



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA

LUCAS SALVINO GONTIJO

**ADAPTAÇÃO BIOLÓGICA E A EVOLUÇÃO DOS SERES VIVOS: OS
FUNDAMENTOS DE UMA IDEIA PARA A COMPREENSÃO DE UMA TEORIA**

GOIÂNIA

2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
GERÊNCIA DE CURSOS E PROGRAMAS INTERDISCIPLINARES

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

☒ [X] Dissertação ☐ [] Tese

2. Nome completo do autor

LUCAS SALVINO GONTIJO

3. Título do trabalho

ADAPTAÇÃO BIOLÓGICA E A EVOLUÇÃO DOS SERES VIVOS: OS FUNDAMENTOS DE
UMA IDEIA PARA A COMPREENSÃO DE UMA TEORIA

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento ☒ [X] SIM ☐ [] NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Simone Sendin Moreira Guimaraes, Coordenadora**, em 19/08/2020, às 15:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **lucas salvino gontijo, Usuário Externo**, em 16/09/2020, às 17:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1484571** e o código CRC **BD05A3EB**.

Referência: Processo nº 23070.035203/2020-41

SEI nº 1484571

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA

LUCAS SALVINO GONTIJO

ADAPTAÇÃO BIOLÓGICA E A EVOLUÇÃO DOS SERES VIVOS: OS
FUNDAMENTOS DE UMA IDEIA PARA A COMPREENSÃO DE UMA TEORIA

Dissertação apresentada à banca de defesa do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Goiás – UFG – como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Educação em Ciências e Matemática, sob orientação da Prof^a. Dr^a. Simone Sendin Moreira Guimarães.

GOIÂNIA

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

GONTIJO, LUCAS SALVINO
ADAPTAÇÃO BIOLÓGICA E A EVOLUÇÃO DOS SERES VIVOS
[manuscrito] : OS FUNDAMENTOS DE UMA IDEIA PARA A
COMPREENSÃO DE UMA TEORIA / LUCAS SALVINO GONTIJO. -
2020.
101 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. SIMONE SENDIN MOREIRA GUIMARÃES.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Instituto
de Ciências Biológicas (ICB), Programa de Pós-Graduação em Educação
em Ciências e Matemática, Goiânia, 2020.
Bibliografia.
Inclui tabelas.

1. História e Filosofia da Ciência. 2. Formação de professores. 3.
Adaptação biológica. I. GUIMARÃES, SIMONE SENDIN MOREIRA,
orient. II. Título.

CDU 37



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

GERÊNCIA DE CURSOS E PROGRAMAS INTERDISCIPLINARES

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata da sessão de Defesa de Dissertação de **LUCAS SALVINO GONTIJO**, que confere o título de Mestre(a) em **EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**, na área de concentração em **Qualificação de Professores de Ciências e Matemática**.

Ao/s **08** dias do mês de **abril** de **2020**, a partir da(s) **13:30**, no(a) **CIAR - UFG**, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada **“ADAPTAÇÃO BIOLÓGICA E A EVOLUÇÃO DOS SERES VIVOS: OS FUNDAMENTOS DE UMA IDEIA PARA A COMPREENSÃO DE UMA TEORIA”**. Os trabalhos foram instalados pelo(a) Orientador(a), Professor(a) Doutor(a) **SIMONE SENDIN MOREIRA GUIMARAES - UFG** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor(a) Doutor(a) **ANTONIO FERNANDES NASCIMENTO JUNIOR - UFLA**, membro titular externo; Professor(a) Doutor(a) **RONES DE DEUS PARANHOS - UFG**, membro titular interno. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido(a) o(a) candidato(a) **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo(a) Professor(a) Doutor(a) **SIMONE SENDIN MOREIRA GUIMARAES**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA

