsky supone que estos procesos de desarrollo compartidos, que constituyen constricciones para el fenotipo, no se derivan independientemente en los distintos linajes involucrados. La homología proximal (como la homología distal y la

Si la selección natural no explica los rasgos de los organismos individuales, su explicación debe hacerse por una explicación por desarrollo tal como sostiene Sober. Como se ha visto, los módulos de desarrollo no solo constituyen por sí mismos una explicación histórico-ontogénica – la explicación homológica proximal que permite integrar los procesos de desarrollo a la definición de homología (Ereshefsky, 2009; Hall, 2003) –, sino que su existencia depende de la historia ge-nealógica (la explicación homológica distal). Por ello, la tesis negativa, al requerir una explicación causal de los rasgos de los organismos individuales, supone el carácter causal de la explicación homológica, es decir, esta tesis está argumentativamente vinculada con la atribución de valor causal a la ley de unidad de tipo. No es coherente asumir la tesis negativa y negar valor causal a la explicación homológica, como hacen, por ejemplo, Okasha y Shanahan.

3 DARWIN Y LA TESIS NEGATIVA

¿Es posible determinar qué posición tuvo Darwin respecto de lo que hoy conocemos como la “tesis negativa”? Algunos han asumido que el mismo Darwin rechazó esta tesis. Es el caso de Maximiliano Martínez y Andrés Moya:

Para muchos autores, a diferencia de lo que pensaba Darwin, la selección tiene poco (o nulo) rol en dicha formación [de los caracteres fenotípicos]. [...] Desde este extremo, se considera a la selección natural como una fuerza meramente negativa sin incidencia alguna en el origen de la forma orgánica, dejándole únicamente la función de filtrar y distribuir el porcentaje, en una población, de las variantes ya presentes, originadas y conformadas por otro tipo de fuerzas biológicas

convergencia adaptativa) puede ser refutada por la investigación empírica (Sober, 2008, p. 243; Losos, 2011, p. 1829). Y, efectivamente, hay evidencia de que la semejanza de módulos de desarrollo no asegura la existencia de homología a este nivel, es decir, también puede haber homoplasia de módulos de desarrollo (Hall 2007, p. 477; Sommer, 1999). Ralf Sommer, en una investigación con nematodos, ha mostrado la posibilidad de que dos caracteres convergentes presenten los mismos mecanismos moleculares involucrados en la base de los procesos de desarrollo: “Lo que puede indicar que la arquitectura molecular y genética de un determinado carácter de desarrollo está compuesto de una manera tal que solo ciertas altera-iones resultarán en variantes fenotípicas no-letales” (Sommer, 1999, p. 8).

(mecanismos de herencia, constreñimientos del desarrollo o auto-organización, por ejemplo). [...] Esta idea de “selección natural negativa” [...] se ha difundido enormemente y se ha afianzado vigorosamente en los últimos años. (Martínez y Moya, 2009, p. 72)

Martínez y Moya confunden en su artículo la cuestión acerca del carácter creativo de la selección natural con la discusión acerca de si es un *explanandum* de la selección natural el que un individuo tenga un determinado rasgo y asumen, sobre esta base, que Darwin sostuvo que la tesis positiva es la correcta. Estas dos afirmaciones son conceptualmente distintas, no hay razones *a priori* para identificar la tesis negativa con la negación del carácter creativo de la selección (Walsh, 1998; Razeto-Barry & Frick, 2011). Pero no abordaré aquí esta cuestión y discutiré solo la dimensión histórica de esta afirmación, dado que hay evidencias explícitas en el *Origen* a partir de las cuales se puede sostener que esta interpretación no es correcta.

Es así como en el contexto de una explicación acerca de por qué los rasgos homológicos son útiles para construir una clasificación natural, Darwin sostuvo que:

Según la teoría de que los caracteres son de importancia real para la clasificación solo en cuanto revelan la descendencia, podemos comprender claramente por qué los caracteres analógicos o de adaptación, aun cuando sean de la mayor importancia para el bienestar del ser, carecen casi de valor para el sistemático. [...] También podemos comprender así la *aparente paradoja* de que exactamente los mismos caracteres sean analógicos cuando se compara un grupo con otro, pero que den verdaderas afinidades cuando se comparan entre sí los miembros de los mismos grupos. (Darwin [1872], 2010, p. 577; sin énfasis en el original)⁴

La forma tubular de la ballena y la forma de aleta de sus miembros, dice, es una semejanza analógica respecto de la forma tubular y las aletas de un pez, pero es una semejanza homológica cuando se compara con los diversos miembros del género o la familia a la que pertenecen las ballenas: “entre los diferentes miembros de la familia

⁴ El único cambio relevante respecto de la edición de 1859 es que “*group*” reemplaza a “*class or order*” en la edición de 1872 (WYHE, 2012, p. 374).

de las ballenas, la forma del cuerpo y los miembros en forma de aleta presentan caracteres que ponen de manifiesto afinidades en toda la familia, no podemos dudar de que han sido heredadas de un antepasado común” (Darwin [1872], 2010, p. 577). La apariencia de que hay aquí una paradoja surge, evidentemente, porque el mismo rasgo es a la vez analógico y homológico, es decir, el rasgo tiene tanto una explicación adaptativa como una explicación histórica. ¿Cómo puede ocurrir esto? Me parece que la respuesta reside en que Darwin hace referencia al mismo rasgo pero que lo trata una vez como un rasgo-instancia y otra vez como un rasgo-tipo. El rasgo-instancia *miembro anterior en forma de aleta* es el rasgo de un determinado individuo (una ballena, por ejemplo) y se explica homológicamente, es decir, se explica por procesos de desarrollo ontogénico y por la identificación de un origen ancestral común al de rasgos semejantes poseídos por los miembros de su grupo (una explicación tanto proximal como distal, tal como hemos visto que la entiende Ereshefsky). Pero la selección natural explica el origen, conservación y propagación del *tipo* de rasgo *miembro anterior en forma de aleta*. Cuando Darwin afirma que exactamente los mismos caracteres son analógicos “cuando se compara un grupo con otro”, no quiere decir que este rasgo que posee un determinado individuo sea un rasgo analógico, más bien quiere decir que el tipo de rasgo *miembro anterior en forma de aleta* es analógico. Y el origen y frecuencia del rasgo-tipo se explica por la adaptación de las poblaciones al mismo tipo de condiciones de vida: “Las semejanzas en la forma del cuerpo y en los miembros anteriores en forma de aleta, que existen entre los dragones y las ballenas, y entre estos dos órdenes de mamíferos y peces, son analógicas” (Darwin [1872] 2010, p. 577). Esta es justamente la tesis no-distributiva de la explicación por selección natural y coincide de hecho con la formulación de uno de sus proponentes: “La selección natural puede contribuir a la formación de rasgos-tipo [*trait types*]. Pero los individuos poseen, heredan y desarrollan rasgos-instancias [*trait tokens*]” (Walsh, 1998, p. 261). Es lo que muestra Darwin en la *aparente paradoja*: la selección no puede explicar analógicamente o adaptativamente un rasgo-instancia cuando este se compara con el grupo al que pertenece naturalmente, solo lo puede hacer cuando se consideran las condiciones que hacen posible que surja y se propague un tipo de rasgo semejante.

4 CONCLUSIONES

He sostenido que la distinción entre explicación histórica y explicación adaptacionista reside en que las causas inferidas son causas-instancia, para la primera explicación, y causas-tipo, para la segunda. Esta afirmación contribuye a aclarar por qué un mismo rasgo puede tener tanto una explicación histórica como una explicación adaptacionista si, respectivamente, el rasgo es tratado como un rasgo-instancia o como un rasgo-tipo. Como rasgo-instancia las causas que se infieren son también causas-instancias y, por ello, la naturaleza de su explicación es histórica. El rasgo-instancia, el hecho de que un individuo posea un determinado rasgo, tiene una explicación homológica proximal y distal. Su causa última es una causa-instancia, dado que reside en una especie ancestral, un individuo espaciotemporalmente localizado. No ocurre así con el componente adaptacionista de la explicación darwiniana en donde las causas inferidas son causas-tipo. La tesis negativa nos muestra justamente que el rasgo-tipo, la frecuencia de un rasgo en una población, es lo que explica la selección natural. Esto se muestra en la aparente paradoja que advierte Darwin y es por esta razón que esta debe considerarse también como una forma de expresión de la tesis negativa.

AGRADECIMIENTOS

La investigación en la que se enmarca este artículo ha sido apoyada por el proyecto VRID-Enlace 215.063.011-1.0 (Universidad de Concepción).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROOKS, Daniel R. The Mastodon in the room: how Darwinian is neo-Darwinism? *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, **42** (1): 82-88, 2011.
- BROOKS, Daniel R.; MCLENNAN, Deborah A. *Phylogeny, ecology, and behavior: a research program in comparative biology*. Chicago: University of Chicago Press, 1991.
- CAPONI, Gustavo. Lineages and systems: a conceptual discontinuity in biological hierarchies. Pp. 47-62, *in*: ELDREDGE, N.; PIEVANI, T.; SERRELLI, E.; TÊMKIN, I. (eds.). *Evolutionary*

- Theory: a hierarchical perspective*. Chicago: The University of Chicago Press, 2016.
- DARWIN, Charles. *The origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. First British edition. Londres: John Murray, 1859. Disponível em: <http://darwin-online.org.uk/Variorum>. Acesso em: 5 de março de 2017.
- . *The origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. Sixth British edition. Londres: John Murray, 1872. Disponível em: <http://darwin-online.org.uk/Variorum>. Acesso em: 5 de março de 2017.
- . *El origen de las especies* [1872]. Trad. Aníbal Froufe (de la sexta edición). Edaf: Madrid, 2010.
- ERESHEFSKY, Marc. Homology: integrating phylogeny and development. *Biological Theory*, **4** (3): 225-229, 2009.
- . Homology thinking. *Biology and Philosophy*, **27** (3): 381-400, 2012.
- FORBER, Patrick. On the explanatory roles of natural selection. *Biology and Philosophy*, **20** (2): 329-342, 2005.
- GOULD, Stephen J. *The structure of evolutionary theory*. Cambridge, Mass.: The Belknap Press of Harvard University Press, 2002.
- GOULD, Stephen J.; LEWONTIN, Richard. The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. *Proceedings of the Royal Society of London*, **B205** (1161): 581-598, 1979.
- HALL, Brian. Descent with modification: the unity underlying homology and homoplasy as seen through an analysis of development and evolution. *Biological Review* **78** (3): 409-433, 2003.
- . Homoplasy and homology: Dichotomy or continuum? *Journal of Human Evolution*, **52**: 473-479, 2007.
- HELGESON, Casey. What Selection Can and Cannot Explain: A Reply to Nanay's Critique of Sober. *Philosophy of Science*, **80** (1): 155-159, 2013.
- LEWONTIN, Richard. Darwin's Revolution. *The New York Review of Books*, **30**: 21-27, 1983.
- LOSOS, Jonathan B. Convergence, adaptation, and constraint. *Evolution*, **65** (7): 1827-1840, 2011.

- MARTÍNEZ, Maximiliano; MOYA, Andrés. Selección natural, creatividad y causalidad. *Teorema. Revista Internacional de Filosofía*, **28** (2): 71-94, 2009.
- . Natural selection and multi-level causation. *Philosophy and Theory in Biology*, **3**: e202, 2011.
- MATTHEN, Mohan. Evolution, Wisconsin Style: Selection and the explanation of individual traits. *The British Journal for the Philosophy of Science*, **50** (1): 143-150, 1999.
- MAYR, Ernst. *The growth of biological thought: diversity, evolution, and inheritance*, Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1982.
- NEANDER, Karen. Discussion: what does natural selection explain? Correction to Sober. *Philosophy of Science*, **55**: 422-426, 1988.
- OKASHA, Samir. Darwinian metaphysics: species and the question of essentialism. *Synthese*, **131**: 191-213, 2002.
- . Causation in Biology. Pp. 707-725, in: Beebe, H.; Hitchcock, Ch.; P. Menzies (eds.). *The Oxford Handbook of Causation*, Oxford: Oxford University Press, 2009.
- PUST, Joel. Natural selection explanation and origin essentialism. *Canadian Journal of Philosophy*, **31** (2): 201-220, 2001.
- RAZETO-BARRY, Pablo; FRICK, Ramiro. Probabilistic causation and the explanatory role of natural selection. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, **42** (3): 344-55, 2011.
- REEVE, Hudson K.; SHERMAN, Paul W. Optimality and phylogeny: a critique of current thought. Pp. 64-113, in: Orzack, S. H.; Sober, E. (eds.). *Adaptationism and Optimality*, New York: Cambridge University Press, 2001.
- RIDLEY, Mark. *Evolution and classification: the reformation of cladism*. London and New York: Longman, 1986.
- ROSENBERG, Alexander. *Darwinian reductionism. Or, how to stop worrying and love molecular biology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006.
- ROSENBERG, Alexander; MCSHEA, Daniel W. *Philosophy of Biology: a contemporary introduction*. New York: Routledge, 2008.
- SHANAHAN, Timothy. *The evolution of Darwinism: selection, adaptation, and progress in evolutionary biology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

- . Phylogenetic inertia and Darwin's higher law. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, **42** (2011): 60-68, 2011.
- SOBER, Elliott. *The Nature of Selection: evolutionary theory in philosophical focus*. Chicago: The University of Chicago Press, 1984.
- . *Reconstructing the past: parsimony, evolution, and inference*. Cambridge, Mass.: The MIT Press, 1988.
- . Natural selection and distributive explanation: a reply to Neander. *British Journal of Philosophy of Science*, **46**: 384-397, 1995.
- . *Evidence and Evolution. The logic behind the Science*. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.
- . *Did Darwin write the Origin backwards? Philosophical essays on Darwin's theory*. New York: Prometheus Books, 2011.
- SOMMER, Ralf. Convergence and the interplay of evolution and development. *Evolution & Development*, **1** (1): 8-10, 1999.
- STEGMANN, Ulrich. What can natural selection explain? *Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, **41**, 61-66, 2010.
- STERELNY, Kim; GRIFFITHS, Paul E. *Sex and Death: an introduction to philosophy of biology*, Chicago: The University of Chicago Press, 1999.
- TORRES, Julio. Causalidad y evidencia en la argumentación darwiniana. *Teorema. Revista Internacional de Filosofía*, **33** (1): 57-66, 2014.
- TUCKER, Aviezer. Biology and Natural History: what makes the difference? Pp. 347-365, in: Kaiser, M.; Scholz, O.; Plenge, D.; Hüttemann, A. (eds.). *Explanation in the special sciences: the case of biology and history*. Dordrecht: Springer, 2014.
- WALSH, Denis M. The scope of selection: Sober and Neander on what natural selection explains. *Australasian Journal of Philosophy*, **76** (2): 250-264, 1998.
- WYHE, John van. The Complete Work of Charles Darwin Online. Ed. 2002. <Disponível em <http://darwin-online.org.uk>> Acesso em 10 abril 2017.

Data de submissão: 22/03/2017

Aprovado para publicação: 12/04/2017

A distinção entre a ecologia de populações e ecologia evolutiva e a dicotomia próximo-remoto

Máida Ariane de Mélo *

Resumo: A Biologia é uma ciência bastante complexa, que envolve várias áreas do conhecimento. Para melhor entendê-la, Ernst Mayr aponta a necessidade de os biólogos compreenderem as questões das quais se ocupam em suas investigações, sendo fundamental reconhecer dois campos distintos: a biologia funcional e a biologia evolutiva. A primeira procura responder indagações do tipo “como?”. Para isso estuda os organismos, seus órgãos, sua fisiologia, todas estas, causas próximas, com as quais se podem fazer experimentos. Já, a segunda, faz indagações do tipo “por quê?”, com o objetivo de esclarecer as mudanças que os organismos sofrem através do tempo; por isso, se ocupa de causas remotas, as quais nem sempre são passíveis de experimentação. Este artigo pretende mostrar, por meio de uma breve revisão teórica, que ao ingressar no campo da ecologia evolutiva já estamos abordando o campo da biologia evolutiva, enquanto que ao tratar da ecologia de populações, o que se pretende é responder questões ligadas à autoecologia e à fisiologia dos organismos. Para tanto, é preciso distinguir as explicações biológicas baseadas em causas remotas, das explicações biológicas baseadas em causas próximas, esclarecer a diferença existente entre o modo ecológico e o modo evolutivo de considerar as populações e diferenciar os experimentos feitos no campo da ecologia evolutiva dos realizados no campo da ecologia de populações. Isso permitirá reconhecer a relevância da dicotomia para correta compreensão epistemológica da ecologia e da estrutura das ciências biológicas.

Palavras-chave: causas próximas; causas remotas; ecologia de populações; ecologia evolutiva; experimentos.

* Estudante de doutorado no curso de Pós Graduação em Filosofia da Universidade Federal de Santa Catarina. Rua João Marçal, 69, apto 03, Trindade, CEP: 88036-620, Florianópolis, Santa Catarina. E-mail: maida_ariane@hotmail.com

The distinction between population ecology and evolutionary ecology and the proximate-ultimate polarity

Abstract: Biology is a complex science that involves several areas of knowledge. To understand it better, Ernst Mayr points out the need for biologists to understand the issues involved in their investigations, being essential to recognize two distinct camps: the functional biology and evolutionary biology. The first seeks to answer questions such as “how?” For this, study the organisms, organs, physiology, all these, proximate causes, with which you can do experiments. Already, the second makes inquiries such as “why?”, in order to clarify the changes that organisms undergo over time, that is why, deals with ultimate causes, which are not always amenable to experimentation. This article intends to show, through a brief theoretical revision, that when entering the field of evolutionary ecology we are already approaching the field of evolutionary biology, while in dealing with the ecology of populations, the intention is to answer questions related to autoecology and physiology of organisms. In order to do so, it is necessary to distinguish the biological explanations based on remote causes, of the biological explanations based on near causes, to clarify the difference between the ecological way and the evolutionary way of considering the populations, and to differentiate the experiments made in the field of evolutionary ecology from those realized in the field of population ecology. This will allow us to recognize the relevance of the dichotomy for correct epistemological understanding of the ecology and the structure of the biological sciences.

Key-words: proximate cause; ultimate cause; populations ecology; evolutionary ecology; experiments.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Ernst Mayr “a palavra biologia sugere uma ciência unificada. Entretanto, estudos recentes têm deixado cada vez mais claro que a biologia é uma área muito complexa”, diversificada e múltipla (Mayr, 1961, p. 83). Desde a Antiguidade, o estudo dos seres vivos se ocupou basicamente de aspectos médicos (incluindo a fisiologia) e da história natural, dois rótulos que podem ser considerados ainda adequados, porque atualmente englobam os dois campos chamados de “biologia funcional e biologia evolutiva” (Mayr, 1961; 1998). À primeira vista, pode-se afirmar “que a palavra biologia é uma etiqueta para [esses] dois campos muito separados que diferem enormemente em metodologia [...] e conceitos básicos” (Mayr, 1961,

p. 83). Contudo, é essencial reconhecer que ambos possuem muitos pontos em comum e de sobreposição, de modo que qualquer biólogo deve conhecê-los e apreciá-los, pois, em algum momento de sua investigação, “se ocupará de problemas tanto de um como de outro campo” (*ibid.*).

Considerando essa complexidade dos sistemas biológicos, no que diz respeito à constituição da ecologia enquanto disciplina acadêmica, Jessica Gurevitch, Samuel M. Scheiner e Gordon A. Fox afirmam que “a ecologia carrega consigo uma vasta gama de outros campos da ciência [...]”, alguns deles englobados ou se sobrepondo “à geologia, geografia, climatologia, ciência do solo, **biologia evolutiva**, genética, estatística e a outros ramos da matemática, da sistemática, do comportamento, da **fisiologia**, da biologia do desenvolvimento, da biologia molecular e da bioquímica” (Gurevitch, Scheiner & Fox, 2009, p. 11, sem ênfase no original). Também para Roger Dajoz, a atenção dos pesquisadores dirige-se a níveis de organização muito diferentes: “os organismos, as populações e as comunidades, as biocenoses e os ecossistemas, as paisagens e, finalmente, o conjunto da biosfera” (Dajoz, 2005, p. v). Contudo, alguns ecólogos “têm uma concepção mais restritiva de sua ciência que limitam ao estudo dos ecossistemas. Consideram o estudo das populações como uma disciplina distinta e excluem a ecologia dos organismos ou a autoecologia, que se identifica com a fisiologia e a biogeografia” (*ibid.*).

Vale lembrar que, muito além de uma ciência descritiva “baseada em observações de campo sobre que bichos e que plantas estão em cada lugar” (Fernandez, 2010, p. 11), hoje, a ecologia é “uma ciência rica em conceitos elaborados, teorias complexas, modelos matemáticos detalhados” (*ibid.*), que “faz frequente uso de experimentos de laboratório e de campo para testar hipóteses enunciadas com rigor” (*ibid.*). E, para compreender o pensamento ecológico, a biologia evolutiva desempenha um papel essencial, pois estuda os fenômenos ecológicos relacionados à evolução (Gurevitch, Scheiner & Fox, 2009), que, como afirmou Gordon H. Orians, “parece ser a única teoria real da ecologia” (Orians, 1962, p. 261). De fato, pode-se concordar em que “todos os biólogos são unânimes em reconhecer na evolução dos organismos um processo fundamental

sem o qual a compreensão do mundo vivo seria impossível” (Dajoz, 2005, p. 210).

No discurso habitual da ecologia, a distinção entre ecologia de populações, uma ciência de causas próximas e que, portanto, faz parte da biologia funcional, e a ecologia evolutiva, que a rigor é uma ciência de causas remotas e faz parte da biologia evolutiva, pode parecer artificiosa e até errônea. Ao analisar a maioria dos manuais de ensino de ecologia, pode-se constatar que elas são tratadas simultaneamente, o que não chega a ser surpreendente quando se considera o fato de que a filosofia da ecologia é um dos campos menos desenvolvidos da filosofia da biologia, e que, em decorrência disso, a distinção entre ecologia evolutiva e ecologia de populações ainda precisa ser assinalada e estabelecida com clareza. Isso permitirá, ao menos em parte, uma correta compreensão epistemológica da estrutura das ciências biológicas, além de evitar confusões e polêmicas estéreis surgidas de uma incompreensão da distinção entre ambos os campos de estudo ecológicos.

Além disso, essa demarcação também é importante para a filosofia da biologia, porque ela permite entender melhor a dicotomia próximo-remoto. Nesse sentido, nossa referência fundamental, mas não excludente, será a distinção entre “explicações biológicas por causas próximas” e “explicações biológicas por causas remotas”, conforme a formulação de Ernst Mayr (1961). Para John Beatty (1994), ao propor essa distinção, Mayr contribuiu fundamentalmente para legitimar a filosofia da biologia como um campo de investigação.