Documento assinado eletronicamente por **Simone Sendin Moreira Guimaraes**, Coordenadora, em 08/04/2020, às 16:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rones De Deus Paranhos**, Professor do Magistério Superior, em 08/04/2020, às 16:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Antonio Fernandes Nascimento Junior**, Usuário Externo, em 04/05/2020, às 12:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 1230593 e o código CRC 4E31FB1D.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, acima de tudo, àquele que esteve ao meu lado desde o início dessa jornada, estimulando e acreditando em todo o meu potencial; quem me fez companhia nos fins de semana solitários longe das reuniões de família e lugares de descanso; que, sem o acalento de uma bolsa de estudos, ajudou-me a aguentar o desgaste e o cansaço de uma vida de trabalho dividida com a pesquisa de mestrado. Meu maior leitor, crítico, amigo, parceiro e companheiro, Eduardo.

Agradeço à minha mãe, Julia, que mesmo não tendo consciência da magnitude desse empreendimento, me deu todas as condições necessárias para levar essa pesquisa até o fim. Ao meu irmão, Luan, que teve paciência admirável para ouvir todas as versões de meu trabalho. À minha tia, Simone, e meu pai, Paulo, que sempre tiveram palavras de incentivo a dizer.

Agradeço à Jenyffer (carinhosamente, Jeninha), cuja sabedoria e maturidade acadêmica sempre foram pilares fundamentais para minha própria formação; além das conversas madrugadas adentro sobre política, sociedade e economia. À Anita Gabriella, que foi um exemplo de força, dedicação e amizade, estando ao meu lado ao longo do caminho das pedras. À amiga, Jéssica, que a vida universitária me presenteou para estar comigo nos momentos mais improváveis. Ao ícone, Iury Kesley, cuja passagem pelo Instituto de Ciências Biológicas serviu para elevar o padrão de qualidade e competência acadêmicas, e que tenho o prazer de chamar de amigo.

Agradeço às minhas irmãs de pesquisa, parceiras da labuta diária e amigas do coração, Viviane (Vivi, para os íntimos) e Elisa; cujas histórias de vida, profissional e acadêmica se confundem em um misto de dificuldades e vitórias que nos colocaram no privilegiado grupo de brasileiros com título de mestres. Unidos pela pesquisa científica, mantidos pela amizade.

Agradeço ao professor que acabou se tornando um grande amigo, Dr. Rones de Deus Paranhos, cujas críticas doíam como chicote nas costas de nós, alunos, mas que sem elas não estaríamos aqui. À professora Dra. Adda Daniela Lima Figueiredo Echalar, minha madrinha acadêmica, que ao longo de todo o caminho (da graduação ao mestrado) esteve ao nosso lado participando do processo formativo sempre com seu jeito peculiar e “objetivo” de dizer as coisas.

Agradeço ao professor Dr. Antônio Fernandes Nascimento Júnior que, além de ter gentilmente aceitado fazer parte da banca avaliadora dessa pesquisa, foi determinante em minha vida acadêmica uma vez que, como autor dos primeiros textos lidos na graduação, despertou em mim a vontade de aprofundar os estudos em História e Filosofia da Biologia. Torço para um dia ser ao menos metade do que é esse grande Mestre.

Agradeço, finalmente, àquela que também acreditou em meu potencial e me adotou como seu filho acadêmico: Professora Dra. Simone Sendin Moreira Guimarães; que na condição de orientadora apresentou um universo infinito que se abre não para frente, mas que trata da História passada da ciência que explica a vida em nosso planeta, a biologia. Sem a sua dedicação, empenho e paciência jamais teria chegado até aqui. Hoje, na condição de professor formado (e agora mestre), reconheço a importância dessa pessoa incrível que foi colocada em minha vida para ensinar o significado de “exemplo”.

“O homem ainda traz em sua estrutura física a marca indelével de sua origem primitiva”

Charles R. Darwin

RESUMO

O objetivo dessa pesquisa teórica é desvelar quais elementos da historicidade do conceito de adaptação biológica podem ser considerados como centrais para a compreensão da teoria da evolução das espécies na formação de professores de biologia, a partir da abordagem da História e Filosofia da Ciência (HFC); além de buscar no Projeto Pedagógico de Curso (PPC) de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás (UFG) um diálogo com esses elementos. Para tanto, o foco da análise foi a busca de obras – originais e traduções – de filósofos e naturalistas que abordaram a relação entre a morfologia e o comportamento dos seres vivos com o ambiente. Dentre eles: Empédocles de Agrigento (495-444 a.C.), Aristóteles de Estagira (384-322 a.C.), São Tomás de Aquino (1225-1274), Buffon (1707-1788), Lamarck (1744-1829) e Charles Darwin (1809-1882). Para fundamentar epistemologicamente o objeto, utilizamos as obras de Ernst Mayr (1961; 1998; 2005; 2008; 2009); e para discutir a lógica de produção do conhecimento científico, nos baseamos, principalmente, em Kopnin (1978). O *corpus* inicial de revisão de trabalhos acadêmicos (teses e dissertações) constituiu-se de pesquisas cujos descritores foram “formação inicial de professores”, “filosofia da biologia”, “adaptação biológica” e “evolução biológica”. Uma vez que o conhecimento científico é resultado da interação dos seres humanos entre si e o meio ambiente, abstraímos das obras clássicas o que consideramos “particular” para a compreensão do conceito de adaptação, elencando esses elementos em uma narrativa lógica que aponta para a teoria da evolução das espécies como o “universal” que integra os conhecimentos biológicos. Com isso, consideramos o PPC da Licenciatura em Ciências Biológicas da UFG e a partir de uma análise inicial identificamos, na narrativa que baliza o documento, uma perspectiva alinhada à valorização da biologia fundamentada em um arcabouço imbuído de descobertas, contradições, avanços, limitações e retrocessos; cujo ementário, contudo, não reflete essa preocupação. Entendemos que qualquer esforço voltado para a formação de professores de biologia deve levar em consideração os aspectos internalistas e externalistas que, ao longo de um processo histórico, engendraram a Biologia como uma Ciência única.

PALAVRAS-CHAVE: História e Filosofia da Ciência. Formação de professores. Adaptação biológica.

ABSTRACT

The objective of this theoretical research is to reveal which elements of the historicity of the biological adaptation concept can be considered central to the understanding of the theory of the evolution of species in the formation of biology teachers, from the approach of History and Philosophy of Science (HPS); in addition to seeking a dialogue with these elements in the Pedagogical Project of the Degree Course (PDC) in Biological Sciences at the Universidade Federal de Goiás (UFG). Therefore, the focus of the analysis was to search works – original and translations – of philosophers and naturalists who addressed the interaction between the morphology and behavior of living beings with the environment. Among them: Empedocles of Agrigento (495-444 BC), Aristotle of Stagira (384-322 BC), Saint Thomas Aquinas (1225-1274), Buffon (1707-1788), Lamarck (1744-1829) and Charles Darwin (1809-1882). To epistemologically substantiate the subject, we use the works of Ernst Mayr (1961; 1998; 2005; 2008; 2009), and to discuss the logic of construction of scientific thinking we based ourselves, mainly, on Kopnin (1978). The initial review corpus of academic papers (theses and dissertations) consisted papers using as descriptors "initial teacher training", "philosophy of biology", "biological adaptation" and "biological evolution". Since scientific knowledge is the result of human beings' interaction with each other and the environment, we abstract from classical works what we consider “private” to understand the concept of adaptation, listing these elements in a logical narrative that points to the theory of the evolution of species as the “universal” that integrates biological knowledge. With that, we consider the PPC of the Biological Sciences Degree at UFG and from an initial analysis we identified, in the narrative that organizes the document, a perspective aligned to the valorization of biology based on a set of discoveries, contradictions, advances, limitations and setbacks; whose menus, however, does not reflect this concern. We understand that any effort aimed at training biology teachers must consider the internalist and externalist aspects that, throughout a historical process, have engendered Biology as unique Science.