Apesar de considerar atentamente as críticas que a dicotomia próximo-remoto vem sofrendo ao longo dos anos, que apontam para a necessidade de sua reestruturação e reformulação, o que defenderei nas linhas que seguem, e de acordo com Gustavo Caponi, é que, tanto a dicotomia quanto a distinção entre biologia funcional e biologia evolutiva, “merecem ser preservadas” (Caponi, 2008, p. 123).

Primeiramente, distinguirei as explicações biológicas baseadas em causas remotas das explicações biológicas baseadas em causas próximas, para, em seguida, esclarecer a diferença existente entre o modo ecológico e o modo evolutivo de considerar as populações, além de diferenciar os experimentos feitos no campo da ecologia evolutiva dos realizados na ecologia de populações. Desse modo,

mostrarei que ao ingressar no campo da ecologia evolutiva já estamos abordando o campo da biologia evolutiva, enquanto que ao tratar da ecologia de populações, o que se pretende é responder questões ligadas à autoecologia e a fisiologia dos organismos. A última seção do artigo aponta um caminho para melhor compreender as causas remotas, sendo assim, uma alternativa à caracterização imprecisa que Ernst Mayr fez em 1961 e que suscitou muitas críticas à dicotomia próximo-remoto. É por meio da argumentação desenvolvida nesse tópico, que – em tempo, ainda está em construção – afirmarei, assim como o faz Caponi, que a dicotomia é “um recurso conceitual válido e insubstituível para entender a especificidade da biologia evolutiva” (Caponi, 2013, p. 197).

2 BIOLOGIA FUNCIONAL X BIOLOGIA EVOLUTIVA

Começo por caracterizar a biologia funcional que, de acordo com Ernst Mayr, pretende responder perguntas do tipo “como? Como funciona algo?”, e por isso se aproxima da física e da química, uma vez que “a técnica principal do biólogo funcional é o experimento”, analisando a “operação e interação de elementos estruturais, desde moléculas até órgãos e indivíduos completos” (Mayr, 1961, p. 83). Assim,

[...] o biólogo funcional tenta isolar o componente particular que estuda, e num dado momento do seu estudo, trata com um só indivíduo, ou um só órgão, ou uma só célula, ou uma parte da célula. Tenta eliminar ou ao menos controlar todas as variáveis, e repete seu experimento em condições variáveis e constantes até que se convença de que tenha esclarecido a função do elemento que estuda. (Mayr, 1961, p. 83)

Apesar das limitações desse método e embora as aproximações com a física e com a química aconteçam de um modo simplista, elas são necessárias para que o biólogo funcional alcance seus objetivos e possam ser justificadas pelo êxito das investigações nas áreas de bioquímica e biofísica (Mayr, 1961).

Quanto ao biólogo evolutivo, que pretende responder perguntas do tipo “por quê?”, ao tentar respondê-las, deve estar atento para a ambiguidade da pergunta:

[...] “por quê?” pode querer dizer “como foi?”, mas também pode ter o significado finalista de “para quê?”. Quando o evolucionista se pergunta “por quê?” sempre tem em mente o histórico “como foi?” (Mayr, 1961, p. 84)

Assim, ainda para Mayr, a principal preocupação do biólogo evolutivo é:

[...] encontrar as causas das características existentes nos organismos e em particular as adaptações que os organismos têm sofrido através do tempo. [Isso porque] o biólogo evolutivo está maravilhado com a enorme diversidade do mundo orgânico. (Mayr, 1961, p. 84)

Para ele, interessa:

[...] conhecer as razões da existência, assim como o caminho pelo qual se logrou essa biodiversidade. Estuda as forças que produzem as mudanças na fauna e na flora (em parte documentada pela paleontologia), e estuda os passos pelos quais as adaptações milagrosas tão características do mundo orgânico, têm evoluído. (Mayr, 1961, p. 84)

Ou ainda, tomando outro exemplo pertinente, e que discutirei mais adiante, da Genética: pode-se dizer que o biólogo funcional está interessado na “decodificação da informação [...] que contém o DNA do zigoto já fertilizado” (Mayr, 1961, p. 84), enquanto que o biólogo evolutivo “se interessa pela história desses programas de informação e pelas leis que controlam as mudanças desses programas de geração em geração” (*ibid.*).

3 A DISTINÇÃO ENTRE CAUSAS PRÓXIMAS E CAUSAS REMOTAS

Para esclarecer a questão, Ernst Mayr prossegue exemplificando os motivos da migração das aves da espécie *Sylvia atricapilla*, enumerando as seguintes possibilidades: 1) *uma causa ecológica*, pois se não migrar na época adequada, a ave poderá morrer de fome no inverno; 2) *uma causa genética*, significando que na história evolutiva de sua espécie, a ave adquiriu uma constituição genética que lhe permite responder de modo adequado às variações ambientais; 3) *uma causa fisiológica intrínseca*, no caso, a foto-periodicidade, ou seja, a ave está pronta para migrar quando a quantidade de luz do dia “baixa a um

certo nível”; 4) *uma causa fisiológica extrínseca*, condições climáticas, como uma diminuição da temperatura, afetam a ave que já estava fisiologicamente disposta a iniciar sua migração (Mayr, 1961, pp. 85-86).

Ao observar as quatro causas da migração dessa espécie, é possível perceber que as causas fisiológicas (números 3 e 4), ou seja, a interação entre foto-período e baixa temperatura, podem ser chamadas de causas *próximas* da migração, enquanto que as outras duas – a falta de alimentação durante o inverno e a constituição genética da ave (números 1 e 2) são as causas *remotas* (Mayr, 1961).

É evidente que aos biólogos funcionais cabe analisar as causas próximas, enquanto que:

[...] aos biólogos evolutivos interessa a análise de causas remotas. Isto sucede com quase todos os fenômenos biológicos que queiramos estudar. Sempre há um grupo de causas próximas e um grupo de causas remotas; ambos têm que ser explicados e interpretados para compreender completamente um fenômeno dado. (Mayr, 1961, p. 86)

Em outras palavras, pode-se dizer que as causas próximas:

[...] governam as respostas dos indivíduos (e seus órgãos) a fatores imediatos do ambiente, enquanto que as causas remotas são responsáveis pela evolução do programa de informação do DNA, com o qual estão dotados todos os indivíduos, de todas as espécies. (Mayr, 1961, p. 86)

Para Mayr, causas que têm uma história são incorporadas ao sistema através da atuação da seleção natural no decorrer de milhares de gerações (Mayr, 1961). Assim, “todas as formas de evolução, e em particular a seleção natural, se dão em biopopulações [e] tudo que diz respeito às populações interessa aos evolucionistas” (Mayr [2001], 2009, p. 147).

4 CRÍTICAS À POLARIDADE PRÓXIMO-REMOTO

André Ariew assinala que da forma como foi apresentado por Ernst Mayr, o conceito de causas remotas é, para este, sinônimo de seleção natural (Ariew, 2003). De fato, essa análise parece consistente com a ideia de que a teoria da seleção natural nos conduz ao estudo de:

[...] como as relações dos organismos com seu ambiente (causalidade próxima) impactam na evolução (causalidade remota), gerando mudança evolutiva, e como essa mesma relação tem evoluído como efeito da seleção natural. (Caponi, 2008, p. 138)

Contudo,

[...] ainda que seja certo que para a Teoria da seleção natural os fenômenos evolutivos são sempre fenômenos populacionais, isso não implica que todo fenômeno populacional seja um fenômeno evolutivo nem tampouco que qualquer variável que tenha efeitos nesse domínio seja, por si, um fator evolutivo ou uma causa remota. (Caponi, 2008, p. 126)

Gustavo Caponi argumenta ainda que:

[...] é na sua apresentação da chamada causa ecológica do comportamento em questão, onde, me parece, Mayr propicia, ou põe em evidência, uma identificação incorreta entre fatores ecológicos e fatores evolutivos. (Caponi, 2008, p. 129)

Ao apontar o fator ecológico como uma causa remota, a análise de Caponi indica que “Mayr parece sugerir que todo fator ambiental que afete o ciclo vital de um organismo constitui uma pressão seletiva; e isso [...] constitui um erro” (Caponi, 2008, p. 130). Ademais,

[...] uma análise ecológica, em síntese, não configura, por si mesma, uma análise evolutiva e a identificação da relevância de uma característica na ecologia, ou no *ciclo vital* de um ser vivo, não é o mesmo que explicar tal característica em termos de causas remotas. (Caponi, 2008, p.132)

No exemplo da migração da ave *Sylvia atricapilla* reproduzido acima, não é difícil passar do fator ecológico para o fator evolutivo, de um modo imediato “[...] é quase inevitável não fazer essa identificação”; entretanto, para “uma elucidação epistemológica do conceito de causa remota, devemos tentar evitá-la” (Caponi, 2008, p. 130). Nesse sentido, o mesmo autor diz que é útil comparar as quatro questões propostas por Ernst Mayr com as quatro questões formuladas por Niko Tinbergen (Tinbergen, [1963], 2009) ao abordar o comportamento animal: 1) Função: para que é este comportamento?; 2) Mecanismo: como é alcançado tal comportamento?; 3) Desenvolvimento: como é que o

comportamento se desenvolve?; 4) Evolução: de onde vem o comportamento? (Barnard, 2004).

De acordo com Gustavo Caponi, Ernst Mayr diria que a quarta pergunta se refere às causas remotas do comportamento, enquanto a segunda e a terceira, se referem às causas próximas, já que abrangem as causas fisiológicas intrínsecas e extrínsecas do comportamento de *Sylvia atricapilla*; porém, ao seguir o seu raciocínio, percebe-se que o problema está na primeira das quatro perguntas, pois “teríamos que dizer que se trata de uma pergunta por causas remotas; e, portanto, de uma pergunta pela evolução desse comportamento” (Caponi, 2008, p. 131).

Apesar da classificação de Niko Tinbergen “ser redundante e desordenada” quanto à questão número um, há que se considerar o que ele estava querendo dizer quando aludia, na primeira questão, “à influência que um comportamento pode ter na sobrevivência, ou no êxito, de um animal” (Caponi, 2008, p. 131). Ele supôs “uma distinção clara entre a análise de como um comportamento pode contribuir ao êxito de um animal individual, e, o estudo das pressões seletivas presentes e passadas envolvidas na história evolutiva de sua espécie” (Tinbergen, 1979, p. 100-101, *apud* Caponi, 2008, p. 131). Há diferença entre analisar uma vantagem ecológica que determinada característica anatômica ou comportamento pode ter para um animal, como no caso da *Sylvia atricapilla*, e “fazer inferências sobre essas particularidades” (*ibid.*): no primeiro caso, é suficiente analisar o ambiente onde o animal desenvolve sua existência, enquanto que no segundo se busca determinar a história das pressões seletivas que levaram à conformação de determinado traço.

Ainda, o estudo de indivíduos que não pertencem à mesma espécie pode resultar em pontos de vista diferentes. Ao analisar livros de autores como David Lack, Herbert George Andrewartha e L. Charles Birch, Gordon H. Orians identifica como aqueles autores recorrem ao conceito de causas próximas e causas remotas: enquanto a abordagem de Lack:

[...] enfatiza a necessidade de reconhecer a distinção entre causas próximas e remotas, atribuindo às causas remotas a chave para explicar as adaptações nas populações, Andrewartha e Birch enfatizam as causas próximas. (Orians, 1962, p. 258)

Isso se deve ao fato de que, enquanto Lack estudava aves, Andrewartha e Birch estudavam insetos. Daí a importância e a necessidade de considerar a autoecologia de cada organismo (Orians, 1962, p. 259).

Além disso, é preciso comparar os procedimentos experimentais adotados na biologia funcional e na biologia evolutiva. Diferentemente de Ernst Mayr e François Jacob, que se limitam a reconhecer a biologia evolutiva como preponderantemente observacional e que recorre a procedimentos experimentais de modo mais ou menos fragmentado ou rigoroso, é necessário analisar esses procedimentos e “as variáveis sobre as que os mesmos operam, para ver o que é que os diferencia daqueles que podem ser seguidos por um fisiologista, um embriologista ou um biólogo molecular” (Caponi, 2003, p. 63). Isso possibilitará o encontro de “uma pauta para traçar com maior nitidez a linha demarcatoria que separa esses dois grandes domínios da investigação biológica” (*ibid.*), sem esquecer que existe uma diferença radical “entre operar sobre variáveis populacionais e operar sobre variáveis ecológicas” (*ibid.*).

5 EXPERIMENTOS EM ECOLOGIA

De acordo com Jessica Gurevitch, Samuel M. Scheiner e Gordon A. Fox, “os experimentos [no sentido mais amplo da palavra]¹ ecológicos podem ser classificados em três grandes tipos: de manipulação, natural e observacional” (Gurevitch, Scheiner & Fox, 2009, p. 4). Para esses autores, os “*experimentos de manipulação ou controlados* são aqueles que a maioria de nós considera como experimentos: uma pessoa manipula o mundo de alguma forma e procura por um padrão na resposta”. Por exemplo, um ecólogo pode

¹ Nesse ponto é importante esclarecer que a discussão a seguir têm como referência os autores Caponi (2003) e Gurevitch, Scheiner e Fox (2009). No primeiro artigo, o autor distingue estritamente experimento de observação, enquanto que os autores do segundo adotam o termo “experimento observacional”, utilizando a palavra experimento no seu sentido mais amplo: “o teste de uma ideia” (*ibid.*). Contudo, os autores dos dois trabalhos definem do mesmo modo e com a mesma precisão o experimento controlado, como aquele que envolve manipulação e controle de variáveis pelo experimentador.

se interessar em saber os efeitos de diferentes tipos de nutrientes no crescimento de uma espécie vegetal; para testar sua hipótese, ele pode cultivar diversos grupos de plantas e fornecer um diferente tratamento nutricional para cada um deles, para depois medir o tempo de maturação e o tamanho final; esse experimento poderia ser feito em um ambiente controlado, como uma câmara de crescimento, uma casa de vegetação, um canteiro experimental ou em um sítio de campo (*ibid.*).

Mas todas essas possibilidades para o experimento trazem à tona alguns conflitos: se o experimento for “conduzido em um laboratório ou em uma câmara de crescimento, o ecólogo é capaz de controlar a maioria das fontes de variação de modo que as diferenças entre os tratamentos podem ser claramente atribuídas aos fatores em estudo no experimento” (Gurevitch, Scheiner & Fox, 2009, p. 5). Esses tipos de experimentos controlados exemplificam o método científico da forma como ele foi concebido por Francis Bacon no início do século XVII e são o “esteio da maior parte da biologia celular e molecular, assim como das ciências físicas” (*ibid.*), aplicados na biologia funcional, ocupando-se, portanto das causas próximas.

Se um experimento é conduzido em campo, ele é mais realístico, mais natural, embora muitos fatores possam variar de forma não-controlada; os únicos fatores controlados são os objetos de estudo.

A variação devido a fatores que não sejam os experimentais é distribuída de forma aleatória entre as repetições, e as conclusões são baseadas no uso de inferência estatística. [...] Assim, podem ser conduzidos em muitas situações e não são restritos ao campo. (Gurevitch, Scheiner & Fox, 2009, p. 5)

Ronald Fischer foi quem desenvolveu esse tipo de experimento, no início do século XX (Gurevitch, Scheiner & Fox, 2009, p. 5). Para os mesmos autores, os procedimentos de manipulação têm algumas limitações: eles podem ser afetados pelos artefatos utilizados ou, como no caso da ecologia que comumente se preocupa com padrões que ocorrem ao longo de grandes escalas de espaço e de tempo, pode ser impossível fazer um experimento controlado.

Já, os *experimentos naturais* são causados por uma ocorrência natural, quando, por exemplo,

[...] uma espécie pode se tornar extinta em uma região, uma erupção vulcânica pode desnudar uma área, ou uma inundação pode desestruturar o leito de um rio; [...] o ecólogo compara o sistema alterado com o mesmo sistema antes da mudança ou com um similar inalterado. (Gurevitch, Scheiner & Fox, 2009, p. 5-6)

Quanto aos *experimentos de observação*, consistem no estudo sistemático da variação: “tais observações ou medidas são experimentos se um ecólogo inicia com uma ou mais hipóteses (previsões) a serem testadas” (Gurevitch, Scheiner & Fox, 2009, p. 7).

Uma limitação dos experimentos observacionais está ligada ao fato de que na natureza vários fatores podem estar estreitamente correlacionados, tornando difícil determinar qual deles é a causa do padrão observado (Gurevitch, Scheiner & Fox, 2009). Não se pode esquecer que “os experimentos são melhores que correlações, mas quando eles envolvem sistemas ecológicos no campo, a eliminação da ambiguidade nunca é garantida” (Begon, Townsend & Harper, 2007, p. 423). Todavia, isso não quer dizer que os experimentos observacionais não tenham rigor científico, pois “repetidos no espaço ou no tempo acrescentam confiança às nossas conclusões” (Gurevitch, Scheiner & Fox, 2009, p. 7).

Há uma longa história por trás do desenvolvimento experimental, mas, de maneira geral, pode-se dizer que ele consiste em observar o desenvolvimento das transformações de organismos em condições escolhidas pelo experimentador, na maioria dos casos, no laboratório, sendo limitada pelo número de organismos e gerações que este pode manipular (Morange, 2011). O potencial de tais estudos foi revelado por Richard Lenski, ao escolher bactérias e bacteriófagos para desenvolver experimentos de longa duração (*ibid.*). A utilização desses microrganismos, aliada ao desenvolvimento de tecnologias de sequenciamento rápido e barato do DNA, permitiu a caracterização exata das modificações genéticas que estavam ocorrendo nessas populações, tornando os resultados do desenvolvimento experimental totalmente exploráveis (*ibid.*).

Pensar na sequência da estrutura da molécula de DNA, mais precisamente, de um gene, em uma cepa de bactérias geralmente suscita dois tipos de interrogação: a primeira pergunta pode referir-se ao desempenho funcional desse gene, ou seja, que proteína ele

codifica; e indo mais além, pode-se perguntar qual é a função dessa proteína para o funcionamento de cada um desses organismos, para saber “como é que esse gene e a proteína por ele codificada intervêm e se integram na trama de causas próximas que materializam a autopoiese celular” (Caponi, 2003, p. 65).

Outra indagação possível sobre o mesmo fenômeno pertence ao campo das causas remotas: sabendo a função do gene e da proteína que ele codifica, e supondo que o gene tenha sofrido uma alta taxa de mutação, interrompendo a divisão celular e impedindo a reprodução dessas bactérias, verifica-se a seguir, em outra cepa de bactérias que deu origem àquelas, mas que vive em outro hábitat e possui um gene ligeiramente diferente, que o processo de reprodução segue normalmente nesta última cepa. Então, pode-se querer saber: por que existe essa diferença entre as cepas de bactérias? (Caponi, 2003).

Para responder a questão acima, primeiramente poder-se-ia recorrer à teoria da seleção natural. Darwin diz: “eu chamei esse princípio, pelo qual cada pequena variação, se útil, é preservada, pelo termo de Seleção Natural” (Darwin [1876], 1988, p. 51). Ao introduzir esse conceito para explicar a diversificação das formas vivas partindo de um ancestral comum, Darwin propõe que a seleção natural seja o mecanismo que a natureza se utiliza para produzir e preservar “o ajuste dos organismos às suas *condições de existência*”, ou seja, a adequação dos organismos às suas exigências ambientais (Caponi, 2010a, p. 9).

A partir daí, surgem diferentes hipóteses testáveis: esse gene mutante realiza sua função “a um custo energético menor que seu variante mais seguro e que esse é todo o custo que, por seu metabolismo ou pelos recursos disponíveis em seu ambiente, [a] bactéria pode sustentar” (Caponi, 2003, p. 65). Outras conjecturas podem aludir às vantagens seletivas que uma alta taxa de variabilidade comportaria para bactérias que se proliferam em ambientes que sofrem constantes mudanças, ainda que essa variabilidade “suponha também a possibilidade de mutações letais” (*ibid.*).

Pelo que foi exposto acima, nota-se que o desenvolvimento experimental também levanta a possibilidade de se estimar a importância relativa do acaso, da seleção natural e da história em um processo evolutivo (Morange, 2011). Mais do que discutir explicações

adaptacionistas, precisamos distinguir claramente o que cada uma das duas perguntas propostas nesse exemplo busca responder (Caponi, 2003). É importante destacar, conforme Michel Morange, que a acumulação de sequências do genoma, um progresso feito no campo da biologia funcional, teve um impacto direto sobre a biologia evolutiva, pois ao “submeter os cenários evolutivos a testes experimentais, a biologia funcional, juntamente com simulações, pode contribuir para tornar a biologia evolutiva mais rigorosa” (Morange, p. 72).

É isso o que percebemos no exemplo sobre a mariposa *Heliothis virescens*, citado por Jonathan Weiner em sua célebre obra *O bico do tentilhão* (Weiner, 1995). O autor descreve os estudos feitos em laboratório por Martin Taylor, que extrai o DNA dessa espécie, a fim de verificar o que tornou essas mariposas, que “atacam” as plantações de algodão nos Estados Unidos, resistentes a todos os tipos de praguicidas já conhecidos. As mariposas viviam em florestas, se alimentando de ervas silvestres, até que, em meados de 1940, os agricultores começaram a pulverizar suas lavouras com DDT (diclorodifeniltricloroetano), o que provocou a morte de muitos insetos, bem como dos pássaros que deles se alimentavam, deixando os campos de algodão praticamente vazios, um espaço que algumas mariposas vindas da floresta e que resistiram ao inseticida souberam aproveitar (Weiner, 1995).

Ao surgir o primeiro caso de resistência ao DDT, “os geneticistas estudaram o problema no laboratório utilizando moscas domésticas” (Weiner, 1995, p. 262), e descobriram que elas eram portadoras de um gene mutante, ao qual deram o nome de *kdr* (*knockdown resistance*); “este único gene dava resistência ao DDT e a todas as suas variantes” (*ibid.*). Posteriormente, foram realizados estudos com espécies de *Drosophila melanogaster*, a mosca das frutas, e ao sequenciar seu genoma, os pesquisadores descobriram uma mutação genética responsável por alterar uma estrutura que se abre e fecha para permitir a passagem de sinais nervosos entre as células, chamada de canal de sódio; é aí que os inseticidas agem, pois “se um número suficiente de canais ficar aberto, a mosca entra em convulsão, depois em paralisia e morre” (*ibid.*).

Influenciado por tais resultados, Martin Taylor decidiu procurar por esse mesmo gene nas mariposas. Depois de meses de trabalho em seu laboratório, ele encontrou um fragmento no genoma da *Heliothis*, que diferia em apenas uma única letra – das mais de duzentas – do gene da *Drosophila*, concluindo que a mariposa “carrega quase exatamente o mesmo gene da mosca” (Weiner, 1995, p. 263). Esse é, sem dúvida, um extraordinário exemplo de evolução, dentre tantos mais que poderiam ser citados. Fundamentalmente, os fenômenos estudados pela biologia evolutiva tratam das “mudanças na constituição das populações que se registram na sucessão de diferentes gerações”, e muitas vezes, para registrar esses efeitos, é preciso de grandes períodos de tempo “que escapam aos limites de qualquer laboratório” (Caponi, 2003, p. 67).

Embora haja um vínculo inegável e relevante entre a biologia funcional e a tradição experimental de laboratório, enquanto na biologia evolutiva essa vinculação acontece com a tradição naturalista – “Darwin e seus seguidores imediatos” –, não se pode desconsiderar a possibilidade da aplicação de procedimentos experimentais nesse último domínio, ainda que em situações muito específicas (Caponi, 2003, p. 62).

Ao argumentarem que a biologia evolutiva é basicamente observacional, Mayr e François Jacob deixam implícita a concepção relativamente estreita que possuem sobre o que se considera um procedimento experimental: “para eles, pode tratar-se tanto do teste de uma hipótese, quanto de uma operação de medida ou da obtenção de um dado a respeito do modo de comportar-se de algum aspecto da realidade. No primeiro caso falaremos de um experimento no sentido mais estrito da palavra” (Caponi, 2003, p. 69); ao passo que, no segundo caso, seja preferível falar em procedimento experimental. Porém, o autor continua:

[...] os dois casos podem ser considerados procedimentos experimentais e não puramente observacionais, na medida em que eles mesmos suponham a manipulação de algumas variáveis e sejam realizados sob o que se pode caracterizar como condições de isolamento. (Caponi, 2003, p. 69)

É conveniente lembrar que nos processos de marcação, soltura e recaptura de aves, que usam técnicas de radiotelemetria, de forma

alguma podemos dizer que esta é uma manipulação experimental, pois a variável que se quer estudar não é controlada ou modificada de modo direto e voluntário por aquele que faz as observações (Caponi, 2003, p. 72).

É verdade que nem sempre é possível fazer certas manipulações, mas

[...] as comparações com situações análogas observadas na natureza, junto com os próprios experimentos, de campo e de laboratório, sempre servirão para elucidar os invariantes seletivos envolvidos em processos evolutivos, demasiado complexos, ou demasiado amplos, espacial ou temporalmente, como para intervir neles de forma controlada. (Caponi, 2014b, p. 45)

Comparar os procedimentos experimentais realizados na biologia funcional com aqueles feitos em alguns campos da biologia evolutiva, especialmente no domínio da genética de populações, com todo o seu rigor matemático e experimental, pode servir para que a fronteira entre a biologia evolutiva e a biologia funcional,

[...] seja vista com maior nitidez e sem confundí-la com essa outra fronteira que é a que separaria uma ciência rigorosamente experimental de uma ciência predominantemente observacional. (Caponi, 2003, p. 87)

Diferenciar variáveis populacionais e variáveis fisiológicas, sem perder de vista que as técnicas utilizadas para observar um fenômeno são diferentes daquelas utilizadas para manipulá-lo experimentalmente, é relevante para melhor entender a diferença entre causas próximas e causas remotas (Caponi, 2003). As causas remotas explicam “porque em uma população particular prevalecem organismos que exibem um estado, entre dois ou mais estados possíveis, de um certo caráter” (Caponi, 2013, p. 202).

6 PENSAR EM POPULAÇÕES COMO LINHAGENS

É fundamental esclarecer que a oposição organismo-população “somente pode servir como uma primeira aproximação à distinção próximo-remoto” (Caponi, 2013, p. 202), pois para verificar o fenômeno evolutivo, é necessário deixar de “considerar uma população como um simples conjunto de organismos que explora e

padece certo ambiente, o qual condiciona seu crescimento, sua distribuição e sua densidade” (Caponi, 2008, p. 128), e passar a pensar nela “como uma linhagem cuja composição vai se alterando, ou preservando, ao longo de uma sequência de gerações” (*ibid.*).

Assim, em vez de definir uma causa remota “como aquela cujo efeito somente se reflete no plano populacional, deveríamos defini-la” (Caponi, 2008, p. 128), de modo mais preciso, “como aquela cujo efeito somente se reflete com o devir de tais linhagens” (*ibid.*), uma vez que:

[...] as pressões seletivas não são fatores ambientais que existam independentemente das linhagens por elas afetadas. Sua existência e sua configuração sempre dependem das alternativas de evolução que a própria linhagem gera e aceita; e tal configuração, necessariamente, vai se alterando conforme a própria linhagem evolui. (Caponi, 2013, p. 197)

Esclarecer isso é muito importante para “desestimar algumas reticências geradas pela dicotomia próximo-remoto” (Caponi, 2013, p. 197). Assim entendida, a distinção entre causas próximas e causas remotas “pode e deve ser sustentada não obstante o reconhecimento de que nada poderia ocorrer no plano evolutivo sem que algo ocorra antes no plano dos viventes individuais” (Caponi, 2008, p. 135). Porém, é importante reconhecer que “as pressões seletivas” são “somente, um tipo de causa remota” (Caponi, 2013, p. 201), dentre outras possíveis; não devemos confundi-las com “exigências ou interações ecológicas que possam eventualmente suscitar” (*ibid.*, p. 204), um erro que pode acontecer quando não se distinguem duas operações cognitivas diferentes:

(1) a análise das interações ecológicas que afetam os organismos individuais e aos grupos que eles conformam, e que portanto, se inscrevem no domínio de causas próximas; e (2) a identificação dos efeitos evolutivos que essas interações podem ter nas linhagens desses seres vivos, e que se inscrevem no domínio das causas remotas. (Caponi, 2010b, p. 88-89; 2013, p. 204)

Tais processos ocorrem simultaneamente e em paralelo com todos os caracteres de uma linhagem. Novamente, é necessário voltar ao exemplo da ave *Sylvia atricapilla*: se as condições climáticas e a falta de alimentação afetassem as aves individualmente, “nunca se poderia

falar de uma pressão seletiva que haja propiciado ou sustente esse comportamento migratório como resposta adaptativa a esse problema estabelecido pelo ambiente” (Caponi, 2008, p. 134). Contudo,

[...] o fato de existir um hiato e uma clara diferença entre a análise ecológica, em termos de causas próximas, sobre o rol biológico² de uma característica, e o traçado de sua história evolutiva em termos de causas remotas, não deve nos fazer perder de vista que este último não pode existir sem aquele. (Caponi, 2008, p. 134)

O controle de pragas – especificamente o caso das mariposas do gênero *Heliothis* que abordei na seção “Experimentos em Ecologia” – em conjunto com o controle de fatores abióticos, torna possível a manipulação e o controle não só do crescimento de certas populações, como também permite “controlar, manipular, reverter ou acentuar as pressões seletivas que podem incidir sobre tais populações. O primeiro é um controle puramente ecológico, mas o segundo já é um controle da evolução” (Caponi, 2014b, p. 44).

Para Gustavo Caponi “entender a dicotomia próximo-remoto em termos de uma distinção entre fatores causais que atuam em e sobre os organismos e fatores causais que atuam em e sobre as linhagens” (Caponi, 2013, p. 203) evidencia “a estreita relação que inevitavelmente deve existir entre ambas ordens causais” (*ibid.*). Também para Ernst Mayr, “as duas biologias, decorrentes dos dois tipos de causalidade, são marcadamente autossuficientes” (Mayr, 1998, p. 88), mas não devemos esquecer que “todos os processos biológicos têm ao mesmo tempo, uma causa próxima e uma causa remota” (*Ibid.*, p. 93).

7 PRESSÕES SELETIVAS: INVARIANTES SELETIVOS E INVARIANTES ECOLÓGICOS

A caracterização imprecisa que Ernst Mayr faz de causa remota, ao quase identificá-la como a de um fator ecológico, é alvo de críticas

² A noção de *rol* ou *papel biológico* tem a ver com a ação ou o uso de um traço orgânico no curso da história de seu portador, e seu conhecimento exige algo que não pode ser feito no gabinete de um anatomista, pois implica a observação do organismo vivendo naturalmente em seu ambiente (Bock & Wahlert, 1998 *apud* Caponi, 2006, p. 20).

à dicotomia próximo-remoto, como apontei anteriormente. Além disso,

[...] nos fazer perder de vista a diferença entre indagações ecológicas e indagações evolutivas, dificulta a compreensão de como fatores distintos à luta pela existência, tais como os constrangimentos ontogenéticos, podem chegar a ter efeitos e impacto na evolução. (Caponi, 2008, p. 123)

As diferentes linhagens de seres vivos estão submetidas a uma multiplicidade de pressões seletivas que “não obedecem a uma pauta única e uniforme” (Caponi, 2014a, p. 105), de modo que não há “lei causal geral que estabeleça a conjugação de variáveis que deve estar presente na geração de toda e qualquer pressão seletiva” (*ibid.*). O que há são “configurações ecológicas particulares” que em conjunto “com certas ofertas de variantes, geram pressões seletivas” (*ibid.*). Ou seja,

cada pressão seletiva particular parece obedecer a uma conjugação específica de fatores entre os que temos de contar um repertório de estados alternativos de um caráter presentes em uma população, e uma configuração de fatores ecológicos tal que os organismos cujos atributos exibem um desses estados do caráter em questão, sejam premiados com maior êxito reprodutivo que os organismos que exibem os outros estados alternativos. (Caponi, 2014a, p. 106)

Como afirma Robert E. Ricklefs em sua ilustre obra *A economia da natureza*, “o fato notável sobre o sucesso reprodutivo é que o resultado final é sempre aproximadamente o mesmo. Isto é, cada indivíduo, em média, produz um filhote que vive para se reproduzir” (Ricklefs, 2015, p. 117). Eis o Princípio de Seleção Natural, que nos diz que as diferenças de êxito reprodutivo são resultado de pressões seletivas (Caponi, 2014a, p. 106). Por sua vez, tais pressões são configuradas pelos “invariantes seletivos” [...] “cuja elucidação dá conteúdo causal às aplicações da Teoria da Seleção Natural” (*ibid.*, p. 105).

Pressões seletivas e fatores ecológicos não são a mesma coisa”, assim como também são diferentes os invariantes seletivos em questão para cada caso (Caponi, 2014a, p. 111). Para entender essa diferença, é preciso distinguir os invariantes evolutivos dos invariantes ecológicos, a fim de evitar que “o próprio conceito de invariante seletivo” fique “obscurecido” (*ibid.*). Ademais, ao fazermos

essa análise, será possível esclarecer como a concepção experimental da causação se aplica à Ecologia de Populações.

Um exemplo notável é o caso do melanismo na espécie *Biston betularia*, conhecido como “melanismo industrial”. No início do século XIX, as espécies de coloração clara eram abundantes, mas durante o século seguinte, a forma mais escura passou a predominar nas florestas próximas a áreas muito industrializadas, pois a coloração escura (forma melânica) era mais eficiente como camuflagem defensiva. Ao pousar nos troncos com fuligem, as mariposas claras eram rapidamente encontradas pelos predadores, enquanto as mariposas escuras aumentavam suas chances de sobrevivência (Caponi, 2014a; Ricklefs, 2015). A seleção natural levou à substituição de linhagens claras por escuras, através de mudanças nas frequências dos genes em resposta a fatores seletivos no ambiente (*ibid.*).

Aqui, claramente passamos de uma explicação ecológica para uma explicação evolutiva, pois na “população que estamos estudando existe certa variabilidade genotípica que se traduz fenotipicamente” em diferentes colorações (Caponi, 2014a, p. 114). De acordo com Robert E. Ricklefs,

[...] um dos aspectos mais gratificantes da história da mariposa-de-pimenta [*Biston betularia*], é que, com o advento dos programas de controle de poluição e o retorno das florestas a um estado mais natural, as frequências de mariposas melânicas diminuíram, tal como a teoria evolutiva previu que fariam. (Ricklefs, 2015, p. 108)

Isso aconteceu numa área nos arredores do centro industrial de Kirby, na Inglaterra: desde o início dos programas de controle de poluição em 1950, a frequência da forma melânica que chegou a ser de 90% diminuiu para 30% em vinte anos (Ricklefs, 2015, p. 108). Aí a concepção experimental da causação em áreas onde “só se usam métodos observacionais de tipo comparativo; áreas onde é a natureza a que manipula as variáveis” se torna evidente (Caponi, 2014a, p. 110). Nas palavras de Robert E. Ricklefs, essas mudanças são a “essência da evolução” e nos mostram “que as populações estão continuamente engajadas em relações evolutivas dinâmicas com seus ambientes, que formam interações ecológicas” (Ricklefs, 2015, p. 109).

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Espera-se ter contribuído para esclarecer a importância da dicotomia próximo-remoto. É importante reconhecer que muitos dos conceitos aqui abordados precisam de um maior desenvolvimento e argumentação, pois são fruto de uma tese ainda em curso. Porém, acredita-se que o artigo mostra um caminho possível para manter a dicotomia proposta por Ernst Mayr em 1961, tanto no que se refere à biologia funcional, que se ocupa das causas próximas, da fisiologia dos organismos, quanto da biologia evolutiva, que aborda causas remotas, com as quais nem sempre é possível fazer experimentos. Para tanto, é preciso distinguir a biologia funcional em termos de uma de biologia de organismos e a biologia evolutiva em termos de uma biologia de linhagens e é esse segundo aspecto, ou seja, considerar as populações como linhagens, que permite compreender a diferença existente entre o modo ecológico e o modo evolutivo de considerar as populações. Revisar a dicotomia proposta por Mayr e validá-la como um recurso insubstituível para entender as especificidades da ecologia a partir da diferenciação de fatores ecológicos e fatores evolutivos, das diferentes pressões seletivas a que estão submetidos os seres vivos, é uma maneira de responder às críticas sofridas pela dicotomia próximo-remoto ao longo dos anos e justificar sua permanência como um recurso conceitual que está longe de ser obsoleto.

Por fim, embora esse não tenha sido meu objetivo nessa discussão, a correta compreensão da distinção entre causas próximas e causas remotas pode ajudar para uma melhor articulação dos conteúdos relativos ao ensino da Ecologia na educação superior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARIEW, André. Ernst Mayr's "ultimate/proximate" distinction reconsidered and reconstructed. *Biology and Philosophy*, **18**: 553-565, 2003.
- BARNARD, Chris. *Questions about behavior*. New York: Prentice-Hall, 2004.
- BEATTY, John. The proximate/ultimate distinction in the multiple careers of Ernst Mayr. *Biology and Philosophy*, **9**: 333-356, 1994.

- BEGON, Michael; TOWNSEND, Colin R.; HARPER, John L. *Ecología: de individuos a ecosistemas*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.
- CAPONI, Gustavo. Experimentos en biología evolutiva: ¿Qué tienen ellos que los otros no tengan? *Episteme*, **16**: 61-97, 2003.
- . El viviente y su medio: antes y después de Darwin. *Scientiae Studia*, **4** (1): 9-43, 2006.
- . La Biología Evolucionaria del desarrollo como ciencia de causas remotas. *Signos Filosóficos*, **10** (20): 121-142, 2008.
- . Filiação comum e adaptação em “Sobre a origem das espécies”. *Revista Brasileira de História da Ciência*, **3** (1): 6-15, 2010 (a).
- . Función, adaptación y diseño en Biología. *Signos Filosóficos*, **12** (24): 71-101, 2010 (b).
- . El concepto de presión selectiva y la dicotomía próximo-remoto. *Revista de Filosofía Aurora*, **25** (36): 197-216, 2013.
- . *Leyes sin causa y causas sin ley en la explicación biológica*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2014 (a).
- . El caleidoscopio de Darwin. *Scripta Philosophiae Naturalis*, **5**: 25-48, 2014 (b).
- DAJOZ, Roger. *Principios de Ecología*. Trad. Fátima Murad. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- DARWIN, Charles Robert. *The Origin of Species* [1876]. New York: New York University Press, 1988.
- FERNANDEZ, Fernando Antonio dos Santos. Subindo nos ombros de gigantes: os heróis da fascinante aventura intelectual de uma ciência chamada Ecologia. Pp. 9-17, in: PETRY, Ana C.; PELICICE, Fernando M.; BELLINI, Luzia M. (orgs.). *Ecólogos e suas histórias: um olhar sobre a construção das ideias ecológicas*. Maringá: Eduem, 2010.
- GUREVITCH, Jessica; SCHEINER, Samuel M.; FOX, Gordon A. *Ecologia Vegetal*. Trad. Fernando Gertum Becker *et al.* 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- MAYR, Ernst. Causa y efecto en biología [1961]. Pp. 82-95, in: MARTÍNEZ, Sergio; BARAHONA, Ana (eds.). *Historia y Explicación en Biología*. México: Fondo de Cultura Económica, 1998.

- . *Desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança*. Trad. Ivo Martinazzo. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1998.
- . *O que é a evolução?* [2001]. Trad. Ronaldo Sergio de Biasi e Sergio Coutinho de Biasi. Rio de Janeiro: Rocco, 2009.
- MORANGE, Michel. What will result from the interaction between functional and evolutionary biology? *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, **42**: 69-74, 2011.
- ORIAN, Gordon H. Natural Selection and Ecological Theory. *The American Naturalist*, **96** (890): 257-263, 1962.
- RICKLEFS, Robert E. *A economia da natureza*. Trad. Pedro Paulo de Lima-e-Silva. 6. ed. Porto Alegre: Guanabara Koogan, 2015.
- TINBERGEN, Niko [1963]. On aims and methods of ethology. Pp. 1-24, in: BOLHUIS, Johan; VERHULST, Simon (eds.). *Tinbergen's legacy*. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.
- WEINER, Jonathan. *O bico do tentilhão: uma história da evolução do nosso tempo*. Trad. Talita M. Rodrigues. Rio de Janeiro: Rocco, 1995.

Data de submissão: 23/08/2016

Aprovado para publicação: 21/05/2017

Explicación y predicción de la presencia de cestodes adultos en el cerdo (*Sus scrofa domesticus*) a partir de un programa de investigación científica en parasitología

Martín Orensanz *
Guillermo Denegri #

Resumen: La presencia de cestodes adultos en el cerdo doméstico tiene antecedentes inciertos. En base a la metodología de los Programas de Investigación Científica de Imre Lakatos, utilizamos el caso del cestode anoplocefálico *Moniezia expansa*, mostrando cómo el PIC en cuestión logró predecir su presencia en el cerdo doméstico. Brindamos también una explicación de los otros casos de cestodes adultos en cerdos documentados en la literatura especializada, haciendo hincapié en el trofismo de los hospedadores intermediarios y definitivos. Por último, ofrecemos unas consideraciones finales acerca de la distinción conceptual entre “hospedadores naturales” y “hospedadores no-naturales”, mostrando que esa distinción tiene menos utilidad en el presente que la que tenía en décadas previas, y hoy se puede apelar al concepto de potencialidad del fenómeno parasitario.

Palabras-clave: filosofía de la biología; parasitología; Lakatos, Imre; cestodes; *Moniezia expansa*

Explanation and prediction of the presence of adult cestodes in pigs (*Sus scrofa domesticus*) based on a scientific research program in parasitology

* Laboratorio de Zoonosis Parasitarias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, CONICET. Funes 3250. ZIPCODE 7600, Mar del Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina. E-mail: martin7600@gmail.com

Laboratorio de Zoonosis Parasitarias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, CONICET. Funes 3250. ZIPCODE 7600, Mar del Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina. E-mail: gdenegri@mdp.edu.ar

Abstract: The presence of adult cestodes in the domestic pig has uncertain antecedents. Basing ourselves on the methodology of Scientific Research Programs proposed by Imre Lakatos, we use the case of the anoplocephalid cestode *Moniezia expansa*, showing how the SRP in question managed to predict its presence in the domestic pig. We also provide an explanation of other cases of adult cestodes in domestic pigs that have been documented in the specialized literature, by emphasizing the feeding habits of the intermediate and definitive hosts. Finally, we offer some considerations on the conceptual distinction between “natural hosts” and “non-natural hosts”, showing that the difference in question has less utility in the present than it had in previous decades, and today it is possible to resort to the concept of potentiality of the parasitic phenomenon.

Key-words: philosophy of biology; parasitology; Lakatos, Imre; cestodes; *Moniezia expansa*

1 INTRODUCCIÓN

Los cestodes (Clase Cestoidea) son organismos parásitos dentro del Phylum Platyhelminthes. Son de especial interés en la disciplina de la Parasitología, tanto por su importancia biológica, médica y veterinaria. Todos los cestodes ingresan a sus hospedadores, tanto intermediarios como definitivos, por vía alimenticia. Por este motivo, se puede predecir y explicar su presencia en los hospedadores en base al estudio del trofismo (hábitos alimentarios) de estos últimos.

El ganado porcino puede albergar las formas larvales de varias especies de cestodes, como *Taenia solium* y *Taenia hydatigena*. Sin embargo, no es común encontrar cestodes adultos en el cerdo. *T. solium* completa su ciclo de vida cuando infecta a un ser humano que ha ingerido carne porcina conteniendo las formas larvares (cisticerco) y en el caso de *T. hydatigena*, cuando son ingeridos por cánidos domésticos y silvestres.

A pesar de lo anterior, hay pocos casos documentados con bastante incertidumbre taxonómica de cestodes adultos en el cerdo doméstico y también en los cerdos salvajes. Baylis (1927) realizó una de las primeras reviews de este tema.

Denegri elaboró un Programa de Investigación Científica (PIC) aplicable a la parasitología, en base a la filosofía y metodología de la ciencia de Imre Lakatos (1983) y que culminó con la publicación de un libro en edición bilingüe (Denegri, 2008).

Lakatos (1983) sostiene que los componentes de un PIC son: el núcleo tenaz, el cinturón protector, la heurística negativa y la heurística positiva. El núcleo tenaz es una hipótesis o teoría que un científico o una comunidad científica mantiene *a pesar* de los casos que aparentemente la refutan. El cinturón protector es un conjunto de hipótesis y de teorías que se pueden modificar o eliminar, y su función es disipar las anomalías (los casos que contradicen al núcleo tenaz). La heurística negativa es una regla metodológica que indica que el *modus tollens* no debe ser aplicado al núcleo tenaz del PIC, sino que frente a una anomalía, se debe modificar el contenido del cinturón protector. Por último, la heurística positiva es un conjunto de reglas metodológicas que indican cómo seguir desarrollando el poder explicativo y predictivo del PIC.

Según Lakatos (1983) las anomalías nunca se eliminan por completo, todos los PICs se enfrentan a casos que desafían al núcleo tenaz. Pero lo importante para Lakatos no es la existencia de esos casos; lo importante es que el PIC pueda realizar predicciones científicas inesperadas, y que esas predicciones se puedan corroborar.

El PIC propuesto en parasitología hace hincapié en el trofismo de los hospedadores intermediarios y definitivos como elemento explicativo y predictivo de la presencia de endoparásitos en animales. El PIC en cuestión fue contrastado en varias oportunidades, tanto a nivel de hospedador intermediario como definitivo (Denegri, 1993, Denegri *et al.*, 1998). Recientemente, se lo contrastó con el estudio de los endoparásitos del zorro gris pampeano, y se logró corroborar su contenido (Scioscia, Beldoménico & Denegri, 2016).