KEY-WORDS: History and Philosophy of Science. teacher training. biological adaptation.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	7
INTRODUÇÃO.....	10
Revisão de literatura	16
Estrutura da dissertação	22
1 DO LEGADO DA FILOSOFIA GREGA À MORTALHA DO CONHECIMENTO.....	24
1.1 Os Jônios e a ousadia do pensar	26
1.2 A origem e adaptação dos animais por meio da organização aleatória de suas partes: o caos de Empédocles (495-444 a.C.)	31
1.3 Aristóteles e uma visão de Natureza	33
1.4 Idade Média: causa e finalidade justificadas	40
2 O ALVORECER DE UMA CIÊNCIA NO SÉCULO DAS LUZES.....	48
2.1 <i>Histoire Naturelle</i> e a queda do Éden.....	54
2.2 Lamarck e a pedra fundamental da Biologia: o embrião de uma teoria	58
2.3 Charles, a Teoria da Evolução e a adaptação biológica justificada pela seleção natural.....	66
2.4 Síntese Moderna: “Nada na Biologia faz sentido exceto à luz da evolução”	78
3 A HISTORICIDADE DO CONCEITO DE ADAPTAÇÃO NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE BIOLOGIA	83
3.1 O conceito de adaptação como reflexo do geral e do essencial no fenômeno evolutivo.....	84
3.2 A formação de professores e um diálogo com o Projeto Pedagógico de Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFG.....	87
CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
REFERÊNCIAS	95

APRESENTAÇÃO

Certa vez, uma tia muito querida contou-me que quando era criança, por volta dos quatro anos de idade, eu gostava de colocar formigas mortas em caixas de fósforos para observar os pequenos animais. Não recordo disso, mesmo assim, ela diz que eu ficava horas fazendo comparações entre cores e tamanhos. Anos mais tarde, caí em um formigueiro de lava-pés e, sendo alérgico a insetos, o resultado foi a internação imediata. Contudo, minha atração pelo mundo vivo, principalmente por insetos, não diminuiu com o tempo, ao contrário, ainda na adolescência já falava em cursar Biologia.

A relação que estabeleci com os invertebrados era algo incomum, e quando ainda cursava o ensino fundamental essa relação era motivo de piadas. Eu via beleza nas cores de borboletas e perfeição na forma das baratas, aranhas e percevejos. O aspecto físico dos artrópodes era tão fascinante, que em jogos de vídeo game sempre escolhia aqueles personagens cuja aparência era um misto de insetos antropomorfizados. Com o passar do tempo passei a observar com mais atenção animais do cotidiano, como peixes e galinhas. Seres vivos distintos, com especificidades tão marcadas, como se fossem feitos para serem exatamente como são.

Por crescer em um lar cristão fui ensinado a recusar qualquer ideia que estivesse em conflito com as verdades bíblicas. Certa vez, no final da adolescência em um culto doméstico na casa de um presbítero, ouvi que deveríamos “ter cuidado com essa tal teoria da evolução, porque ela perverte o cristianismo e nos afasta de Deus”. Neste período, já tendia ao ateísmo por não enxergar nas explicações bíblicas e cristãs elementos suficientes para compreender o mundo natural.

Por influência de um curso técnico em agropecuária integrado ao ensino médio, realizado no Instituto Federal Goiano, e pelo arcabouço teórico e prático lá construído, decidi estudar Agronomia enquanto curso superior. Contudo, não me adaptei à esta área e as oportunidades de trabalho exigiam mudança para outras cidades – o que não era meu objetivo. Depois de refletir bastante e retomar um desejo antigo, acabei me transferindo para a licenciatura em Ciências Biológicas, três anos após ingressar na universidade.