El PIC propuesto por Denegri (2008) predice que es posible encontrar cestodes adultos en los cerdos. Gómez-Puerta, Lopez-Urbina y Gonzáles (2008) dieron a conocer el primer caso del cestode adulto *Moniezia expansa* encontrado en un cerdo doméstico del Perú. Aquí analizaremos el caso registrado por Gómez-Puerta, Lopez-Urbina y Gonzáles (2008) como un ejemplo contrastador del PIC propuesto por Denegri (2008). Luego utilizaremos el PIC para explicar la ocurrencia de las otras especies de cestodes documentadas en la literatura.

2 CESTODES ADULTOS EN EL CERDO

Según Baylis (1927), el primer investigador en encontrar un cestode adulto en el cerdo doméstico fue Cholodkowsky, quien realizó este descubrimiento en 1894. Cholodkowsky le dio el nombre de *Taenia brandit*, pero un año después, Stiles destacó que en realidad se trataba de *Thysanosoma giardi*. Baylis (1927) también señala que Stiles sostuvo que el cerdo no puede ser un “hospedador natural” de los cestodes; y que el ejemplar encontrado en uno de ellos debía haber sido ingerido de manera accidental.

Bodkin & Cleare (1916) describieron un cestode en un cerdo doméstico en la Guayana Británica, y Baylis (1927) recuerda que en esos años, él mismo lo describió como *Moniezia expansa*. Baylis (1927) más tarde sostuvo que podría ser más bien *Moniezia benedeni*. Además, sostiene que Bodkin y Cleare sugirieron que el cerdo se debe haber infectado al ingerir los desechos de otro hospedador, explicación que hoy desecharíamos ya que para que se cumpla el ciclo biológico de estos cestodes necesitan de la presencia de un hospedador intermediario como son los ácaros oribátidos. Esto fue descubierto varios años después por Stunkard (1937).

Baylis (1927) señala también que Hall (1922) identificó un cestode anoplocefálico en un cerdo, aunque no pudo identificar la especie. Hall habría sugerido que los cestodes no pueden llegar a la madurez sexual en los cerdos, dado que éstos no son sus “hospedadores naturales”. Como evidencia, indicó que los genitales del espécimen descubierto eran tan rudimentarios que no permitían identificar correctamente a la especie.

Baylis (1927) sostiene que Maplestone & Southwell descubrieron un nuevo género y una nueva especie de cestode, que denominaron *Paramoniezia suis* en un cerdo salvaje de Australia, en 1923.

Por último, el mismo Baylis (1927), tras reseñar todos los casos anteriores, describe otras dos especies de cestodes adultos en los cerdos: *Paramoniezia phacochoeri*, y *Pseudoanoplocephala cramfordi*. La primera fue recuperada de un cerdo de nueva Zelanda, y se trata de una nueva especie, dentro del género que habían erigido Maplestone y Southwell. Baylis (1927) realizó una descripción detallada de la anatomía y la morfología de esta especie. En cuanto a *P. cramfordi*, se

trató de un nuevo género y una nueva especie erigidos por el propio Baylis, para dar cuenta de un ejemplar de cestode que le fue donado.

Los sucesivos trabajos de revisión de la familia Anoplocephalidae dan cuenta de la inexistencia de miembros de esta familia como parte de la parasitofauna del cerdo doméstico. Autores como Baer (1927) en su extenso y detallado trabajo sobre esta familia de cestodes indica con signo de interrogación a *Cittotaenia psittacea* Fuhrmann, 1904, y *Helictometra giardi* Moniez, 1879, en *Sus scrofa*. Por su parte López-Neyra (1954-1955) menciona dos géneros de cestodes como *Paramoniezia suis* y *Taenia suis*, con clara incertidumbre sobre su status taxonómico y con fuertes dudas al respecto. Tenora (1976) refiriéndose a *Paramoniezia* Maplestone & Southwell, 1923, detalla la historia del género y dice:

El género *Paramoniezia* fue establecido tras encontrar el cestode *P. suis* Mapl. Et Southw., 1923 en Australia. Su hospedador no fue determinado con exactitud (*Sus scrofa* o *Sus scrofa f. domesticus*). Baer (1927) consideró que *P. suis* era un sinónimo de *Cittotaenia psittacea* Furhman 1902, que fue encontrado en loros australianos (Psittacidae). (...) La validez del género *Paramoniezia* sólo se puede reconocer de manera condicional. Es posible que la especie *P. suis* sea un sinónimo de *P. psittacea* (...) Todas las especies que se incluyen en *Paramoniezia* sólo fueron encontrados una única vez. La validez del género sólo se puede establecer con exactitud a través de la recolección de nuevos materiales. (Tenora, 1976, p. 12)

En la Argentina sucesivos trabajos sobre la parasitofauna de animales domésticos y silvestres no dan cuenta de la presencia de cestodes adultos en el cerdo doméstico (Roveda y Ringuelet, 1947; Ringuelet, 1948; Roveda, 1957; Denegri, 1990; Denegri et al. 1998; Denegri 2007).

Gómez-Puerta, Lopez-Urbina y González (2008) encontraron por primera vez cestodes adultos de la especie *M. expansa* en el cerdo doméstico, en el Perú. Recuperaron cuatro cestodes del intestino delgado de los cerdos domésticos, y tras analizarlos, determinaron que se trataba de la especie *M. expansa*. Dos de los ejemplares eran juveniles, y los otros dos eran adultos.

Un dato interesante a resaltar es que después de chequear la bibliografía desde Baylis (1927) hasta el trabajo de Gomez-Puerta

Lopez-Urbina y González (2008), hay un intervalo de casi 80 años sin reseñar ni describir con precisión y detalle taxonómico cestodes adultos en los cerdos.

3 PREDICCIÓN DE CESTODES ADULTOS EN LOS CERDOS

Las características principales del PIC propuesto en parasitología (Denegri, 2008) y su aplicación al caso del zorro gris pampeano fueron recientemente expuestas en Scioscia, Beldoménico y Denegri (2016), motivo por el cual no es necesario repasarlas aquí. Sin embargo, es necesario recordar que el concepto de potencialidad del fenómeno parasitario se define como “la posibilidad real que tiene un organismo parásito de conquistar un espacio en un hospedador” (Denegri, 2008, p. 50). Este concepto se puede utilizar como término contrastador del núcleo tenaz del PIC, a saber: que en base a la los hábitos alimenticios de los hospedadores se puede predecir qué tipo de fauna parasitaria podrían albergar; e inversamente, qué tipos de hábitos alimenticios tiene un hospedador en base a la identificación de los parásitos que alberga.

Sobre el concepto de potencialidad del fenómeno parasitario y su relación con los cestodes adultos en los cerdos, dice Denegri:

Este término se constituye en prueba contrastadora del programa que debe necesariamente ayudar a diseñar experimentos concretos para corroborarlo o refutarlo. Pongamos un ejemplo: el programa predice que potencialmente es posible hallar cestodes adultos en el ganado porcino; sin embargo no han sido hallados (hay una cita aislada no muy bien confirmada del cestode *Thysaniezia giardi*). Si existe potencialidad biológica en el cerdo para albergar cestodes adultos, esto habría que demostrarlo experimentalmente. Inmediatamente surgen preguntas: I.- ¿existe algún grupo de cestodes que utilice hospedadores intermediarios que son componentes (esenciales o accidentales) de la dieta del cerdo? Si contestamos afirmativamente a esta pregunta, entonces ¿por qué no encontramos cestodes adultos en estos hospedadores? La pregunta que sigue es: ¿el grado de especialización trófica del cerdo es suficiente para ingerirlos? Aquí tenemos un caso concreto de cómo abordar experimentalmente un problema acerca de la potencialidad del parasitismo y es posible diseñar experiencias que enfrenten hospedadores intermedia-rios

infestados con el cerdo, con un ritmo de contacto prolongado en el tiempo. Es posible planear una experiencia inmunodeprimiendo cerdos jóvenes y enfrentarlos con hospedadores intermediarios infestados con cestodes que constituyan el ítem esencial o accidental de su dieta. (Denegri, 2008, p. 52)

En primer lugar, hay que destacar que la ausencia de cestodes adultos en los cerdos domésticos constituye aquello que Lakatos (1983) denomina “anomalía”. Una anomalía es un hecho que no se corresponde con aquello que afirma el núcleo tenaz de un Programa de Investigación Científica. En este caso, el programa afirma que es posible hallar cestodes adultos en los cerdos domésticos. La anomalía es el hecho de que muy rara vez se los encuentra.

¿Por qué predice el PIC que se pueden encontrar cestodes adultos en los cerdos? La respuesta es que en base al hábito alimenticio de los cerdos, ello debería suceder. El PIC establece, para el caso de los cestodes de la familia Anoplocephalidae, que a mayor herbivorismo, mayor será la densidad de anoplocefálicos, y por lo tanto, también será mayor la diversidad de especies. Por el contrario, a menor herbivorismo, menor será la densidad de anoplocefálicos, y por eso también será menor la diversidad de especies. Además, no se encuentran anoplocefálicos en consumidores carnívoros, aunque en el perro se encontró una vez un ejemplar del género *Bertiella*. Por último, en los hospedadores omnívoros, se pueden encontrar ocasionalmente anoplocefálicos, aunque no es común. En este caso, tanto la densidad como la diversidad de especies son muy bajas (Denegri, 2008, pp. 53-54).

El cerdo doméstico se puede considerar como un consumidor omnívoro. Por este motivo, el PIC en cuestión tiene la capacidad de explicar los casos registrados históricamente, como también tiene la capacidad de realizar predicciones al respecto. Desde este punto de vista, no resulta llamativo que se hayan encontrado algunos cestodes adultos en los cerdos a lo largo de los años, ya que por los hábitos alimenticios de estos hospedadores, es esperable que ocasionalmente hospeden a los cestodes de la Familia Anoplocephalidae. En cuanto a la diversidad de especies, y de confirmarse que categóricamente pertenecen a estos taxones con el examen de nuevo material en el futuro, las especies informadas son *Thysanosoma giardi*, *Moniezia*

expansa, *M. benedeni*, *Paramoniezia phacochoeri*, y *Pseudoanoplocephala cranfordi*. La diversidad de especies es muy baja, tal como lo explica y lo predice el PIC, sobre todo si comparamos esta lista con la diversidad de especies de anoplocefálicos que pueden albergar los hospedadores herbívoros. El PIC además predice que en el futuro se seguirán registrando casos ocasionales de cestodes adultos en los cerdos.

4 CORROBORACIÓN DE LA PREDICCIÓN

Gómez-Puerta, Lopez-Urbina y Gonzáles (2008) dieron a conocer el primer caso de una especie de cestode adulto de la familia Anoplocephalidae en un cerdo doméstico del Perú. Su trabajo nos sirve como ejemplo contrastador del PIC propuesto por Denegri (2008). La especie de cestode adulto que Gómez-Puerta, Lopez-Urbina y Gonzáles (2008) encontraron es *M. expansa*, y pudieron recuperar dos ejemplares adultos y dos ejemplares juveniles. Respecto de la infestación, dicen lo siguiente:

La infección fue causada, posiblemente, por la ingesta de ácaros oribátidos presentes en los vegetales o en las zonas naturales de pastoreo. La contaminación del medio ambiente con cisticercoides infectantes probablemente sea la causa, debido a la extensión del pastoreo mixto de ganado bovino, cabras y cerdos en los pequeños pueblos de Tumbes, Perú. (Gómez-Puerta, Lopez-Urbina & Gonzáles, 2008, p. 381)

Esto nos provee los recursos conceptuales para poder dar una respuesta afirmativa a una de las preguntas planteadas por Denegri (2008, p. 52): “¿existe algún grupo de cestodes que utilice hospedadores intermediarios que son componentes (esenciales o accidentales) de la dieta del cerdo?”. La respuesta es afirmativa porque los hospedadores intermediarios, en este caso, son ácaros oribátidos (Denegri, 1993) que formaban parte de los componentes accidentales de la dieta del cerdo. No es frecuente encontrar cestodes anoplocefálicos adultos en el cerdo porque los ácaros oribátidos no suelen ser componentes esenciales de su dieta. En el caso de los cestodes adultos encontrados en el Perú, se trataba de zonas de pastoreo mixto que estaban altamente contaminadas con las especies

de cestodes que generalmente se encuentran en otro tipo de animales de ganado, como las vacas y las cabras (Denegri, 2001).

Denegri (1991) ya había planteado la posibilidad de predecir la presencia de cestodes adultos en los cerdos antes de que Gómez-Puerta Lopez-Urbina y Gonzáles (2008) dieran a conocer el primer caso de *M. expansa* en el Perú. De manera que el trabajo de Gómez-Puerta Lopez-Urbina y Gonzáles (2008) ha servido para corroborar la predicción hecha años antes por Denegri (1991) y de esta manera despejar dudas e interrogantes que dieron lugar a controversias durante 80 años sobre la presencia o no de cestodes adultos en el cerdo.

5 CONSIDERACIONES FINALES

Una de las consideraciones que este trabajo permite sugerir es que hoy en día, la distinción conceptual entre “hospedadores naturales” versus “hospedadores no-naturales” no tiene tanta relevancia como hace décadas, por ejemplo, cuando Stiles argumentaba que los cestodes no pueden llegar a la madurez sexual en un “hospedador no-natural”. El punto de vista de Stiles fue citado y comentado por Baylis (1927). Está claro que los cestodes en los cerdos pueden llegar a la madurez sexual, como lo han demostrado Gómez-Puerta Lopez-Urbina y Gonzáles (2008). Esto debería motivarnos a dudar de si realmente tiene sentido hablar de “hospedadores naturales”. El modo de vida parasitario es un modo de vida oportunista. Siempre existe la posibilidad de conquistar un espacio en un hospedador “no-natural”, o “atípico”. Durante gran parte del siglo XX se tendía a pensar que los parásitos buscan “acomodarse” a sus hospedadores, y esto quiere decir que los parásitos tienden, con el tiempo, a convertirse en comensales. El argumento en esas épocas era que al parásito “no le conviene” causarle un daño al hospedador, ya que eso estimularía su sistema inmunológico y podría significar la eliminación del parásito. Por eso, si el parásito gradualmente deja de producir un daño y se convierte en comensal, pasaría desapercibido y tendría mayores oportunidades de dejar descendencia.

Aquí es donde entraba en juego el concepto de “hospedador natural” o “hospedador típico”. Un hospedador natural, o típico, es aquel al cual el parásito se ha ido gradualmente adaptando para

producirle el mínimo daño posible. La historia evolutiva, y más específicamente la co-evolución entre el parásito y el hospedador, habría garantizado que una estabilidad en el tiempo, a largo plazo, habría favorecido a los parásitos menos dañinos, siempre y cuando se los considerara con respecto al hospedador con el cual habían co-evolucionado (en otras palabras, su hospedador “natural” o “típico”). Según esa manera de pensar, cuando un parásito coloniza un hospedador “no-natural” o “atípico”, es esperable que le produzca algún tipo de daño, o que estimule su sistema inmunológico de alguna manera. Así, se explicaría la opinión de Stiles: los cestodes no habrían llegado a la madurez sexual en los cerdos porque estos últimos habrían tenido algún tipo de barrera o mecanismo fisiológico para impedir el desarrollo de los cestodes.

Pero Ewald (1995) ha argumentado que la naturaleza no necesariamente favorece a la coexistencia pacífica. Esto quiere decir que el modo de vida comensal no es necesariamente más exitoso que el modo de vida parasitario. A veces los parásitos más virulentos son aquellos que tienen mayores oportunidades de dejar una descendencia. Si esto es así, la co-evolución entre un parásito y un hospedador no es una tendencia a la armonía y al equilibrio, sino que es más bien una “carrera armamentística”, donde las defensas del hospedador son contrarrestadas por nuevos mecanismos de “ataque” del parásito, y así sucesivamente. Si la virulencia del parásito le permite penetrar las defensas de un hospedador, entonces tendrá mayores oportunidades de dejar una descendencia que un parásito cuya virulencia no es lo suficientemente grande como para atravesar las defensas del hospedador.

Volviendo al caso de los cestodes en los cerdos, podemos decir que estos últimos no son “hospedadores no-naturales”, tampoco son “hospedadores atípicos”. Son, más bien, hospedadores potenciales. No hay ningún motivo por el cual un cestode no pueda conquistar un espacio en un cerdo y llegar a la madurez sexual. El único motivo por el cual esto no sucede frecuentemente consiste en que la dieta de los cerdos, siendo omnívora, no favorece la ingesta de ácaros oribátidos infestados con los estadios larvales de los cestodes (Denegri, 2008).

La propuesta original de contar con un PIC en parasiología no tuvo como objetivo reconstruir la disciplina apelando a la

metodología de Lakatos y ver cómo se adapta a ella. Por el contrario, desde la práctica del parasitólogo profesional, la pretensión es contar con un arma heurística con alto contenido explicativo y sobre todo predictivo de potenciales nuevas asociaciones parásito-hospedador. Esto tuvo como correlato (no originalmente planteado a priori), pero que fue una consecuencia de la estructuración del PIC en Parasitología, definir el concepto de potencialidad del fenómeno parasitario y cuestionar el uso muchas veces exagerado del término “especificidad parasitaria”. Sin lugar a dudas este cambio de enfoque sobre el parasitismo como asociación biológica no centrada sólo en la idea de especificidad como criterio preponderante para explicar la relación parásito-hospedador, conlleva a una mirada superadora al momento de predecir asociaciones no descritas al presente, en especial cuando estamos estudiando zoonosis de origen parasitario no conocidas y que de hecho potencialmente pueden ser registradas en el futuro. Por lo tanto, los trabajos futuros deberían orientarse a analizar casos contrastadores del PIC en parasitología, pero aún más importante desarrollar y apuntalar el programa anticipando asociaciones parásito-hospedador hasta el presente desconocidas. Esto claramente permitiría analizar la progresividad del programa y ajustarlo cada vez más con la evidencia empírica en la disciplina.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias al financiamiento de una Beca Interna Doctoral del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) otorgada al Lic. Orensanz (período 2015-2019), y a un subsidio otorgado al Laboratorio de Zoonosis Parasitarias, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, por parte de dicha Universidad (período 2014-2015), donde el Dr. Denegri y el Lic. Orensanz desarrollan sus labores. El código del subsidio de la UNMdP es EXA668/14; y el del CONICET es: PIP N° 0029.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAYLIS, Harold Arnold. On two adult Cestodes from wild swine. *Journal of Natural History*, **19** (112): 417-425, 1927.

- BAER, Jean-Georges. Monographie des Cestodes de la Famille des Anoplo-cephalidae. *Suppléments au Bulletin biologique de la France et de la Belgique*, **X**: 1-241, 1927.
- BODKIN, Gilbert, & CLEARE, Laurence Delaney. Notes on some animal parasites in British Guiana. *Bulletin of Entomological Research*, **7** (2): 179-190, 1916.
- DENEGRI, Guillermo. Cestodes de la familia Anoplocephalidae Cholodkowsky, 1902, en la República Argentina. *Veterinaria Argentina*, **VII** (64): 248-256, 1990.
- . *Definición de un programa de investigación en parasitología: acerca de la biología de los cestodes de la familia Anoplocephalidae*. La Plata, 1991. Tesis de Licenciatura en Filosofía (Especialidad: Lógica y Filosofía de la Ciencia) – Facultad de Humanidades, Universidad Nacional de La Plata, 1991.
- . Review of oribatid mites as intermediate hosts of tapeworms of the Anoplocephalidae. *Experimental and Applied Acarology*, **17** (8): 567-580, 1993.
- . *Cestodosis de herbívoros domésticos de la República Argentina de importancia en Medicina Veterinaria*. Mar del Plata: Editorial Martin: 2001.
- . Cestodes. Pp. 178-188, in: SUÁREZ, Victor H.; OLAECHEA, Fermín V.; ROSSANIGO, Carlos E.; ROMERO, Jorge R. (eds.). *Enfermedades parasitarias de los ovinos y otros rumiantes menores en el Cono Sur de América*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), 2007. (Publicación Técnica N° 70)
- . *Fundamentación epistemológica de la parasitología. Epistemologic Foundation of Parasitology (Edición Bilingüe)*. Mar del Plata: EUDEM, 2008.
- DENEGRI, Guillermo; BERNADINA, Wilbert; PEREZ-SERRANO, Jorge; RODRIGUEZ-CAABEIRO, Filomena. Anoplocephalid cestodes of veterinary and medical significance: a review. *Folia Parasitologica*, **45**: 1-8, 1998.
- EWALD, Paul. The evolution of virulence: a unifying link between parasitology and ecology. *The Journal of Parasitology*, **81** (5): 659-669, 1995.

- GÓMEZ-PUERTA, Luis Antonio; LOPEZ-URBINA, María Teresa; & GONZÁLEZ, Armando. Occurrence of *Moniezia expansa* (Rud, 1810) Blanchard 1891 (Cestoda: Anoplocephalidae) in domestic pig (*Sus scrofa domestica* Linnaeus, 1758) in Perú. *Veterinary Parasitology*, **158**: 380-481, 2008.
- HALL, Maurice Crowther. Sterile Tapeworms in unusual Hosts. [*Proceedings of the Helminthological Society of Washington.*] *Journal of Parasitology*, **9**: 35, 1922.
- LAKATOS, Imre. *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Alianza Editorial, 1983.
- LÓPEZ-NEYRA, Carlos. R. Anoplocephalidae. *Revista Iberica Parasitología*, **14** (1): 13-130, 1954.
- LÓPEZ-NEYRA, Carlos. R. Anoplocephalidae. *Revista Iberica Parasitología*, **15** (1): 33-84, 1955.
- ROVEDA, Rodolfo. Zooparásitos de interés veterinario en la República Argentina. *Revista de Investigaciones Ganaderas*, **1**: 15-27, 1957.
- ROVEDA, Rodolfo; RINGUELET, Raúl. Lista de los parásitos de los animales domésticos en la Argentina. *Gac. Vet.*, **46**: 67-78, 1947.
- RINGUELET, Raúl. *Zooparásitos de interés veterinario. Su distribución en la Argentina según comprobación de la Dirección de Patología Animal 1935-1945*. Buenos Aires: Ministerio de Agricultura de la Nación, 1948. (Miscelánea 281)
- SCIOSCIA, Nathalia; BELDOMÉNICO, Pablo; & DENEGRÍ, Guillermo. Contrastación de un programa de investigación científica progresivo en parasitología: los endoparásitos del zorro gris pampeano *Lycalopex gymnocercus*. *Filosofia e História da Biologia*, **11** (1): 107-120, 2016.
- STUNKARD, Horace. The life cycle of *Moniezia expansa*. *Science*, **86** (2231): 312, 1937.
- TENORA, Frantisek. Tapeworms of the family Anoplocephalidae Cholodkowsky, 1902. Evolutionary implications. *Acta Scientiarum Naturalium Academiae Scientiarum Bohemicae Brno*, **X** (5): 1-37, 1976.

Data de submissão: 02/06/2016

Aprovado para publicação: 23/08/2016

Clonar, testar e substituir: efeitos das tecnologias genéticas sobre a identidade pessoal

Rafael Nogueira Furtado *

Resumo: O artigo procura explicitar os efeitos das tecnologias genéticas sobre a identidade pessoal, analisando-os a partir de três conjuntos de técnicas: a) a clonagem reprodutiva – abordando-se as implicações, para os indivíduos e a sociedade, da criação de clones humanos; b) os testes genéticos – discutindo-se o risco de discriminação e intensificação de medidas de monitoramento, decorrentes da difusão destes exames; e c) a substituição mitocondrial – tratando-se das questões legais e sociais que emergem com a criação dos chamados “bebês de três pessoas” (*three-person babies*). Ao final, o artigo realiza uma crítica ao essencialismo genético como fundamento da identidade pessoal, ponderando sobre os limites e possibilidades desta crítica.

Palavras-chave: tecnologias genéticas; identidade pessoal; ética aplicada

Cloning, testing and replacing: effects of genetic technologies on personal identity

Abstract: The article aims to explicit the effects of genetic technologies on personal identity, analyzing them from three sets of techniques: a) reproductive cloning – addressing the implications, for individuals and society, of creating human clones; b) genetic tests – discussing the risk of discrimination and intensification of monitoring measures, resulting from these diagnostic exams; and c) mitochondrial substitution – dealing with the legal and social issues that emerge with the creation of so-called “three-person babies”. In the end, the article carries out a critique of genetic essentialism as the foundation of personal identity, counterbalancing the limits and possibilities of this critique.

Key-words: genetic technologies; personal identity; applied ethics

* Estudante de doutorado no Curso de Pós-Graduação em Psicologia Social, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Rua Apicacás, 730, Apto. 34, CEP 05017-020 São Paulo, SP. E-mail: rnfurtado@yahoo.com.br

1 INTRODUÇÃO

Os saberes e artefatos técnicos contemporâneos têm permitido à sociedade intervir com sucesso sobre os fenômenos vitais, levando à produção de bens de consumo e ao tratamento de patologias. Durante a década de 1970, cientistas como Paul Berg, Stanley Cohen e Herbert Boyler desenvolveram as primeiras moléculas de DNA recombinante. A aplicação da técnica revelou-se útil em áreas como a medicina, a agricultura e a indústria, levando ao surgimento de produtos tais como a insulina humana sintetizada por bactérias (Griffiths *et al.*, 2000).

A união bem sucedida de genes de espécies distintas em moléculas recombinantes, motivou cientistas a aplicarem este princípio ao tratamento de mutações no DNA humano. Desde a década de 1990, ensaios clínicos com terapia genética são conduzidos, a fim de corrigir estas alterações (Sheridan, 2011). A terapia genética seria apenas uma de outras conquistas biotecnológicas a atraírem a atenção do público. No ano de 1997, Ian Wilmut e colegas anunciaram o nascimento de animal resultante de clonagem reprodutiva. Além de clones animais, a técnica é hoje capaz de gerar células geneticamente compatíveis com determinado indivíduo, destinando-se a tratamentos, como transplantes de órgãos e terapias celulares (National Bioethics Advisory Commission, 1997).

No início da década de 2000, a sociedade seria beneficiada pela conclusão do Projeto Genoma Humano. Em decorrência, multiplicaram-se os estudos que explicitam as bases genéticas de distintos fenótipos, estimulando o aperfeiçoamento de técnicas como a testagem genética. Testes genéticos disponíveis no mercado revelam desde a predisposição de indivíduos a doenças, até seu passado genealógico (Papalia & Olds, 2000). Mais recentemente, técnicas de substituição mitocondrial receberam aprovação no Reino Unido, passando a integrar o rol de métodos de reprodução assistida oferecidos aos pacientes. Por meio dela, são gerados bebês cujos genes mitocondriais advêm de um terceiro indivíduo, que não o pai e a mãe, resultando nos chamados *three-person babies* (Cree & Loi, 2015). Entretanto, tecnologias genéticas suscitam controvérsias, levantando questões éticas, referentes aos riscos e benefícios de sua aplicação. Entre os desafios colocados pela prática, estão seus efeitos sobre a

concepção de identidade pessoal e sobre as relações sociais baseadas nesta concepção. Identidade designa um conceito amplo, que inclui: o modo como uma pessoa percebe a si mesma; como a sociedade percebe esta pessoa, ou ainda, como distinguimos numericamente uma pessoa de outrem (Nuffield Council on Bioethics, 2012).

Procedimentos como a clonagem e a substituição mitocondrial, ao alterarem a composição genética dos sujeitos, afetam os traços biológicos que lhes conferem uma identidade pessoal. Ademais, o mapeamento de nosso genoma e os testes diagnósticos, ao facilitar o acesso à informação genética, oferecem riscos como violação de privacidade e discriminação com base no DNA.

Por conseguinte, este artigo visa discutir as problemáticas éticas envolvidas nas tecnologias de clonagem, testagem genética e substituição mitocondrial, explicitando seus efeitos sobre a identidade pessoal. Realiza-se, ao final, uma crítica ao essencialismo genético como fundamento da identidade, ponderando sobre os limites e possibilidades desta crítica.

2 CLONAGEM REPRODUTIVA E TERAPÊUTICA

2.1 Características técnicas

Em 1997, o cientista escocês Ian Wilmut e colegas anunciaram o nascimento da ovelha Dolly, o primeiro mamífero clonado, a partir das células de um animal adulto. Em sentido estrito, o termo clone significa a cópia exata de uma molécula, célula, planta, animal ou ser humano (National Bioethics Advisory Commission, 1997). Pode-se usualmente encontrar cópias idênticas do mesmo ser, de forma espontânea na natureza, assim como resultante da intervenção humana.

Animais invertebrados, como algumas espécies de vermes, têm a propriedade de regenerarem novos indivíduos a partir de fragmentos do próprio corpo (National Bioethics Advisory Commission, 1997). Tal propriedade foi perdida pelos animais vertebrados, contudo, processo semelhante à clonagem ocorre no momento da formação de gêmeos univitelinos. Além disto, a horticultura é um exemplo de como a ação humana produz clones. Em cultivares, encontramos

plantas com cargas genéticas idênticas, geradas por métodos de reprodução assexuada, como a estaquia ou a gemulação (*ibid.*).

O procedimento responsável pelo nascimento da ovelha Dolly consiste na chamada *clonagem reprodutiva*, através da qual se busca criar cópias plenamente desenvolvidas de um espécime original (National Bioethics Advisory Commission, 1997; National Academy of Science *et al.*, 2002). Há dois principais métodos de clonagem reprodutiva de animais: a divisão embrionária (ou clivagem de blastômeros) e a transferência nuclear de células somáticas (National Bioethics Advisory Commission, 1997; National Academy of Sciences *et al.*, 2002).

No primeiro método, realiza-se a fertilização *in vitro* do embrião e então sua clivagem, no estágio em que ele é formado por cerca de oito células, chamadas blastômeros. Cada célula é capaz de produzir um novo organismo, dado que os blastômeros são totipotentes (National Bioethics Advisory Commission, 1997; National Academy of Sciences *et al.*, 2002). Este processo possui semelhança com a formação natural de gêmeos, em que ocorre a clivagem espontânea do óvulo fertilizado.

Por sua vez, na transferência nuclear, efetua-se a retirada do núcleo de uma célula somática adulta, proveniente do indivíduo a ser copiado, transferindo-o para um óvulo, cujo próprio núcleo foi eliminado (National Academy of Sciences *et al.*, 2002). Estimula-se a célula até a formação do blastocisto, implantando-o então no útero de um animal. Deve-se a este método o nascimento não somente de Dolly, mas de diversos outros clones animais, como cães, mulas, coelhos, cervos, vacas, camundongos, gatos e mesmo espécies em perigo de extinção, como lobos cinzentos (Malakar *et al.*, 2016).

Entre os desafios técnicos com os quais a clonagem se depara, está o fenômeno da *diferenciação celular* (National Bioethics Advisory Commission, 1997). Todas as células somáticas de um organismo possuem os mesmos genes. Porém, em diferentes órgãos ou tecidos, genes distintos são ativados ou silenciados, apresentando padrões particulares de expressão genética. Esta programação ocorre ao longo do desenvolvimento embrionário, fazendo com que a massa inicial de células que compõe o embrião diferencie-se progressivamente nas estruturas que formam o corpo adulto (*ibid.*).

Ao aplicarem o método de clonagem por transferência nuclear, cientistas defrontavam-se com o problema de criar novos seres, a partir de células já diferenciadas (National Bioethics Advisory Commission, 1997). O experimento de Wilmut e colegas tornou-se um marco por contornar esta barreira. Os autores conseguiram reverter suficientemente o processo de diferenciação, utilizando o núcleo de células mamárias para a criação de sua ovelha (Wilmut *et al.*, 1997).

As técnicas de clonagem trazem consigo amplo potencial terapêutico. Elas beneficiam áreas como o transplante de órgãos e tecidos, a pecuária, e a pesquisa científica de base. Nestas circunstâncias, as técnicas não objetivam a criação de clones humanos, mas a aplicação do que se denomina clonagem terapêutica (National Bioethics Advisory Commission, 1997).

Órgãos transplantados são capazes de tratar patologias renais, cardíacas, do fígado, leucemia, entre outras enfermidades. Porém, eles sofrem o risco de rejeição, devido à incompatibilidade genética entre indivíduos doadores e receptores. A clonagem oferece um modo de superar esta incompatibilidade, desenvolvendo *in vitro* um estoque de órgãos a partir de células-tronco retiradas de embriões clones do paciente e, portanto, geneticamente concordantes (National Bioethics Advisory Commission, 1997).

Os benefícios da clonagem estendem-se à pecuária, obtidos pela estreita articulação com as técnicas de DNA recombinante. Ela possibilita a rápida propagação de animais transgênicos, dotados de características desejáveis, como a capacidade de secretar proteínas terapêuticas no leite ou produzir fibras de lã de alta qualidade (National Bioethics Advisory Commission, 1997). Além disto, com a técnica, pode-se desenvolver réplicas idênticas de modelos animais, utilizados na pesquisa biológica básica. Cobaias animais idênticas eliminam as variações individuais que dificultam a generalização do conhecimento biomédico obtido por análises experimentais (National Bioethics Advisory Commission, 1997).

2.2 Considerações éticas

Apesar dos benefícios potenciais da clonagem, a prática suscita controvérsias éticas, especialmente no tocante à sua aplicação em humanos. Desde o final da década de 1990, o tema entrou para a

pauta de debates públicos, levando ao estabelecimento de moratórias e à criação de leis para a regulação de seu uso.

Nestes debates, vemos emergir opiniões conflitantes. Em 2002, o norte-americano *President's Council on Bioethics* publicou o relatório *Human cloning and human dignity*, no qual expressa claramente sua recusa à clonagem de bebês humanos. O Conselho afirma que a prática violaria princípios éticos como dignidade, liberdade e igualdade, ameaçando a identidade e o senso de individualidade dos sujeitos. Para o indivíduo, a posse de um genoma idêntico a outrem, prejudicaria sua compreensão como ser humano único e o faria viver à sombra de expectativas e comparações (*President's Council on Bioethics*, 2002).

Além de romper com a singularidade genética de que cada sujeito é dotado, a criação de clones modifica sua identidade pessoal, ao estimular a comercialização e industrialização do processo de procriação (*President's Council on Bioethics*, 2002). Ela transforma bebês em manufaturas, submetendo-os ao desejo de pais projetistas, ao invés de tratá-los como dádivas, aceitas tal como nos foram concedidas. Memórias, traços de personalidade e habilidades deixam de serem traços pessoais, para serem atribuídos aos esforços da biotecnologia (*ibid.*).

Transcendendo a esfera da vida individual, os efeitos da clonagem impactam negativamente a sociedade e a organização familiar. Ela oferece o perigo de estimular o retorno de práticas eugênicas, pois incentiva a propagação de traços genéticos valorizados, através da produção de cópias de indivíduos detentores de melhores genótipos (*President's Council on Bioethics*, 2002).

A higienização e purificação biológicas perpetradas por regimes autoritários no passado, ressurgiriam no interior de sociedades democráticas, com anuência de profissionais de saúde e da população. Desta forma, a eugenia não seria exercida de modo coercitivo, através do aniquilamento e esterilização forçada de grupos populacionais. Ela se daria conforme a lógica dos livres mercados, atendendo a anseios de pais que buscam pela otimização das capacidades dos filhos (*President's Council on Bioethics*, 2002).

No âmbito familiar, o Conselho alerta que a clonagem altera as fronteiras existentes entre gerações, deformando os laços de

parentesco (President's Council on Bioethics, 2002). Identidades tradicionalmente estabelecidas diluem-se, de forma que pais se tornarão irmãos gêmeos de seus filhos e avós se tornarão pais de seus netos. Enquanto sociedade, a busca sem limites pelo desenvolvimento técnico faria de nós menos humildes diante do desconhecimento e mais transgressores com relação à moralidade (President's Council on Bioethics, 2002).

Os efeitos sobre a identidade não são os únicos problemas éticos suscitados pela clonagem. O procedimento oferece riscos, como má-formação genética e longevidade reduzida, de modo que produzir crianças a partir dele seria inaceitável. Experimentos de clonagem com outros animais apresentam altas taxas de insucesso.

Para a criação da ovelha Dolly, 277 óvulos clonados foram produzidos, dos quais apenas 1 resultou no nascimento de um animal saudável. O Conselho ressalta que esta não se trata de uma objeção temporária, passível de ser resolvida com o aperfeiçoamento da técnica. Isto, porque, para tal aperfeiçoamento, novos experimentos teriam de ser conduzidos, submetendo futuras crianças a riscos (President's Council on Bioethics, 2002).

Se a recusa à clonagem reprodutiva mostra-se unânime para o Conselho, no que diz respeito à clonagem terapêutica, o comitê revela-se dividido, refletindo as ambivalências presentes dentro da comunidade científica e bioeticista. Para alguns membros, a criação de células clones, que não se destinam à implantação, deve ser incentivada, tendo em vista os diversos benefícios clínicos que delas decorrem (President's Council on Bioethics, 2002). Declaram que, embora embriões possuam estatuto moral digno de respeito, tal estatuto distingue-se daquele possuído por pessoas, o que autoriza, portanto, seu uso e descarte em pesquisas (*ibid.*).

Porém, membros conservadores do Conselho rejeitam inclusive a clonagem terapêutica, e justificam sua posição, argumentando que: a) dado o caráter de continuidade da vida biológica, os embriões requerem proteção moral, devendo-se evitar a destruição de formas humanas em potencial; b) liberar pesquisas desta natureza, causaria danos à sociedade ao passarmos de formas sexuadas, para formas assexuadas de reprodução; c) corremos o risco de investir os governos de poderes excessivos sobre a vida humana; d) a vida

humana deixaria de ser um fim em si mesma, para tornar-se instrumento de nossos desejos; e) se por um lado temos obrigações morais para com o tratamento de doenças, por outro, é necessário legar às próximas gerações um mundo respeitoso que não sacrifique a vida dos mais fracos (President's Council on Bioethics, 2002).

3 TESTAGEM GENÉTICA

3.1 Características técnicas

Devido ao mapeamento do genoma humano e à crescente elucidação das relações entre genes e saúde, os testes genéticos passaram por aperfeiçoamentos significativos ao longo das últimas décadas. Eles indicam a suscetibilidade de um indivíduo a desenvolver enfermidades, revelam relações de parentesco ou definem perfis farmacogenéticos.

Para tanto, testes utilizam de metodologias que acusam alterações na estrutura de genes, de cromossomos ou no nível de proteínas, realizando esta avaliação no período anterior à gestação, durante a gravidez ou após o nascimento do indivíduo (Griffiths *et al.*, 2000).

O conjunto dos instrumentos de avaliação pré-natal, capazes de identificar alterações no embrião ou feto, inclui a amniocentese; a amostragem das vilosidades coriônicas; exames do sangue materno; a amostragem do cordão umbilical; o diagnóstico genético pré-implantação, entre outros (Papalia & Olds, 2000).

A amniocentese consiste na análise das células do feto contidas no líquido amniótico, possibilitando detectar centenas de anomalias genéticas conhecidas, má formações ou mesmo o sexo do bebê (Papalia & Olds, 2000). Recomenda-se este exame para casais portadores de doença genética ou com histórico familiar positivo. Sua realização não deve ocorrer antes da 12ª semana de gestação, a fim de evitar complicações, como abortos (*ibid.*).

Intervenções em períodos anteriores são possíveis através da técnica de amostragem das vilosidades coriônicas (CVS). Através dela, testam-se as extremidades das vilosidades que recobrem a membrana em torno do embrião, denominada córion (Papalia & Olds, 2000). Porém seu uso está associado a um maior risco de complicações para o embrião, quando comparado com a amniocentese (*ibid.*).

Menos invasiva que estes dois procedimentos, a análise do sangue materno é capaz de revelar a presença de alterações genéticas do feto. Exames de sangue detectam compostos como, por exemplo, a AFP (alfa-fetoproteína) e hormônios como o estriol não-conjugado e a gonadotropina coriônica (Papalia & Olds, 2000). A presença destes compostos prevê, em até 60%, casos como a Síndrome de Down.

Pode-se também obter amostras do sangue do próprio feto, extraídas por agulha inserida nos vasos sanguíneos do cordão umbilical. Com isso, analisa-se seu DNA, bem como suas funções orgânicas, determinando a existência de distúrbios metabólicos, imunodeficiências, infecções, entre outras condições (Papalia & Olds, 2000).

Não obstante, pode-se evitar o desenvolvimento destas doenças pelo emprego do diagnóstico genético pré-implantação (PGD). O procedimento requer a fertilização *in vitro* de embriões, nos quais será realizada uma biópsia, em busca de eventuais alterações, anteriormente à implantação (Fragouli, 2007). Se a análise do DNA revelar a presença de mutações causadoras de patologias, descarta-se o embrião, devendo-se implantar apenas aqueles livres de mutações.

Por sua vez, quando aplicados ao longo da vida adulta do indivíduo, os testes visam: a) determinar a existência de alterações que predisõem o indivíduo ao aparecimento de doenças; b) informar futuros casais de pais acometidos por mutações, sobre as chances de transmiti-las aos filhos; c) investigar variações genéticas para fins não médicos, como testes de ancestralidade e testes forenses de identidade (Griffiths *et al.*, 2000).

Nos últimos anos, tem-se popularizado os testes de venda direta ao consumidor (*direct-to-consumer genetic testing*). Sua aquisição pelo paciente dá-se sem a mediação de um profissional da saúde, através da internet, televisão, entre outros canais de marketing (Su, 2013). Os kits de testes são enviados pelo correio à casa do consumidor, que coletará uma amostra de seu próprio DNA, enviando o material de volta ao fornecedor. Os testes disponíveis no mercado avaliam ampla gama de condições, desde a predisposição genética do indivíduo a doenças, até o rastreamento genealógico de suas origens (*ibid.*).

3.2 Considerações éticas

Ainda que o mapeamento do genoma e os instrumentos de testagem ofereçam benefícios à vida humana, estas técnicas produzem efeitos indesejáveis, motivando discussões éticas acerca de seu impacto para indivíduos e a sociedade. Elas intensificam a associação entre genes e identidade pessoal, e com isto, levantam questões sobre os riscos de discriminação e vigilância, baseados em perfis genéticos; e as consequências emocionais, para indivíduos e familiares, da previsão de uma doença.

O conhecimento ampliado sobre o DNA humano e o aperfeiçoamento de exames diagnósticos conduziu à criação de categorias biomédicas, tais como a de “pessoas geneticamente arriscadas” (Rose, 2013, 156). Sobre estas pessoas recaem estratégias de monitoramento e intervenções, com vistas ao gerenciamento de sua saúde e de seus familiares.

Conforme Nikolas Rose (2013, p. 157), a bioinformação produzida pelas ciências médicas contemporâneas organiza a existência dos sujeitos “de acordo com valores acerca do que nós somos, do que devemos fazer e do que podemos esperar”, fornecendo a matriz a partir da qual compreendemos e agimos sobre nós mesmo. Os resultados obtidos pelos testes genéticos influenciam desde o planejamento familiar de futuros pais, até a adoção de estilos particulares de vida.

Em determinadas circunstâncias, a associação entre genes e identidade atua de maneira a elevar o risco de estigmatização e discriminação do sujeito portador de mutações deletérias. Em um cenário ausente de regulações, seguradoras poderiam exigir testes a clientes, condicionando a concessão de apólices aos riscos genéticos de um indivíduo. Ou ainda, estes indivíduos poderiam se deparar com obstáculos no mundo do trabalho, por terem em seu DNA genes predisponentes a doenças crônicas (Rose, 2013).

A fim de proteger a população contra estas medidas, em 2008, os Estados Unidos aprovaram o *Ato de Não Discriminação da Informação Genética* (GINA). Ele proíbe duas principais atividades: 1) que seguradoras de saúde usem da informação genética do paciente para a emissão e definição de preços de apólices; 2) discriminação no ambiente profissional, impedindo que empregadores usem da

informação genética para estabelecer contratação, promoções e planos de carreira (National Human Genome Research Institute, 2016).

O risco de discriminação estende-se a outras esferas sociais, como as instituições escolares. Já utilizados em unidades de ensino, os diagnósticos médicos para dificuldades de aprendizagem assumem uma nova dimensão na era do DNA. Autores alertam para o perigo de testes genéticos passarem a integrar o arsenal de instrumentos de avaliação escolar, originando uma cultura de “rastreamento genético e de intervenção pré-sintomática” (Rose, 2013, p. 173). Contra o uso inadequado de informações biológicas, países como França, Noruega, Austrália e Dinamarca, têm criado leis que asseguram a privacidade dos dados genéticos de um indivíduo (Rose, 2013).

A descoberta de mutações que conduzem a uma doença genética gera sentimentos de ansiedade, ira, medo, culpa ou tristeza nos indivíduos afetados e em seus familiares, também suscetíveis ao adoecimento (Papalia & Olds, 2000).

Todavia, a capacidade preditiva dos exames é limitada, seus resultados são probabilísticos e fatores ambientais exercem grande influência na saúde geral do paciente. Além disto, são poucas as mutações possuem penetrância completa para patologias, ou seja, casos em que a simples presença de uma alteração genética conduzirá, inevitavelmente, a uma doença (Papalia & Olds, 2000).

Atos discriminatórios podem igualmente ocorrer durante o planejamento pré-natal, ao se utilizar o PGD e outros exames, para selecionar embriões e fetos conforme o sexo, traços físicos, ou para se evitar o nascimento de bebês surdos e cegos. Neste contexto, críticos das práticas de testagem opõem-se ao surgimento de *designer babies* (bebês de prancheta), alertando para o risco de mercantilização da reprodução, promoção da eugenia e intensificação da intolerância contra grupos, como os portadores de necessidades especiais.

Habermas (2010, p. 57) afirma que a seleção genética de embriões ocasiona uma crise na autocompreensão ética da espécie humana, “de tal modo que não possamos mais nos compreender como seres vivos eticamente livres e moralmente iguais”. A intervenção técnica sobre as gestações elimina a diferença entre o que cresceu naturalmente e o que foi manufaturado de maneira reificada.