Com o crescimento pessoal proporcionado pelo ensino médio cursado em um instituto federal e a experiência acadêmica adquirida ao longo de três anos estudando engenharia, pude iniciar o novo curso com uma visão madura acerca do ensino superior e, assim, aproveitar com êxito as oportunidades e momentos formativos oferecidos. Ainda no segundo semestre de curso fui aprovado no processo de seleção para o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à

Docência (PIBID) cujo tema era a “História e Filosofia da Ciência”, o que permitiu contato mais íntimo com a realidade da pesquisa em Educação. No contexto do PIBID realizei leituras de trabalhos acadêmicos, discussões coletivas e participei de eventos da área. Também produzi resumos, artigos e outros trabalhos que foram apresentados em congressos, eventos e publicados em revistas científicas¹. Devido a essa experiência acabei me apaixonado também pelo campo da educação. A aproximação com a educação básica através do PIBID foi o elemento determinante que me fez ter a certeza de que, além da docência, deveria trilhar o caminho da pesquisa no campo da educação em ciências e biologia, bem como, me dedicar à formação de professores.

A partir de estudos (relacionados à educação, biologia e história e filosofia da ciência) na relação com minhas experiências individuais fora da academia, surgiram inúmeras inquietações. Por exemplo, qual o lugar da biologia enquanto uma ciência que trata dos fenômenos naturais na vida cotidiana das pessoas? Como os pressupostos teóricos da biologia afetam a subjetividade dos estudantes em relação a crenças, dúvidas e certezas? Pelo fato de a biologia ter um bojo de conhecimentos específicos que a estruturam, passei a estudar de modo independente a teoria da evolução das espécies dada sua importância para esta ciência. É importante salientar que, apesar de diversos trabalhos contrapor evolução e religião como disputa ideológica², este é um debate que não carece de embates. Pois, a própria comunidade científica chancela olhares sobre a evolução a partir de posturas teológicas, como é o caso de Teilhard de Chardin (1881-1955), que foi um padre jesuíta que trouxe valiosas contribuições para o assunto.

Um dos momentos que mais ansiava na graduação era cursar a disciplina de Biologia Evolutiva, na certeza de que poderia somar meu parco conhecimento com o componente curricular em questão. Confesso que fiquei decepcionado após esta experiência. Isso porque apesar de ser uma disciplina importante do curso de ciências biológicas e trazer elementos necessários à compreensão de conceitos específicos, não apresentava questões histórico-

¹GONTIJO, L. S.; MURÇA, J. S. E.; J. RABELO; GUIMARÃES, S. S. M.; GOLDSCHMIDT, A. I. Livro de registro como estratégia no ensino de ecologia: bases históricas no Brasil. **Amazônia (UFPA)**, v. 14, p. 05-17, 2018.

GONTIJO, L. S.; REZENDE, M. E.; DANTAS, M. R.; VIEIRA, I. L. B. F.; GUIMARÃES, S. S. M. Abordagens dos aspectos históricos da genética a partir de um teatro sobre a vida e a obra de Gregor Mendel (1822-1884). **LUDUS SCIENTIAE**, v. 2, p. 62-75, 2018.

REZENDE, M. E.; GONTIJO, L. S.; DANTAS, M. R.; VIEIRA, I. L. B. F.; GUIMARAES, S. S. M. Teatro na Escola: Aproximação dos Conhecimentos Histórico-Filosóficos da Vida e Obra de Gregor Mendel (1822- 1884) e as Bases Estruturantes da Genética. In: Libâneo, J. C.; Limonta Rosa, S. V.; Suanno, M. V. R.; Echalar, A.D.L.F. (Org.). Encontro Estadual de Didática e Práticas de Ensino: **Didática, escola e política: nenhum direito a menos**. 1ed.Goiânia: CEPED / UFG, 2018, v. 1, p. 592-601.

² (JIMÉNEZ, 2017; NETO e FERNANDES, 2014; CHRISTOFFERSEN, 2010; MADEIRA, 2007).

filosóficas que levaram ao desenvolvimento das teorias evolucionistas. As aulas eram constituídas principalmente (ou em maior parte) por um conjunto de definições baseadas em modelos de genética populacional.