Para o filósofo, esta diferença é moralmente relevante para nossa autocompreensão, por duas razões: em primeiro lugar, ela sustenta o sentimento de solidariedade entre os membros da espécie humana, que permite determinado sujeito reconhecer a outros, como sendo seus semelhantes. Em segundo, a percepção do sujeito, de ter sido gerado naturalmente, o faz ver a si como autor de sua própria vida, e não objeto da intenção de terceiros. Em consequência, Habermas (2010) considera legítimo o uso do PGD apenas para tratamento de doenças, condenando sua aplicação para selecionar características como inteligência e traços físicos.

4 SUBSTITUIÇÃO MITOCONDRIAL

4.1 Características técnicas

A maior parte do DNA humano encontra-se compactado no núcleo das células. Porém, organelas presentes no citoplasma celular, denominadas mitocôndrias, possuem uma molécula própria de DNA, o DNA mitocondrial, o qual é transmitido à prole, exclusivamente por via materna (Cree & Loi, 2015).

Tal como os genes do DNA nuclear, genes mitocondriais são suscetíveis a mutações, causadoras de enfermidades. Diversas abordagens terapêuticas procuram atenuar os efeitos deletérios dessas mutações, oferecendo aos portadores certo controle das enfermidades. Entre as abordagens disponíveis para tratar distúrbios mitocondriais, encontram-se a doação de óvulos e o PGD (Cree & Loi, 2015).

Em filhos de casal em que a parceira é afetada por mutações, a fertilização de óvulos de doadoras, com os espermatozoides do parceiro, é o modo mais simples de se evitar distúrbios mitocondriais. Porém, aquele casal que deseja filhos geneticamente relacionados a ambos os pais, deverá recorrer à seleção de embriões por PGD.

O conjunto de mitocôndrias presentes nas células de indivíduos afetados apresenta frequentemente uma característica denominada heteroplasmia (Cree & Loi, 2015). Isto é, no citoplasma das células destes indivíduos há uma mistura de mitocôndrias que carregam mutações e mitocôndrias livres de mutações. Para que uma doença mitocondrial se manifeste, necessita-se que a carga de mitocôndrias

mutantes exceda determinado patamar. Por conseguinte, a ação terapêutica do PGD consiste em determinar a carga de mitocôndrias mutantes em diversos embriões fertilizados *in vitro*, selecionando para implantação aqueles menos atingidos (*ibid.*).

No entanto, há situações que restringem a ação terapêutica do PGD, tais como: a) a ocorrência de doenças mitocondriais específicas cuja manifestação clínica não possui relação direta com a carga de mutações; b) doenças nas quais a carga de mutação mitocondrial muda com o tempo; c) casos em que a mulher é portadora de mutações homoplásmicas, ou seja, todas as cópias do DNA mitocondrial são mutantes (Cree & Loi, 2015).

As limitações da doação de óvulos e do PGD motivaram a criação de métodos alternativos. Estes métodos visam substituir as mitocôndrias mutantes das células do paciente, por mitocôndrias sem mutação. Produzem-se assim os chamados *three-person babies*: crianças portadoras de material genético de três indivíduos – o pai, a mãe e uma mulher doadora. As principais técnicas de substituição mitocondrial são a Transferência Citoplasmática; a Transferência de Fuso Materno e a Transferência Pró-Nuclear (Cree & Loi, 2015).

A Transferência Citoplasmática consiste na injeção do citoplasma de óvulos doadores saudáveis, no citoplasma de óvulos comprometidos. Neste processo de injeção, mitocôndrias saudáveis são transferidas junto com outros componentes citoplasmáticos. O povoamento dos óvulos da paciente por estas mitocôndrias produz efeitos terapêuticos.

No ano de 2001, o cientista Jacques Cohen e colegas apresentaram os resultados da aplicação da técnica em humanos, tornando-se responsáveis pelo nascimento dos primeiros bebês triparentais (Barritt *et al.*, 2001). Porém, no mesmo ano, a Transferência Citoplasmática foi banida pela FDA, que requereu estudos adicionais sobre sua eficácia e segurança (Cree & Loi, 2015). Desde então, a técnica tem sido abandonada em favor de métodos como a Transferência de Fuso Materno (MST) e a Transferência Pró-Nuclear (PNT).

Na MST, ocorre a retirada do núcleo do óvulo da mãe afetada, transferindo-o para o óvulo de uma doadora livre de mutações, cujo próprio núcleo foi eliminado. Após a transferência o novo óvulo é

fertilizado com espermatozoide do pai e implantado no útero da mãe (Cree & Loi, 2015).

Por sua vez, na PNT, o óvulo da mãe e o óvulo da doadora são ambos fertilizados com os espermatozoides do pai. Após a fertilização, eles darão origem a dois zigotos: aquele resultante da fusão do DNA materno com o DNA paterno, e a aquele resultante da fusão do DNA da doadora com o DNA paterno. Realiza-se então a retirada do núcleo do primeiro zigoto, transferindo-o para o segundo zigoto, cujo núcleo original foi descartado (Cree & Loi, 2015).

Em ambos os métodos, o que se obtém são embriões constituídos pelo material genético nuclear dos pais e pelos genes mitocondriais de uma doadora. A aplicação clínica destas técnicas em humanos foi autorizada em fevereiro de 2015, pelo parlamento inglês (Hamilton, 2015). Mais recentemente, em abril de 2016, o México tornou-se local de nascimento de uma criança fruto da substituição mitocondrial, vítima em potencial da Síndrome de Leigh (Roberts, 2016).

4.2 Considerações éticas

Tal como outras tecnologias genéticas, a substituição mitocondrial suscita debates sobre as implicações éticas do procedimento. Os debates problematizam: a) a eficácia e segurança da técnica; b) seus impactos sobre a identidade e as relações jurídicas dos *three-person babies*; e c) a classificação das alterações genéticas produzidas, como sendo de natureza germinativa ou somática.

Anteriormente à aprovação da substituição mitocondrial no Reino Unido, a *Human Fertilisation and Embryology Authority* (HFEA) organizou um painel de especialistas para avaliar os riscos e benefícios da Transferência de Fuso Materno e a Transferência Pró-Nuclear para os pacientes. Em relação à segurança das técnicas, avaliaram-se os riscos de: a) transporte indesejável de mitocôndrias afetadas, para os óvulos ou zigotos da doadora; b) os efeitos dos reagentes utilizados no procedimento; c) as interações entre DNA nuclear e DNA mitocondrial.

Em relatório publicado em 2011, o painel concluiu que “as evidências atualmente disponíveis não sugerem que as técnicas sejam inseguras” (Human Fertilisation and Embryology Authority, 2011, p. 4). Ademais, ele recomendou seu uso para pacientes portadores de

distúrbios genéticos mitocondriais, ressaltando, entretanto, a necessidade de futuros experimentos e follow-ups das crianças nascidas por meio destas intervenções, para monitoramento de sua saúde (Human Fertilisation and Embryology Authority, 2011).

Ainda que a substituição mitocondrial não venha a gerar danos biológicos aos pacientes, ela coloca questões referentes à identidade dos bebês triparentais e às relações jurídicas estabelecidas por eles. As opiniões divergem quanto aos elementos que compõem o fundamento de nossa identidade e quanto à capacidade das técnicas MST e PNT adulterarem este fundamento.

Por um lado, instituições como o *Medical Research Council* e a *Wellcome Trust* acreditam que esta adulteração não é possível, dado que genes mitocondriais não estariam envolvidos na produção de características normalmente aceitas como definidoras de nossa identidade (Nuffield Council on Bioethics, 2012).

Todavia, recusando a dissociação realizada por estas instituições, a bioeticista Annelien Bredenoord discorda que a transferência mitocondrial tenha efeito nulo sobre a identidade dos pacientes. Ser poupado do desenvolvimento de um distúrbio genético afeta de modo significativo a existência de futuros indivíduos, possibilitando-lhes “uma experiência de vida diferente, uma biografia diferente e talvez também um caráter diferente” (Bredenoord *apud* Nuffield Council on Bioethics, 2012, p. 55).

No tocante às implicações jurídicas da substituição mitocondrial, o Departamento de Saúde do Reino Unido afirmou que crianças nascidas por meio da técnica não possuem três pais. De acordo com a instituição, ainda que estas crianças portem material genético de três indivíduos, “todas as evidências científicas disponíveis indicam que os genes que contribuem para características pessoais advêm unicamente do DNA nuclear” (Department of Health, 2014, p. 15). Como resultado desta interpretação feita pelo Departamento, o governo dispensa a criança e sua doadora mitocondrial de quaisquer obrigações legais entre si.

As relações entre política e ciência ficam ainda mais evidentes ao analisarmos as discussões em torno da natureza das modificações produzidas pelas técnicas de substituição mitocondrial. O referido Departamento de Saúde reconhece que o procedimento realiza

alterações na linhagem germinativa humana (isto é, em óvulos e zigotos), as quais são herdáveis pelas gerações futuras. Porém, a instituição provocou reações negativas na comunidade científica, ao afirmar que as alterações envolvidas na substituição mitocondrial *não consistem em modificação genética*.

O Departamento declarou “não haver um acordo universal sobre a definição de ‘modificação genética’ em humanos”, de forma que, diante desta falta de acordo, “o governo decidiu adotar uma definição operacional, a fim de fazer avançar os regulamentos” (Department of Health, 2014, p. 15). Tal definição estabelece como sendo modificação genética “apenas as modificações do DNA nuclear [e não do DNA mitocondrial] de células germinativas, transmitidas para as gerações futuras” (*ibid.*).

Denominam-se células germinativas, os gametas (espermatozoides e óvulos) e zigotos (célula inicial do estágio embrionário). Modificações nestas células são consideradas controversas, em virtude de suas consequências para as futuras gerações. Alterações germinativas são transmitidas a todas as outras células do embrião e de seus descendentes, tornando-se problemáticas, do ponto de vista da identidade pessoal, devido: à impossibilidade de se obter consentimento informado de futuras gerações e à modelagem biológica destas gerações, com base em valores e padrões sociais do passado (President’s Council on Bioethics, 2003).

Cientistas como Ted Morrow, da *University of Sussex*, e Robert Winston, do *Imperial College London*, acusam o governo de agir com desonestidade e fornecer informações imprecisas ao público, a fim de introduzir uma nova terapia no país (Connor, 2014). Conforme David King (*apud* Connor, 2014, sem numeração), “evitar o termo [modificação genética] para mudanças nucleares herdáveis é claramente político. Eles não querem pessoas como eu, dizendo que os GM babies foram legalizados”.

5 REPENSANDO A RELAÇÃO ENTRE TECNOLOGIAS GENÉTICAS E IDENTIDADE

O artigo apresentou alguns dos efeitos de tecnologias genéticas sobre a identidade pessoal, buscando observá-los a partir de três conjuntos de técnicas. A princípio, tratou-se da clonagem e suas as

consequências para a identidade de indivíduos, suas relações familiares e a sociedade. Em seguida, abordaram-se os testes genéticos, responsáveis por reforçar a associação entre genes e identidade, suscitando questões sobre discriminação e ônus emocional de exames. Por fim, o artigo dedicou-se às técnicas de substituição mitocondrial, remetendo-se à identidade dos *three-person babies* e das gerações futuras.

Pode-se afirmar que as preocupações apresentadas em torno destes efeitos, pressupõem duas concepções de identidade: a identidade narrativa e a identidade numérica.

A identidade narrativa, também chamada de autocompreensão, consiste no entendimento e interpretação que a pessoa faz de si mesma. Ela corresponde a uma “autobiografia implícita” (DeGrazia, 2005), a respeito de quem o sujeito acredita ser, dos valores que preza e de como ele vivencia sua existência de pessoa dotada de um corpo e inserida em uma realidade externa. A identidade narrativa é também intersubjetiva, pois a autocompressão pessoal está vinculada ao modo com que os outros indivíduos percebem o sujeito (Nuffield Council on Bioethics, 2012).

Por sua vez, a identidade numérica reconhece como seu fundamento, a existência do sujeito ou de um objeto, enquanto elemento unitário e indivisível, que se mantém como tal ao longo do tempo (DeGrazia, 2005). Alguém poderá submeter-se a diversas transformações, continuando, apesar disso, a ser o mesmo indivíduo. Desta definição, decorrerá a questão sobre quais os critérios demarcadores da essência permanente da identidade numérica.

Este artigo sustenta que, ao se oporem às técnicas em virtude de seu suposto impacto sobre a identidade pessoal, os críticos das tecnologias genéticas incorrem, de maneira equivocada, em um essencialismo genético. Cumpre superar este essencialismo, em defesa dos benefícios das referidas tecnologias.

Autores como os membros do *President's Council on Bioethics* e Habermas pressupõem o modelo narrativo de identidade, e veem no DNA humano, o elemento primordial para a compreensão ética que a sociedade e o indivíduo têm sobre si mesmos. Para eles, intervenções no DNA de nossa espécie rompem com nosso entendimento de humanos como seres livres, iguais e dignos de respeito.

Porém, o equívoco dos membros do *President's Council on Bioethics* é evidenciado ao constataremos a vida de gêmeos monozigóticos, isto é, gêmeos geneticamente idênticos, considerados clones naturais. Como declara o filósofo australiano Julian Savulescu, se o fundamento da identidade equivallesse à mera composição genética humana, não trataríamos estes sujeitos como pessoas distintas. Além disto, a igualdade de genomas de gêmeos não faz com que os consideremos sujeitos menos dignos ou desprovidos de individualidade, simplesmente por possuírem os mesmos genes (Savulescu, 2005).

Podemos aplicar semelhante raciocínio ao problema da instrumentalização e mercantilização da procriação. Habermas (2010, p. 57), ao tratar da seleção de embriões, acredita que a “tecnicização da natureza humana” transforma indivíduos em objetos, impedindo que eles percebam a si como autores de sua própria história, subjugados às intenções e desejos alheios.

Tais afirmações possuem conteúdo empírico e sua validação deve ser, portanto, buscada na observação da experiência. Como lembra Savulescu (2005), muitos filhos são concebidos visando atender a demandas dos pais, por exemplo, como forma de reparação emocional de relações, como companhia, ou como possíveis doadores de órgãos e medula aos seus irmãos. Apesar disto, a experiência não corrobora o vínculo necessário entre, por um lado, a gestação motivada por essas demandas, e por outro, a desqualificação da prole como simples objeto (*ibid.*). Estes filhos não são menos dignos de amor, por atenderem a propósitos parentais.

O essencialismo genético, como elemento organizador da identidade narrativa, insinua-se também no contexto dos testes diagnósticos, como mostram as formas de discriminação passíveis de serem cometidas por empresas e escolas. Este artigo sustenta que os efeitos sociais nocivos decorrentes dos exames, baseiam-se frequentemente em uma interpretação incorreta da relação entre genes e saúde e na superestimação do poder preditivo da testagem.

Interpretação feita conforme modelo determinista de genética, para o qual os genes operam de forma isolada e reducionista, produzindo fenótipos, independentemente das complexas relações entre o organismo e seu ambiente. Todavia, desde o final do século XX, com o surgimento da genômica, o “paradigma do ‘gene para’”

(Rose, 2013, p. 74) tem sido suplantado por uma maior ênfase “nas complexidades, interações, sequências de desenvolvimentos, e cascatas de regulação” (Rose, 2013, p. 77).

A genética contemporânea recusa descrições deterministas do DNA, atentando-se igualmente a outros mecanismos bioquímicos envolvidos nas funções vitais, na saúde e no comportamento das espécies. Neste sentido, configurou-se o campo de estudos conhecido como epigenética, dedicado a compreender os padrões de ativação e silenciamento de genes, em parte resultantes da ação do ambiente (Feil & Fraga, 2012).

Quando formulados de maneira adequada, leis e regulamentos conferem proteção a indivíduos geneticamente em risco, controlando o acesso e a divulgação de bioinformações. Em certas circunstâncias, porém, a relação entre leis e tecnologias genéticas torna-se mais obscura, como revelam as técnicas de substituição mitocondrial.

O nascimento dos *three-person babies* desafia os fundamentos tradicionais da noção jurídica de pessoa, definidora da rede de direitos e deveres em que se insere o sujeito. Como forma de contornar os impasses gerados por bebês com o material genético de três pessoas, o Departamento de Saúde do Reino Unido adotou convenientemente uma definição particular de identidade.

Trata-se de uma concepção numérica de identidade, pois ela não leva em conta as vivências do indivíduo, mas sim a conservação da unidade de seu DNA. Todavia, para o Departamento, o DNA cuja conservação mantém a identidade pessoal consiste apenas naquele encontrado no núcleo das células e não no DNA de suas mitocôndrias. Deste modo, a substituição mitocondrial pode ser efetivada, sem maiores consequências legais.

Apesar disto, se por um lado, a definição do Departamento justifica a aplicação das técnicas, por outro, ela se mostra insuficiente para lidar com as tecnologias que modificam o DNA *nuclear*, como ocorre na terapia genética (*gene therapy*). Do ponto de vista da identidade numérica, então indagaríamos: após terem seu DNA nuclear modificado, os sujeitos não poderão mais ser considerados os mesmos?

Novamente, tal como se passa com a identidade narrativa, a superação do impasse está na recusa ao essencialismo genético. Isto

significa opor-se à fundamentação da identidade na composição genética do sujeito, beneficiando-nos dos procedimentos técnicos, se demonstradas sua segurança e eficácia para a saúde dos indivíduos afetados.

Cumpre destacar, entretanto, que a crítica ao essencialismo genético não basta para superarmos todos os dilemas éticos suscitados pelas referidas tecnologias.

Isto se torna particularmente evidente, no caso da clonagem reprodutiva humana. Ainda que gêmeos e clones assemelhem-se pelo fato de possuírem genomas idênticos a outros indivíduos, eles distinguem-se pela maneira como são gerados e, conseqüentemente, como serão tratados pela sociedade. Logo, trazer estes indivíduos ao mundo seria consentir com a hostilidade por eles sofrida, o que viola o princípio ético de não-maleficência.

Podemos também observar os limites da crítica ao essencialismo genético, no âmbito dos testes diagnósticos e da substituição mitocondrial. No primeiro caso, mesmo que instrumentos legais forneçam proteção a indivíduos geneticamente em risco, esta proteção é relativa, e nem todos os países contam com instituições jurídicas sólidas. De modo semelhante, a troca de mitocôndrias coloca outros desafios éticos, tais como a impossibilidade de se obter consentimento informado de embriões e as conseqüências transgeracionais de efeitos colaterais das técnicas.

Desta maneira, conclui-se que, por um lado, a crítica ao essencialismo genético permite superar certas objeções às tecnologias, mas por outro lado, alguns problemas éticos permanecem, demandando futuras discussões, de forma a maximizarmos os benefícios e reduzirmos os riscos do desenvolvimento científico.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece à CAPES por subsidiar este trabalho, resultante de pesquisa de doutorado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRITT, Jason; WILLADSEN, Steen; BRENNER, Carol; COHEN, Jacques. Cytoplasmic transfer in assisted reproduction. *Human Reproduction Update*, **7** (4): 428-435, 2001.

- CONNOR, Steve. *Scientists accuse government of dishonesty over GM babies in its regulation of new IVF technique*. 2014. Disponível em: <<http://www.independent.co.uk/news/science/exclusive-scientists-accuse-government-of-dishonesty-over-gm-babies-in-its-regulation-of-new-ivf-9631807.html>>. Acesso: 20 fevereiro 2017.
- CREE, Lynsey; LOI, Pasqualino. Mitochondrial replacement: from basic research to assisted reproductive technology portfolio tool-technicalities and possible risks. *Molecular Human Reproduction*, **21** (1): 3-10, 2015.
- DEGRAZIA, David. Enhancement technologies and human identity. *The Journal of Medicine and Philosophy*, **30** (3): 261-283, 2005.
- Department of Health, UK. *Mitochondrial donation*. 2014. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/332881/Consultation_response.pdf>. Acesso: 20 fevereiro 2017.
- GRIFFITHS, Anthony; MILLER, Jeffrey; SUZUKI, David; LEWONTIN, Richard; GELBART, William. *An introduction to genetic analysis*. New York: W. H. Freeman, 2000.
- FEIL, Robert; FRAGA, Mario. Epigenetics and the environment: emerging patterns and implications. *Nature Review Genetics*, **13**: 97-109, 2012.
- FRAGOULI, Elpida. Preimplantation genetic diagnosis: present and future. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, **4** (6): 201-207, 2007.
- HABERMAS, Jürgen. *O futuro da natureza humana: a caminho de uma eugenia liberal?* Trad. Karina Jannini. 2 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2010.
- HAMILTON, Garry. The hidden risks for “three-person” babies. *Nature*, **525**: 444-445, 2015.
- Human Fertilisation and Embryology Authority. *Scientific review of the safety and efficacy of methods to avoid mitochondrial disease through assisted conception*. London: HFEA, 2011.
- MALAKAR, Dhruva; AKSHEY, Yogesh; DE, Arun; DUTTA, Rahul. Somatic cell cloning technique for production of cloned animals and its application – a review. *Indian Journal of Animal Health*, **55** (1): 1-20, 2016.

- National Academy of Sciences; National Academy of Engineering; Institute of Medicine; National Research Council Committee on Science, Engineering and Public Policy. *Scientific and medical aspects of human reproductive cloning*. Washington: National Academies Press, 2002.
- National Bioethics Advisory Commission. *Cloning human beings: report and recommendations of the National Bioethics Advisory Commission*. Rockville: NBAC, 1997.
- National Human Genome Research Institute. *Genetic discrimination*. Disponível em: <<https://www.genome.gov/10002077/genetic-discrimination/#al-2>>. Acesso em: 23 setembro 2016.
- Nuffield Council on Bioethics. *Novel techniques for the prevention of mitochondrial DNA disorders: an ethical review*. London: Nuffield Council on Bioethics, 2012.
- PAPALIA, Diane; OLDS, Sally Wendkos. *Desenvolvimento humano*. 7 ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- President's Council on Bioethics. *Beyond therapy: biotechnology and the pursuit of happiness*. New York: Harper Perennial, 2003.
- . *Human cloning and human dignity: an ethical inquiry*. New York: Public Affairs, 2002.
- ROBERTS, Michelle. *First “three person baby” born using new method*. 2016. Disponível em: <<http://www.bbc.com/news/health-37485263>>. Acesso em: 18 fevereiro 2017.
- ROSE, Nikolas. *A política da própria vida: biomedicina, poder e subjetividade no século XXI*. Tradução: Paulo Ferreira Valerio. São Paulo: Paulus, 2013.
- SAVULESCU, Julian. The ethics of cloning. *Medicine*, **33** (2): 18-20, 2005.
- SHERIDAN, Cormac. Gene therapy finds its niche. *Nature Biotechnology*, **29**: 121-128, 2011.
- SU, Pascal. Direct-to-consumer genetic testing: a comprehensive view. *Yale Journal of Biology and Medicine*, **86** (3): 359-365, 2013.
- WILMUT, Ian; SCHNIEKE, Angelika; MCWHIR, Jim; KIND, Alexander; CAMPBELL, Keith. Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. *Nature*, **385** (6619): 810-813, 1997.