Passada a frustração, levei minhas inquietações para as discussões coletivas dos grupos de estudo vinculados ao PIBID, e acabei percebendo que, dentre outras coisas, muitos de meus pares não possuíam uma compreensão clara sobre os pressupostos da teoria da evolução – apesar de considerarem sua importância enquanto teoria basilar da biologia. Nesse contexto, paralelamente à graduação, dei continuidade aos estudos acerca das teorias que fundamentam a biologia. Sugeri ao grupo de estudos do PIBID a leitura do livro *A Origem das Espécies*, de Charles Darwin (1809-1882), uma vez que poucos estudantes têm contato com esta obra na graduação enquanto leitura obrigatória. Com isso, novas questões surgiram: aquela situação era restrita ao meu contexto? É comum ao professor não dominar os principais pressupostos teóricos da ciência a qual está vinculado? Na formação de professores, o futuro docente deve necessariamente aprofundar-se em todos os detalhes de uma ciência ou basta apropriar-se de conceitos básicos? Ou ainda, como saber quais conceitos são básicos? Se for o caso, esses conceitos básicos são suficientes para uma prática docente pautada na democratização do conhecimento científico a partir de uma visão crítica da educação?

Diante disso, o final da graduação culminou com o desejo de continuar pesquisando e estudando sobre todo esse contexto, momento em que decidi ingressar no Programa de pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Goiás. O presente trabalho é fruto dessa história acadêmica/pessoal. Esta dissertação não é mérito individual, pois como disse Newton: “se vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes”. Boa leitura.

INTRODUÇÃO

Sobre a teoria da evolução biológica, os documentos oficiais que norteiam a educação brasileira concordam ao elencá-la como eixo unificador dos conhecimentos biológicos. Na sessão pública do dia 15 de dezembro de 2017 foi aprovado o Parecer CNE/CP nº 15/2017, homologado pelo Conselho Nacional de Educação (CNE), que institui e orienta a implantação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). A despeito das discussões políticas em relação à sua elaboração e implementação, na parte do texto que trata da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, preconiza-se que os estudantes, a partir de uma diversificação de situações-problema, devem ser capazes de aplicar modelos com maior nível de abstração de propostas de intervenção em contextos mais amplos e complexos. Uma vez que no ensino fundamental os educandos se apropriam de explicações científicas envolvendo as temáticas Vida / Evolução e Terra / Universo explorando aspectos referentes tanto aos seres humanos como aos demais animais, no ensino médio:

é possível unificar essas duas temáticas, de modo que os estudantes compreendam de forma mais ampla os processos a elas relacionados. Isso significa considerar a complexidade relativa à origem, evolução e manutenção da Vida, como também às dinâmicas das interações gravitacionais. Implica, ainda, considerar modelos mais abrangentes ao explorar algumas aplicações das reações nucleares, a fim de explicar, por exemplo, processos estelares, datações geológicas e formação da matéria e da vida (BRASIL, 2017, p. 538).

Umas das competências específicas de ciências da natureza e suas tecnologias para o ensino médio diz que ao reconhecer que a natureza é permeada por processos de evolução e transformação, o aluno pode elaborar reflexões que considerem a humanidade e o planeta Terra na história do Universo, apropriando-se do movimento histórico da elaboração e interpretação dos conceitos envolvidos na construção do conhecimento científico, bem como, suas controvérsias. Para isso, “podem ser mobilizados conhecimentos relacionados a: origem da vida; evolução biológica; registro fóssil; origem e extinção de espécies; [...] entre outros” (BRASIL, 2017, p. 542).

Apesar de a BNCC ser o documento oficial mais recente, historicamente a discussão sobre a teoria da evolução no processo de ensino e aprendizagem na educação básica não é nova. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), publicados no final de 1995, embora não sejam obrigatórios, funcionam como direcionadores aos profissionais da educação para que possam adaptá-los às especificidades locais. Para os conhecimentos de biologia o texto defende que a contextualização em que as explicações acerca da diversidade das espécies, assim como seus

pressupostos e limites, permitem a compreensão histórico-filosófica da produção científica. Assim:

Focalizando-se a teoria da evolução, é possível identificar a contribuição de diferentes campos do conhecimento para a sua elaboração, como, por exemplo, a Paleontologia, a Embriologia, a Genética e a Bioquímica. São centrais para a compreensão da teoria os **conceitos de adaptação e seleção natural** como mecanismos da evolução e a dimensão temporal, geológica do processo evolutivo. Para o aprendizado desses conceitos, bastante complicados, é conveniente criarem-se situações em que os alunos sejam solicitados a relacionar mecanismos de alterações no material genético, seleção natural e adaptação, nas explicações sobre o surgimento das diferentes espécies de seres vivos [...] Para o estudo da diversidade de seres vivos, tradicionalmente da Zoologia e da Botânica, é adequado o enfoque evolutivo-ecológico, ou seja, a história geológica da vida (BRASIL, 2000, p. 17, grifo nosso).

Em consonância, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio, publicadas em 2006, admitem que a evolução da vida é um tema central no ensino de biologia. Uma vez que a evolução das espécies é um fenômeno natural envolvendo os organismos na natureza, os conceitos relativos a esse tema não devem compor apenas um bloco de conteúdo, ministrado em aulas pontuais segundo o critério do professor. Mas, na condição de eixo unificador dos conhecimentos biológicos, precisa constituir uma linha que oriente as discussões de todos os outros assuntos. O tema *origem e evolução da vida* abordado de forma interdisciplinar em outros conteúdos não representa a sua diluição, mas a articulação com os demais aspectos teórico-conceituais da biologia, não configurando uma novidade no cenário educacional atual (BRASIL, 2006).

Muitos dos modelos explicativos em biologia requerem a apropriação da teoria evolutiva para sua compreensão. Mas para além do ensino desta teoria, sua importância se dá na formação dos cidadãos, pois diversos fenômenos biológicos dependem do pensamento evolutivo para um entendimento adequado. As propostas oficiais de ensino para níveis escolares diferentes – PCN, Orientações Curriculares e BNCC, por exemplo – refletem essa importância. Contudo, pesquisas (ALAMEIDA; CHAVES, 2014; DIAS; BORTOLOZZI, 2009; GOEDERT et al., 2004; FOUREZ, 2003; CARVALHO; GIL-PEREZ, 2003; CICILLINI, 1993) apontam enfrentamentos na formação inicial ou continuada de professores de ciências/biologia em relação ao conteúdo de evolução. De maneira geral, o assunto é abordado como componente curricular, aparecendo apenas uma vez ao longo dos cursos, de forma que a evolução perde seu caráter unificador dos conhecimentos biológicos, evidenciando a desarticulação entre conteúdos específicos e pedagógicos (SILVA; TEIXEIRA, 2011), ou entre forma e conteúdo.

Existem fatores que afetam a compreensão e o diálogo a respeito das proposições que compõem o sistema de teorias evolutivas. Parte desses fatores recai sobre os próprios

pesquisadores da área ao compartilharem o conhecimento a respeito do tema. Por outro lado, a maneira como os conceitos relacionados aos conhecimentos técnicos, históricos e filosóficos da biologia evolutiva são abordados, na formação inicial de professores, acontece superficialmente. São privilegiadas definições simplificadas em detrimento da complexidade inerente aos conceitos da teoria. Martins (2012) considera que isso acaba gerando, nos professores em formação, dificuldades para a compreensão da lógica do sistema de teorias evolutivas, favorecendo concepções equivocadas – como por exemplo a ideia de progresso que orienta os processos evolutivos ou a influência de uma força imanente que direciona a evolução rumo à perfeição – que passam a ser reproduzidas na prática docente.

Nos cursos de formação de professores, observa-se uma tendência de cada disciplina privilegiar suas próprias questões internas, sem o estabelecimento de uma relação real com as demais, tão pouco sem a preocupação com a realidade em que o professor irá atuar. A esse respeito, Marandino et al. (2009) sugerem que os docentes que formam futuros professores não têm consciência de que a docência no ensino básico é um espaço bem mais complexo do que a simples reprodução de conhecimentos simplificados, e que tal realidade possui caráter transformador e criativo do saber, devendo ser reconhecido.