Data de submissão: 11/12/2016

Aprovado para publicação: 17/02/2017

A preservação da substancialidade orgânica em Aristóteles

Rodrigo Romão de Carvalho *

Resumo: Com o presente trabalho, procurarei estabelecer um exame acerca do processo de geração natural dos organismos vivos, enquanto fator responsável por garantir ao vivente a sua conservação no ser mediante o ato reprodutivo, com base na concepção aristotélica de natureza. Neste sentido, examinarei o aspecto funcional da faculdade nutritiva da alma neste processo de geração natural, sem deixar de levar em conta uma análise na qual se procura estabelecer um contraste em relação ao processo de geração espontânea, não reprodutivo. Com esta análise, pretendo precisar o caráter ontológico dos organismos vivos no que se refere à questão da preservação na existência.

Palavras-chave: geração orgânico-natural; faculdade nutritiva da alma; geração espontânea; Aristóteles

The Preservation of Organic Substantiality in Aristotle

Abstract: With the present paper, I'll try to establish an examination about the process of natural generation of living organisms, as well as the factor responsible for guaranteeing to the living organism its conservation in the being through the reproductive act, based on the Aristotelian conception of nature. In this sense, I'll analyze the functional aspect of the nutritive faculty of the soul in this process of natural generation, considering an analysis in which one tries to establish a contrast in relation to the process of spontaneous, non-reproductive generation. With this analysis, I intend to clarify the ontological character of living organism regarding the question of preservation in existence.

* Doutor em Filosofia pela Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - Universidade de São Paulo. Endereço: Av. Prof. Luciano Gualberto, 315, sala 1007, São Paulo, SP, 05508-010. E-mail: romaodc@gmail.com

Key-words: Organic-natural generation; nutritive faculty of the soul; spontaneous generation; Aristotle

1 INTRODUÇÃO

A geração orgânica, de um modo geral, envolve um princípio causal de natureza formal, que regula o processo de formação do ser vivo em vista, basicamente, do reproduzir-se (Nussbaum, 1985, p. 76-78), pois é por meio da reprodução, ou seja, do constante processo gerativo de um novo organismo vivo especificamente idêntico, que o vivente (plantas, animais e seres humanos), apesar de corruptível, garante de uma maneira regular a sua conservação ou manutenção¹ no ser. Desta forma, é garantida também a medida de eternidade que cabe ao ser vivo, isto é, não na sua individualidade particular, mas na medida em que o caráter específico do organismo vivo vem a ser preservado² (*De Anima*³, II.4, 415a23-415b7; *Geração dos Animais*, II.1, 24-34).

¹ Por *conservação ou manutenção no ser* pretendo remeter diretamente à ideia de algo se preservando, enquanto tal, na existência. Neste sentido, faz-se referência, aqui, à questão sobre a capacidade do vivente de se preservar na existência na exata medida em que conserva ou mantém as suas características essenciais, que ao mesmo tempo definem e determinam *o que* o vivente ou o organismo vivo efetivamente é.

² A consideração de que é a espécie, e não o indivíduo, o que persiste mediante o processo reprodutivo não significa necessariamente dizer que a espécie, enquanto indicador referencial de determinado conjunto de seres vivos, é eterna; antes, parece significar que certos organismos particulares, os quais compartilham as mesmas características essenciais, na ocasião em que se reproduzem conservam-se no ser (Lennox, 2001, pp. 131-159). Neste sentido, G. Freudenthal afirma: “Para Aristóteles, a causa da eternidade das espécies é imanente em cada e em todo animal ou planta individual: o que realmente existe em qualquer tempo é somente um número finito de indivíduos de cada espécie” (Freudenthal, 1995, p. 39). Aqui, é possível notar uma consonância com a noção de infinito tratada no Livro III da *Física* (caps. 4-8), na medida em que Aristóteles considera o infinito como certa sucessão ininterrupta de partes em devir, como, por exemplo, o dia (*Física*, III.6, 206a29-33). De acordo com esta consideração, as grandezas espaciais não seriam, em sentido pleno, infinitas em ato (*Física*, III.5, 206a6-7), porém elas seriam potencialmente passíveis, de um modo intermitente, de serem sempre atualizadas.

³ Com relação às citações das obras de Aristóteles, utilizei como base a edição *Bekker I*, bem como, principalmente, as tradicionais traduções das edições bilíngues da *Loeb Classical Library*, e das traduções das edições *Gredos*, que fornecem um bom conjunto

Com efeito, a ideia de reprodução está vinculada à noção de forma (*Física*, II.1, 193b6-12) enquanto princípio causal que intercede sobre as interações elementares da matéria, no processo de geração orgânica: a forma específica de cada organismo vivo, transmitida pelo sêmen constituidor, encerra em si, desde o início do processo gerativo, o potencial (*dynamis*) para dar origem ao novo indivíduo (*Parte dos Animais*, I.1, 640a23-26), de modo a, realizado o ato conceutivo, presidir as séries causais que resultarão na formação das partes orgânicas.

Distintamente desta posição, grande parte dos filósofos naturalistas do século V a.C., de acordo com Aristóteles, defendia a ideia de que os animais e as plantas desenvolvem as suas partes constituintes por fatores estritamente materiais, a partir dos quais subjazeria a verdadeira natureza das coisas, isto é, o(s) elemento(s) (*Partes dos Animais*, I.1, 640b4-15; *Metafísica*, I.3, 983b6-11), não havendo, portanto, algum princípio causal anterior atuando no desenvolvimento dessas partes, que explicaria porque elas se formam de tais e tais modos (*Partes dos Animais*, I.1, 640a19-27).

Segundo este ponto de vista, a constituição dos seres vivos não seria, então, nada mais do que estados ou afecções passageiras de certo arranjo ou composição da matéria elementar, a qual sempre se preserva⁴. Contudo, a concepção aristotélica não apenas irá negar esta posição, como irá inverter as credenciais ontológicas: estipulando o primado do princípio formal em relação ao princípio material, e concedendo um papel relevante ao processo de reprodução, pelo fato de outorgar aos seres vivos um aspecto permanente e essencial, esta concepção elevará os organismos vivos a um primeiro plano, de modo a relegar os elementos composicionais a um segundo plano. Neste sentido, seria por meio da natureza formal e do processo reprodutivo a

de notas explicativas. No entanto, foram utilizadas, além disso, as traduções das edições *Oxford* (Clarendon Aristotle Series) com comentários, e as traduções para o português de L. Angioni dos Livros I e II da *Física* e do Livro I das *Partes dos Animais*, também, com comentários.

⁴ Neste âmbito de discussão, Sauvé diz que a tese adversária dos *physiologi* seria um tipo de concepção *eliminativista*, visto que “propõe eliminar da categoria ontológica da substância todas as outras entidades, que não os elementos” (Sauvé, 1992, p. 825).

ela associado que a constituição orgânica, em si e por si mesma, sustentaria o seu estatuto ontológico na categoria substancial dos seres.

2 A FACULDADE NUTRITIVA DA ALMA

As funções vitais mais fundamentais dos organismos vivos estão relacionadas ao que Aristóteles denomina de faculdade nutritiva (*tò threptikòn dúnatai*) da alma. Ele atribui dois fatores funcionais a esta faculdade: o reproduzir, e o aproveitar-se do alimento (*De Anima*, II.4, 415a26). Com efeito, para o filósofo, o nutrir-se e o reproduzir-se seriam dois aspectos de uma e mesma capacidade anímica (Lennox, 2013, p. 358), a saber, a capacidade nutricional. A respeito desta capacidade, Aristóteles declara o seguinte em uma passagem da *Geração dos Animais*:

Assim é a capacidade da alma nutritiva: tal como nos próprios animais e nas plantas se produz, mais adiante, o crescimento a partir do alimento [...], assim também esta [*sc.* capacidade] da alma desde o princípio dá corpo ao ser que está se formando, segundo a natureza. A matéria com a qual se desenvolve o ser é a mesma que aquela da que se forma em um princípio, de modo que também a potência que atua é a mesma desde o princípio. Mas esta potência que procura o desenvolvimento é maior. Pois bem, se esta é a alma nutritiva, também é ela a que engendra: e aqui reside a natureza de cada ser, estando presente em todas as plantas e em todos os animais. (*Geração dos Animais*, II.6, 740b29-741a2)

A capacidade nutritiva da alma é responsável tanto por promover o crescimento do organismo vivo gerado, através do alimento, quanto responsável também por fomentar a geração de um novo ser vivo especificamente idêntico por meio da concepção, sendo que o ato de crescer e o ato de gerar fazem parte de uma única e mesma atividade, a qual tem como base em última instância um mesmo suporte material, a saber, o sangue (*haima*).

O sangue é o alimento elaborado em seu último estágio (*Partes dos Animais*, II.3, 650a34, II.4, 651a15, IV.4, 678a8; *Geração dos Animais*, I.19, 726b1-2; II.3, 737a20; *Parva Naturalia*, 469a1-2), em função de um processo de digestão ou de cocção (*pepsis*) que ocorre no

coração⁵, devido ao calor corporal. Por sua vez, o coração é a fonte na qual o sangue vem a ser produzido (*Parva Naturalia*, 469b5-6, 480a6-7; *Partes dos Animais*, III.4, 666a7-8) e por meio do qual vem a ser distribuído pelo organismo, através dos vasos san-guíneos. Assimilado pelo organismo, o sangue - sendo “em potência corpo e carne” (*dynámei sôma kai sàrx*) (*Partes dos Animais*, III.5, 668a26) - tem a função de manter as partes orgânicas nutridas (*Partes dos Animais*, II.3, 650a34-35, II.3 650b13-14; Cooper, 1990, p. 58), de modo a preservar o ser vivo enquanto tal.

No macho, o restante do sangue que sobra, isto é, do sangue que não é assimilado pelas partes orgânicas, passa por outro processo de cocção, no qual vem a ser transformado em sêmen⁶, ou seja, em *sperma*, que é “um resíduo (*perittoma*) do alimento útil em seu último estágio”⁷ (*Geração dos Animais*, I.18, 726a27). Na fêmea, segundo Aristóteles, por certa impotência inerente a sua própria natureza, não haveria calor suficiente para que o processo de cocção convertesse o sangue em *sperma* (*Geração dos Animais*, I.20, 728a18-21, I.IV, 765b9 e seguintes.). Sendo assim, ao invés de *sperma*, é produzida uma secreção sanguínea parcialmente cozida, o *katamenia*, correspondente ao resíduo menstrual, de modo que o resíduo menstrual ou o

⁵ Conforme Sánchez-Escariche e Miguel, o termo *pépsis* “significa tanto cocção como digestão. Designa toda mudança das matérias alimentícias dentro do corpo. [...] É um vocábulo que deriva da tradição médica” (Sánchez-Escariche, E. J., e Miguel, A. A., in *Aristóteles - Partes de los Animales; Marcha de los Animales; Movimiento de los Animales*. Madri, Biblioteca Clásica Gredos, 2000, p. 90, nota 29).

⁶ O sangue, ao se converter em sêmen, deixa de apresentar as suas propriedades essenciais que o definem como tal, vindo a ser gerado outro tipo de substância (*Geração e Corrupção*, I.4, 319b16). No entanto, o sêmen não deixaria de ter o sangue como material constituinte, preservando, em potência, as suas propriedades características. Na *Geração dos Animais*, Aristóteles escreve o seguinte: “Do sangue cozido e distribuído de um determinado modo se forma cada uma das partes, e o esperma cozido é uma secreção bastante diferente do sangue, mas estando sem cozer e quando se excede por frequentes relações sexuais, sai em alguns casos, inclusive, sanguinolento; está claro que o esperma seria um resíduo do alimento convertido em sangue” (*Geração dos Animais*, I.19, 726b6-10).

⁷ De acordo com a concepção aristotélica, o leite, o sangue menstrual e o esperma são resíduos do alimento útil, os quais variam de acordo com o grau de elaboração. Por outro lado, os excrementos são os resíduos inúteis.

katamenia seria um *sperma* não puro, necessitado de elaboração (*Geração dos Animais*, I.20, 728a26-27).

O *sperma*, sangue completamente digerido ou cozido pelo organismo, contém em si o *pneuma*⁸, o qual comporta o calor vital imbuído de certos movimentos específicos e formativos⁹ (Freudenthal, 1995, p. 29). Tais movimentos são trespassados do sangue em conversão para o *sperma*, por um ulterior processo de cocção. O sangue que nutre as partes orgânicas, de modo a mantê-lo vivo, já carrega em si certos movimentos e o calor vital inerente a eles. No ato conceptivo, estes movimentos provenientes do pai são transmitidos ao resíduo *katamenial* da fêmea, o qual possui em potência todas as partes orgânicas capazes de gerarem um novo indivíduo, contendo em si, também, certos movimentos específicos e formativos provenientes da mãe (*Geração dos Animais*, 3.II, 737a18-24). Esta transmissão faz com que ocorra, por meio de certa proporção ou ajuste equilibrado (*Geração dos Animais*, 2.IV, 764a13-17,

⁸ É imprescindível à geração dos seres vivos, seja ela sexual ou espontânea, a presença do *pneuma*, no qual está encerrado o calor vital ou anímico. O *pneuma* (sopro vital, ar inato) é precisamente o que faz o sêmen fértil. Em *Geração dos Animais* (762a19-20) Aristóteles diz: “Os animais e as plantas nascem na terra e na água porque na terra existe água, na água um sopro vital, e em todo este há calor anímico”. Pelo fato de a terra conter água e esta conter o *pneuma*, no qual está encerrado o calor anímico, Aristóteles diz que “de certo modo, tudo está pleno de alma” (762a22). Porém, isto não significa que a terra e a água sejam dotadas de *psyché* sendo, portanto, seres animados. Se assim fosse, o *sperma* seria um ser vivo, pois ele também contém o *pneuma*. No entanto, o *sperma* não é um ser vivo, mas sim o que pode vir a gerá-lo. Ademais, em *De Anima* (I.5), Aristóteles irá criticar certos autores por suporem que os elementos são dotados de alma: “Outros [...] afirmam que a alma se encontra misturada com a totalidade do Cosmos, de onde seguramente deduziu Tales que tudo está pleno de deuses. Mas esta afirmação encerra certas dificuldades: de fato, por que razão a alma não constitui um animal quando está no ar ou no fogo e, no entanto, a constitui quando está nos corpos mistos, apesar de que deve-se afirmar que é mais perfeita quando está naqueles? Caberia se perguntar, além disso, por que razão a alma que está no ar é melhor e mais imortal que a que se encontra nos animais. O absurdo e o paradoxo acompanham, de outro modo, a ambos membros da alternativa: pois qualificar de animal o fogo ou o ar é mais paradoxal e não qualificá-los de animais, havendo alma neles, é absurdo” (411a7-16).

⁹ Movimentos próprios e característicos relativamente a cada espécie de organismo vivo.

4.IV, 772a17; Cooper, 1990, p. 57) entre os movimentos parentais na ocasião da união dos resíduos seminais, a atualização do processo formativo do embrião.

Realizada a fecundação, é efetivada uma espécie de processo de coagulação, comparada por Aristóteles ao processo de coagulação do leite: o calor vital contido no sêmen masculino exerceria uma função semelhante àquela do suco da figueira ou o coalho ao atualizar a potencialidade que o leite – comparado, aqui, à matéria que a fêmea proporciona no processo de geração orgânica – tem de coagular-se¹⁰. O calor vital seria responsável por produzir a “coagulação” do *katamenia* no ato da fecundação, tal como o sumo da figueira ou o coalho promove a coagulação do leite (*Geração dos Animais*, I.20, 729a11-14; II.4, 739b21-22).

Com isto, o resíduo seminal da fêmea, o *katamenia* ou o sangue menstrual, adquire certa consistência pela ação do sêmen masculinono útero (*bustêra*)¹¹. A partir daí, vem a ser desencadeada uma série causal na qual os movimentos formativos provenientes do *pneuma*, junto com o calor vital, promovem uma redistribuição dos componentes elementares que constituem o material *katamenial*, de modo a, como M. L. Gill explica, controlar os desenvolvimentos subsequentes do animal, regulando o calor e o arrefecimento, gerando mudanças nos materiais apropriados, nos tempos apropriados, nos lugares apropriados, e produzindo, assim, partes como a carne e o osso (Gill, 1997, p. 154; *Geração dos Animais*, II.6, 743a27-29).

Após a fecundação, o *pneuma* vem a ser continuamente produzido no coração (*kardía*), o qual é a primeira parte a se formar no desenvolvimento embrionário (*Parva Naturalia*, 469b10-12; *Geração dos Animais*, II.5, 741b15-16, II.6, 742b35-743a1), sendo que o movimento de pulsação se inicia antes mesmo do surgimento das

¹⁰ Na *História dos Animais*, Aristóteles assim descreve o procedimento de coagulação do leite por meio do sumo da figueira: “Espreme-se e recolhe-se [o sumo da figueira] num pano de lã. Depois de se passar por água, coloca-se a lã em um pouco de leite; este, misturado com o outro leite, faz-lhe coalhar” (*História dos Animais*, III.20, 522b2-5).

¹¹ O que se une ao resíduo *katamenial* é apenas o *pneuma*, que atua como causalidade formal. A matéria de natureza aquosa que compõe o sêmen masculino é descartada no ato fecundante; ela se dissolve e evapora (*Geração dos Animais*, II.3, 737a7-12).

outras partes¹² (*Partes dos Animais*, III.4, 666a20-21; III.4, 666a25-27). Assim, ao produzir constantemente o *pneuma*, o coração é a principal fonte do calor vital (*Parva Naturalia*, 469b10-11) e dos movimentos formativos, que são distribuídos a cada parte do organismo em formação, através do sangue contido nas veias.

Por meio do alimento ingerido, o qual uma vez no estômago vem a ser digerido e passa pelas veias como que “por meio de raízes” (*Parte dos Animais*, IV.4, 678a9-11) até o coração, o sangue é, então, reelaborado, de modo a fazer com que o calor vital e os movimentos *específico-formativos* contidos no sangue, em um primeiro momento e com uma maior intensidade – de acordo com o trecho supracitado (*Geração dos Animais*, II.6, 740b29) –, desenvolvam o crescimento das partes orgânicas, dispondo-se como (i) alimento de fazer crescer. Em um segundo momento, o calor vital e os movimentos específico-formativos fazem com que mantenham as mesmas partes orgânicas do indivíduo, dispondo-se como (ii) alimento de nutrir.

Nos indivíduos maduros, o sobranço do sangue que não é assimilado pelas partes orgânicas, servindo de alimento (de crescer ou de nutrir) as mesmas, vem a ser reelaborado para se transformar nos respectivos resíduos seminais masculino ou feminino – preservando o *pneuma* e, portanto, o calor vital com os movimentos específico-formativos –, de modo a, dispondo-se como (iii) alimento de geração (*De Anima*, II.4, 416b11-17), engendrar em meio ao processo reprodutivo um novo embrião. O embrião em formação irá, então, desenvolver uma nova fonte de produção sanguínea (Cooper, 1990, p. 59), fazendo com que se repita, assim, o ciclo da capacidade nutritiva da alma, de modo a ter, neste processo gerativo ou

¹² Aristóteles relatou, na *História dos Animais*, observações a respeito do desenvolvimento embrionário do pintinho no interior do ovo: “No caso das galinhas, ao cabo de três dias e de três noites, se nota o primeiro sinal do embrião [...]. Durante este momento, a gema já se encontra acima, ao extremo pontiagudo, onde o princípio do ovo está situado e onde se dá a eclosão; e a substância branca aparece como um ponto sanguinolento que é o coração. Este ponto palpita e se move como um ser vivo, e dele parte dois condutos venosos plenos de sangue e enroscados, que se estendem, na medida em que o embrião cresce, a cada um dos dois tegumentos (*kbitón*) que os recobrem” (*História dos Animais*, VI.3, 561a5-15).

constitutivo, o *pneuma* como fator formal e o sangue como substrato material.

3 GERAÇÃO NATURAL E GERAÇÃO ESPONTÂNEA

Todos os seres vivos, portanto, possuem a capacidade de gerar outro especificamente idêntico, de servir-se do alimento e, através disso, de desenvolver-se para, enfim, gerarem novos descendentes. No *De Anima*, encontramos um importante trecho, no qual Aristóteles declara que a alma nutritiva é comum a todos os seres vivos e que sua função mais natural consiste na reprodução:

Deve-se primeiro tratar acerca da nutrição e da geração; pois a alma nutritiva está presente também nos demais viventes, sendo a primeira e a mais comum capacidade da alma, segundo a qual o viver está presente em todos. E as suas funções são o gerar e o aproveitar-se do alimento. Pois, a função mais natural para qualquer vivente – isto é, todos aqueles que forem perfeitos e não mutilados nem gerados espontaneamente – é produzir outro ser igual a si mesmo; o animal, um animal, a planta, uma planta, afim de que, na medida em que podem, participem do eterno e do divino; pois todos aspiram isto e em vista disto fazem tudo o que fazem conforme a natureza. (*De Anima*, II.4, 415a22-415b2)

Nesta passagem, Aristóteles concebe a capacidade da alma reprodutora como a mais essencial para todo e qualquer organismo vivo (das plantas, passando pelos animais, até o homem), pois é por meio dela que os seres vivos, de uma maneira geral, preservam-se na existência como tais, de modo que a causa-função mais básica e comum que explicaria a instrumentalidade ou a funcionalidade do corpo vivo seria atribuída ao ato reprodutivo, concebido como um aspecto funcional da faculdade nutritiva. É por meio da capacidade funcional multiplicativa atribuída à faculdade nutritiva da alma que os organismos vivos garantem, de um modo geral e suficiente, a sua manutenção no ser e o seu pleno caráter de substancialidade natural, na medida em que, de geração em geração, preservam na realidade natural as suas características essenciais.

Por contraste, no caso dos organismos vivos gerados por espontaneidade¹³, entendo que é principalmente pelo fato de não possuírem a capacidade reprodutora da alma, estando, por isso, sempre dependentes de condições externas favoráveis para serem continuamente produzidos, que eles poderiam ter sido constituídos – mas de fato não foram – em vista do exercício pleno das capacidades anímicas. O exercício ou a atividade plena das capacidades anímicas não poderia ser realmente efetivado pela justa razão de ter-lhes faltado um princípio causal de tipo formal presidindo a devida concatenação das séries causais de caráter material-composicionais, como aconteceria no caso dos organismos vivos gerados por natureza, e não por espontaneidade¹⁴.

¹³ “Espontâneo” (*automaton*) e “acaso” ou “fortuna” (*tyché*) são termos que possuem significados próximos. A diferença é a seguinte: o espontâneo é uma noção mais ampla, envolvendo tanto eventos naturais de um modo geral, como atividades estritamente humanas, e, por isso, conteriam os casos que se dizem ocorrerem por acaso (*Física*, II.6, 197a36-7), isto é, os eventos que se restringem ao domínio da ação humana, praticados por aqueles que são capazes de deliberar e agir através de discernimento.

¹⁴ No Livro II da *Física*, a natureza é, de um modo geral, definida por Aristóteles da seguinte maneira: “a natureza é certo princípio ou causa pela qual aquilo em que primeiramente se encontra se move ou repousa em si mesmo e não por concomitância” (*hos oúses tēs physeos arkhēs tinòs kai aitiás toú kineísthai kai eremeîn en hōi hupárkhei prôtos kath' hautò kai mè katà symbebekós*) (*Física*, II.1, 192b20-23). De acordo com tal definição, os entes naturais possuem por si mesmos, e não por concomitância, um impulso inato para a mudança. Este impulso, de acordo com argumentos sustentados ao longo do Livro II da *Física*, caracteriza-se, resumidamente, por uma articulação causal entre matéria e forma, na qual os componentes materiais são inerentemente subordinados à determinação formal no processo envolvido. Em outros termos, as propriedades e movimentos essenciais da matéria são inerentemente reordenados pela forma no processo constitutivo dos seres naturais. No caso dos resultados provenientes de procedimentos técnicos, os artefatos não possuem um princípio interno de movimento envolvendo a sua própria produção, nem um impulso intrínseco para a efetivação das atividades que lhes são correspondentes (*Física*, II.1, 192b16-19). Na medida em que são resultados da técnica, os artefatos dependem de um princípio externo de mudança (a atividade do artesão no processo de fabricação do artefato, ou de quem, depois de fabricado, o manipula) tanto para serem produzidos, quanto para o exercício das atividades ou funções que lhes compete e em vista das quais eles vieram a ser produzidos. Agora, no tocante à geração espontânea, ocorre um processo no qual uma série de fatores

De acordo com Augustion Mansion, o processo de geração espontânea não seria contrário “à ordenação teleológica que preside a produção de um ser natural” (Mansion, 1945, p. 308). No entanto, penso que ainda assim tal processo não deixaria de ser distinto do natural, visto que, como o próprio Mansion afirma: “o que se produz por geração espontânea é introduzido por acidente na ordem teleológica” (Mansion, 1945, p. 310). Com efeito, seria justamente por haver na geração natural um princípio formal-final como fator antecedente *presidindo* de um modo determinado o encadeamento das séries causais material-eficientes, sendo a determinação devida ao processo de reprodução sexuada, que a geração natural diferiria da geração espontânea, a qual, de uma maneira indeterminada, sempre depende de fatores extrinsecamente relacionados entre si para ser

meramente materiais, sem a intervenção prévia de uma forma “buscando” auto gerar-se (*Geração e Corrupção*, II.6, 333b4-16), são responsáveis pela emergência de um ser vivo. O fator formal, responsável pela atualização das potencialidades materiais na geração espontânea, não se dá de um modo interno ao processo como um elemento anterior e determinativo, como ocorreria no caso da geração natural, mas advém como uma causa externa e concomitante a outros fatores causais, que se entrecruzam de uma maneira estritamente necessária, sem a intervenção de um princípio regulativo (*Geração dos Animais*, III.11, 762a8-35). Nós modernos estamos habitualmente acostumados a pensar como sendo *natural* tudo aquilo que seria regido por processos necessários. Mas na perspectiva da filosofia natural aristotélica, não basta que algo ocorra por pura necessidade. Deve haver, além disso, um fator causal envolvido que determine de um modo regular e não ocasional certo resultado subsequente. Sendo assim, seria *natural*, nesta perspectiva, todo processo no qual estaria envolvido certo fator causal de caráter formal, isto é, de caráter necessário e suficiente, para que, assim, ocorra determinado resultado (*Física*, II.1, 193a36-193b3; II.9, 200a30-200b2; *Partes dos Animais*, I.1, 642a9-13). No caso dos processos espontâneos, não há este fator de caráter formal determinante, que atuaria como um princípio causal anterior e regulativo, relativamente aos processos subsequentes que viriam a ocorrer (*Física*, II.5, 196b21-29, 197a5-8). Há apenas uma confluência ocasional de séries causais necessárias à ocorrência de determinado resultado, mas não suficientes para que assim seja de um modo, por assim dizer, “pré-estabelecido” de acordo com um sistema, ou uma ordem, de equilíbrio natural constante. Para ser considerado como natural, não bastaria, então, a frequência do processo, mas também a regularidade a partir de um mesmo tipo de fonte causal determinante (necessária e suficiente), que se sobreporia às causas de caráter material (meramente necessárias).

continuamente produzida – por isso, os organismos vivos gerados espontaneamente não se reproduzem de fato.

Desta forma, os organismos vivos gerados espontaneamente conteriam em si certa ordenação teleológica, mas esta ordenação seria incorporada à composição espontânea como um fator concomitante (*symbebekos*) às causas gerativas, de modo que a *causalidade* não é teleológica, mas espontânea. Dada a incorporação do *pneuma* na matéria putrefata em processo de cocção por uma causalidade absolutamente necessária e espontânea (*autómate*), e não por uma necessidade “sob hipótese” (*ex hypothesos*) (*Física*, II.9), isto é, sob um princípio causal anterior e regulativo de caráter formal, segue-se a formação e a ordenação das partes orgânicas que irá compor o organismo vivo gerado espontaneamente, as quais não deixariam de apresentar certas propriedades funcionais, ainda que de uma maneira imperfeita e indeterminada. Com relação ao processo de geração espontânea, Aristóteles declara o seguinte na *Geração dos Animais*:

Os animais e as plantas nascem na terra e na água porque na terra existe água, na água um sopro vital, e em tudo isto há calor anímico [...]. Por isto, tomam forma rapidamente os seres no momento em que este calor anímico está contido dentro deles. Ele é incorporado quando os líquidos que têm corpo se esquentam, e se formam então como uma bolha de espuma. Pois bem, as diferenças que fazem com que o gênero que está se formando seja mais ou menos valioso reside na envoltura do princípio anímico. Os determinantes disto são tanto os lugares quanto a matéria contida. (*Geração dos Animais*, III.11, 762a18-27)

Em conformidade com a passagem supracitada, o processo de geração espontânea poderia ser descrito em outros termos, ou reconstruído, da seguinte maneira: certo montante de terra com água contendo o *pneuma* sofre um aquecimento em função do ar ou da água circundante. Este aquecimento gera uma bolha de ar no entorno deste montante de terra com água, de modo a espessá-la. Concomitantemente, entra em ação o calor vital com certos movimentos formativos do *pneuma* que, no caso, por exemplo, de um testáceo gerado espontaneamente, fará com que se forme, por meio da bolha espessada pelo calor externo do ambiente, uma concha.

No entanto, o que ocasionará a especificidade do organismo vivo – no caso, um testáceo – não será o *pneuma* contendo o calor vital juntamente com movimentos formativos, de modo a atuar de uma maneira definida como um princípio causal regulativo de caráter formal (como seria no caso da reprodução sexuada), mas sim certos fatores contingenciais como o local e o tipo de material presente (Gotthelf, 1989, p. 189). Neste processo gerativo, os movimentos formativos do *pneuma* não são específicos, ou seja, não são movimentos capazes de transmitir certos caracteres determinantes de dada espécie de organismo vivo previamente constituído, agindo, então, em concomitância com outros fatores causais que convergem ocasionalmente entre si segundo uma necessidade “sem mais” (*ananke haplos*), ou absoluta.

No exemplo do testáceo, o *pneuma* contido em uma porção de terra e água, sob efeito do calor externo do ambiente, atua como componente teleológico-acidental na formação de uma concha. A concha vem a ser desenvolvida em função do *pneuma*, mas a sua especificidade não é devida a ele. Ela é devida a fatores extrínsecos ao processo composicional em questão, ou seja, ao mar no qual a porção de terra e água está inserida, juntamente com uma grande quantidade do elemento terroso do meio circundante. São estes fatores, a saber, o mar e o elemento terroso, e não o *pneuma*, que são responsáveis – de uma maneira indeterminada – pelo caráter específico de um testáceo gerado por espontaneidade, através do processo de endurecimento e de solidificação do material ambiente que encerra o corpo que possui vida (*Geração dos Animais*, III.11, 762a27-32). Assim, a diversidade de tipos de organismos gerados espontaneamente dependerá de fatores tais como o lugar e o tipo de material pertencente ao meio circundante.

Uma forma de vida pode ser mais simples do que outra, em função dos elementos envolvidos na caracterização específica destes seres. Mas seja como for, apesar de até mesmo alguns animais sanguíneos, nos quais é notória a presença de certos atributos anímicos (por exemplo, a locomoção), terem sido considerados por Aristóteles como provenientes de geração espontânea, eles seriam concebidos como organismos bastante simples, cujo processo de

formação dependeria de movimentos composicionais não muito equilibrados ou precisos (Gotthelf, 1989, p. 190). Por não apresentarem a mais natural das funções vitais, isto é, a função reprodutiva (*De Anima*, II.4, 415a26-29), os seres vivos gerados espontaneamente, como um caso atípico em relação aos seres vivos gerados sexuadamente, não representariam uma constituição orgânica no sentido mais pleno ou próprio da expressão.

4 CONCLUSÃO

De um modo sucinto, em conformidade com as considerações colocadas, penso que entre os organismos vivos gerados naturalmente “por si mesmos” (*kath’hauto*) e os organismos vivos gerados espontaneamente “por concomitância” (*kata symbebekos*) haveria uma diferença de natureza, e não apenas de grau. Haveria uma diferença de grau, por exemplo, entre, uma planta e um animal, pois ambos apresentam a capacidade nutritiva da alma, mas difeririam na medida em que nos animais se ramificam – para além das funções nutritivas da alma, a saber, a função propriamente nutritiva e a função reprodutiva – outras funções vitais características daquilo que Aristóteles denomina de capacidade sensitiva da alma, como, por exemplo, sentir, desejar, locomover-se etc. (*De Anima*, II.3, 414a29-19). Por outro lado, entre os organismos vivos gerados naturalmente e os organismos vivos gerados espontaneamente haveria não uma diferença de grau, mas de natureza, na medida em que, não obstante os seres gerados por espontaneidade apresentarem certos traços vitais, como a locomoção, por exemplo, eles não apresentariam a função mais natural do vivente, isto é, a função auto-gerativa, ou a reprodutiva (*De Anima*, II.4, 415a26-29).

Apesar dos organismos espontâneos poderem ser gerados com bastante frequência, eles não vêm a ser gerados sempre ou no mais das vezes por uma mesma causa e de um modo determinado, ao contrário de organismos formados por geração sexuada¹⁵.

¹⁵ A este respeito, James G. Lennox diz o seguinte: “A biogênese espontânea está fora do que ocorre sempre ou geralmente, apesar da frequência da produção espontânea. A explicação geral de Aristóteles sobre a espontaneidade é que, quando

Distintamente dos organismos vivos simples gerados espontaneamente, os organismos vivos gerados pelo ato reprodutivo se manteriam na existência de uma maneira estável, não precária, de modo a conferir a esses últimos uma fixidez ontológica precisa. Assim, o caráter substancial ou essencial do composto orgânico, que lhe confere uma realidade específica, é garantido de uma maneira determinada, ou definida, através de sua permanência e preservação no ser mediante, de um modo geral, a faculdade nutritiva da alma, e, de um modo mais estrito, por meio da capacidade reprodutiva a essa faculdade associada.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Maurício de Carvalho Ramos por ter aceito orientar a minha tese de doutorado, através da qual pude desenvolver o presente artigo. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro concedido à atividade pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARISTÓTELES. *Aristotelis Opera*. BEKKER, I. (ed.). Berlim: Academia Regia Borussica, 1831. 2 vols.
- _____. *The Metaphysics, Books I-IX*. Trad. Hugh Tredennick. London: The Loeb Classical Library, 1947.
- _____. *Generation of Animals*. Trad. A. L. Peck. London: The Loeb Classical Library, 1953.
- _____. *On Sophistical Refutations; On Coming-to-be and Passing Away; On the Cosmos*. Trad. E. S. Foster, and D. J. Furley. London: The Loeb Classical Library, 1955.
- _____. *On the Soul; Parva Naturalia, On Breath*. Trad. de W. S. Hett. London: The Loeb Classical Library, 1957.

o resultado de um processo não foi o seu fim, não é provável que sempre ou geralmente é produzido da mesma maneira. Assim, enquanto muitas espécies de organismos são gerados espontaneamente com grande regularidade, elas não vieram ser sempre, ou geralmente devido à mesma causa” (Lennox, 2001, p. 242).

- _____. *Parts of Animals; Movement of Animals; Progression of Animals*. Trad. A. L. Peck. London: The Loeb Classical Library, 1961.
- _____. *Aristotle History of Animals, Books I-III*. Trad. A. L. Peck. London: The Loeb Classical Library, 1965.
- _____. *Aristotle History of Animals, Books IV-VI*. Trad. A. L. Peck. London: The Loeb Classical Library, 1970.
- _____. *Aristotle History of Animals, Books VII-X*. Trad. D. M. Balme. London: The Loeb Classical Library, 1991.
- _____. *Aristotle's Physics, Books I and II*. Trad. William Charlton. 2ª ed. Oxford: Clarendon Press, 1992.
- _____. *Investigación sobre los Animales*. Trad. e notas de J. P. Bonet. Madrid: Biblioteca Clásica Gredos, 1992.
- _____. *Aristotle's De Anima: Books II and III (with passages from Book I)*. Trad. D. W. Hamlyn. Oxford: Clarendon Press, 1993.
- _____. *Aristotle: Metaphysics, Books VII and VIII*. Trad. D. Bostock. Oxford: Clarendon Press, 1994.
- _____. *Reproducción de los Animales*. Trad. e notas de E. Sánchez. Madrid: Biblioteca Clásica Gredos, 1994.
- _____. *Acerca de la Generación y la Corrupción; Tratados Breves de Historia Natural*. Trad. e notas de E. La Croce e A. B. Pajares. Madrid: Biblioteca Clásica Gredos, 1998.
- _____. *As Partes dos Animais, Livro I*. Trad. e comentários de L. Angioni. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, 9 (3), 1999.
- _____. *Partes de los animales; marcha de los animales; movimiento de los animales*. Trad. e notas E. J. Sánchez-Escariche e A. A. Miguel. Madrid: Biblioteca Clásica Gredos, 2000.
- _____. *Aristotle: On the Parts of Animals, Books I-IV*. Trad. J. G. Lennox. Oxford: Clarendon Press, 2001.
- _____. *De Partibus Animalium I and De Generatione Animalium I*. Trad. D. M. Balme. Oxford: Clarendon Press, 2001.
- _____. *Aristotle's De Generatione et Corruptione*. Trad. C. J. F. Williams. Oxford: Clarendon Press, 2002.
- _____. *Física*. Trad. e notas de G. R. de Echandía. Madrid: Biblioteca Clásica Gredos, 2002.
- _____. *Acerca del Alma*. Trad. e notas de T. C. Martínez. Madrid: Biblioteca Clásica Gredos, 2003.

- _____. *Aristóteles: De Anima*. Apresentação, tradução e notas de Maria Cecília G. dos Reis. São Paulo: Editora 34, 2006.
- _____. *Metafísica*. Trad. e notas de T. C. Martínez. Madri: Biblioteca Clásica Gredos, 2006.
- _____. *Física I-II*. Trad. e comentários de L. Angioni. Campinas: Editora da Unicamp, 2009.
- COOPER, John. M. Metaphysics in Aristotle's Embriology. Pp. 55-84, in: DEVEREUX, Daniel; PELLEGRIN, Pierre (eds.). *Biologie, Logique chez Métaphysique chez Aristote*. Paris: Éditions du CNRS, 1990.
- FREUDENTHAL, Gad. *Aristotle's theory of material substance: heat and pneuma, form and soul*. Oxford: Clarendon Press, 1995.
- GILL, Mary Louise. Material Necessity and Meteorology IV 12. Pp. 145-161, in: _____. *Aristotelische Biologie: intentionen, methoden, Ergebnisse*. Stuttgart: Franz Steiner, 1997.
- GOTTHELF, Allan. Teleology and spontaneous generation in Aristotle: a discussion. *Apeiron* 22 (4: Nature knowledge and virtue: Essays in memory of Joan Kung.): 181-193, 1989.
- LENNOX, James G. *Aristotle's Philosophy of Biology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- _____. Form, Essence, and Explanation in Aristotle's Biology. Pp. 348-367, in: ANAGNOSTOPOULOS, Georgios (ed.). *A Companion to Aristotle*. New Jersey: Willey-Blackwell, 2013.
- MANSION, Augustin. *Introduction à la Physique Aristotélécienne*. 2e édition revue et augmentée. Louvain: Institut Supérieur de Philosophie, 1945.
- NUSSBAUM, Martha C. *Aristotle's De motu animalium: text with translation, commentary, and interpretive essays*. Princeton: Princeton University Press, 1985.
- SAUVÉ, Susan M. Aristotle, teleology and reduction. *Philosophical Review*, 101 (4): 791-825, 1992.

Data de submissão: 07/02/2017

Aprovado para publicação: 21/03/2017

Normas para publicação

O periódico *Filosofia e História da Biologia* se destina à publicação de artigos resultantes de pesquisas originais referentes à filosofia e/ou história da biologia e temas correlatos, bem como sobre o uso de história e filosofia da biologia na educação. Publica também resenhas de obras recentes, sobre esses temas.

Somente textos inéditos (e que não estejam sendo submetidos para publicação em outro local) poderão ser submetidos para publicação em *Filosofia e História da Biologia*. Ao submeter o manuscrito, os autores assumem a responsabilidade de o trabalho não ter sido previamente publicado e nem estar sendo analisado por outra revista.

Os artigos devem resultar de uma pesquisa original e devem representar uma contribuição efetiva para a área. Todos os trabalhos submetidos serão enviados para análise de dois árbitros. Em caso de divergência entre os pareceres, o trabalho será analisado por um terceiro árbitro.

A análise dos originais levará em conta: (1) pertinência temática do artigo; (2) obediência às normas aqui apresentadas; (3) originalidade e profundidade da pesquisa; (4) a redação do trabalho.

Os trabalhos submetidos podem ser aceitos, rejeitados, ou aceitos condicionalmente. Os autores têm direito a recorrer da decisão, quando discordarem da mesma, e nesse caso será consultado um novo membro da Comissão Editorial, que emitirá um parecer final.

São aceitos para publicação em *Filosofia e História da Biologia* artigos em português, espanhol ou inglês. Os artigos submetidos devem conter um resumo no idioma original e um abstract em inglês. Os artigos em inglês devem vir acompanhados de um resumo em português, além do abstract. Os resumos e abstracts devem ter cerca de 200 palavras. Devem também ser indicadas cerca de cinco palavras-chave (e *keywords*) que identifiquem o trabalho. As palavras-chave, separadas por ponto-e-vírgula, devem especificar a temática do artigo e as subáreas amplas em que ele se enquadra (por

exemplo: filosofia da genética), em ordem direta; também devem ser indicados, se for o caso, personalidades centrais do artigo, em ordem indireta (por exemplo: Darwin, Charles).

Todos os agradecimentos devem ser inseridos no final do texto, em uma seção denominada “Agradecimentos”. Agradecimentos pessoais devem preceder os agradecimentos a instituições ou agências. Não devem ser inseridas notas de rodapé com agradecimentos. Agradecimentos a auxílios ou bolsas, assim como agradecimentos à colaboração de colegas, bem como menção à origem de um artigo (por exemplo: teses) devem ser indicados nesta seção. No caso de artigos em coautoria no qual as contribuições do diferentes autores foram diferenciadas, isso também deve ser mencionado na mesma seção, que será intitulada “Agradecimentos e créditos”.

Os artigos devem ter um máximo de 6.000 palavras (incluindo as notas de rodapé) e devem ser copiados ou digitados diretamente dentro do arquivo *Word* modelo da ABFHiB, Modelo-Fil-Hist-Biol.doc, que está disponível em <http://www.abfhib.org/Publicacoes/Modelo-Fil-Hist-Biol.doc>, versão atualizada em 20/06/2013. As resenhas devem ter um máximo de 2.000 palavras. Excepcionalmente, os Editores poderão aceitar trabalhos que ultrapassem esses limites.

Os originais devem ser enviados em formato DOC ou RTF para o seguinte e-mail: fil-hist-biol@abfhib.org.

A mensagem encaminhando o artigo deve informar que se trata de um original inédito que está sendo submetido para publicação no periódico ***Filosofia e História da Biologia***.

As ilustrações devem ser fornecidas sob a forma de arquivos de alta resolução (pelo menos 1.200 pixels de largura, para ocupar toda a largura de uma página), com imagens nítidas e adequadas para reprodução. Devem ser acompanhadas de legenda e com indicação de sua fonte. Os autores devem fornecer apenas imagens cuja reprodução seja permitida (por exemplo, que sejam de domínio público).

Na versão impressa do periódico, todas as ilustrações serão publicadas em preto e branco (e tons de cinza) e todas as imagens coloridas que forem enviadas serão convertidas. Na versão eletrônica, podem ser incluídas ilustrações coloridas, que também devem ser de alta resolução.

Estudos envolvendo seres humanos ou animais deverão ter a aprovação do Conselho de Ética da instituição em que o estudo foi feito. Deve ser informado o número de protocolo correspondente.

Conflito de interesses: quando existe alguma relação entre os autores e qualquer entidade pública ou privada de que pode derivar algum conflito de interesse, essa possibilidade deve ser comunicada e será informada no final do artigo.

As referências bibliográficas devem aparecer em lista colocada ao final do artigo, em ordem alfabética e cronológica. Devem seguir as normas da ABNT e devem ser completas – contendo, por exemplo, as páginas inicial e final de artigos e capítulos de livros, nomes dos tradutores de obras, cidade e editora de publicação de livros, etc. Os nomes dos autores devem ser fornecidos por extenso e não com o uso de iniciais. Os títulos de periódicos devem ser fornecidos por extenso e não abreviados. O modelo fornecido pela ABFHiB apresenta mais informações sobre o modo de apresentar as referências bibliográficas e de mencioná-las no corpo do texto. Consulte também edições recentes da revista, para ver exemplos de referências bibliográficas.

Os autores que não seguirem rigorosamente o modelo utilizado por ***Filosofia e História da Biologia*** serão solicitados a adequarem seus originais às normas da revista e a completarem as informações incompletas, quando for o caso. Isso pode resultar em atraso na publicação do artigo.

A submissão de um trabalho para publicação em ***Filosofia e História da Biologia*** implica na cessão do direito de publicação à ***Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia*** (ABFHiB). Os artigos publicados nesta revista não poderão ser publicados em livros ou outros periódicos sem autorização formal dos Editores. Após a aceitação do trabalho para publicação, todos os autores devem assinar o termo de cessão de direitos autorais à ABFHiB.

Para enviar uma mensagem para o periódico ***Filosofia e História da Biologia***, utilize este endereço: fil-hist-biol@abfhib.org

Informações adicionais:
<http://www.abfhib.org/FHB/>
fil-hist-biol@abfhib.org