Nascimento Jr. (2011) defende que as pesquisas em didática de ciências possuem como pressuposto que a postura teórica e prática assumida pelos professores frente à Natureza da Ciência influencia na organização dos processos de ensino e aprendizagem. Por isso, é imprescindível a superação de concepções de ciência: empiristas e a-teóricas, a-problemáticas, a-históricas e acumulativas; linear, exclusivamente analítica, descontextualizada e socialmente neutra, conforme Gil Perez (2001) aponta. Partindo de uma abordagem histórica e filosófica da Ciência, é importante ter consciência que a realidade é historicamente construída, e o conhecimento científico é, portanto, fruto dessa construção (NASCIMENTO JR., 2011).

Diante disso, considerando: 1) as orientações educacionais apresentadas pelos documentos oficiais em relação à inserção da teoria evolutiva enquanto eixo integrador do conhecimento biológico; 2) as dificuldades e limitações dos professores em exercício de ciências/biologia diante de um tema que é complexo, polêmico e denso no sentido conceitual-teórico e; 3) os obstáculos ao longo do processo de ensino-aprendizagem na formação de professores de biologia; entendemos que a HFC pode ser inserida no ensino de conteúdos biológicos para contribuir com o resgate do sentido da Ciência, fazendo relação com a sociedade. Dessa forma, valoriza-se a ideia do conhecimento científico como construção histórica que se desdobra das intencionalidades na relação com a realidade que o cerca, imerso

em um contexto ético, social, histórico, filosófico e tecnológico; característico da atividade científica.

Carvalho e Gil-Perez (2003) apontam que a importância concedida ao conhecimento científico da matéria a ser ensinado é consenso entre os professores de ciências, principalmente em um contexto em que a formação de professores tradicionalmente é reduzida à transmissão de conteúdos específicos. Para os autores, a crítica à supervalorização desses conteúdos acabou gerando uma relativização de sua importância, diminuindo o fato de que conhecer o conteúdo da disciplina implica conhecimentos que vão além do que os cursos universitários abordam.

Ainda para os autores, conhecer cientificamente a matéria a ser ensinada envolve: conhecer a história das Ciências para ter a compreensão dos problemas que originaram sua construção; conhecer os obstáculos epistemológicos e as dificuldades inerentes a esse processo para evitar concepções dogmáticas que enviesam a natureza do trabalho científico; conhecer a visão que os cientistas têm acerca da atividade científica, dos critérios de validação e aceitação de teorias, e das atitudes e práticas que fazem parte do desenvolvimento do conhecimento científico. Finalmente, os aspectos sociais, culturais e econômicos desse conhecimento devem ser considerados em um movimento histórico, culminando na seleção de conteúdos adequados que propiciem uma visão atual da Ciência, sendo acessíveis aos alunos (CARVALHO; GIL-PEREZ, 2003).

Já para Nascimento Jr. (2010), os elementos necessários para compreensão do conhecimento biológico, numa perspectiva histórica e filosófica são apresentados na forma de quatro estatutos estruturantes, resumidos no Quadro 1:

Quadro 1 – Síntese dos Estatutos estruturantes da Biologia propostos por Nascimento Jr. (2010)

ESTATUTO ESTRUTURANTE	PRESSUPOSTOS DOS ESTATUTOS ESTRUTURANTES
Estatuto Ontológico	Traz em si as questões centrais da visão de mundo dessa ciência sobre seu objeto de investigação.
Estatuto Epistemológico	Envolve a questão do “como” em relação à produção do conhecimento científico, ao método científico, ao conceito de teoria científica, ao modelo para as explicações em biologia, e o sentido de Lei na biologia.
Estatuto Histórico-Social	Diz respeito ao contexto histórico no qual o pensamento biológico foi construído.
Estatuto Conceitual	Procura identificar quais são os temas estruturantes que sintetizam as principais áreas da biologia, assim como as teorias responsáveis pelos seus fundamentos (que constituem os elementos centrais da Biologia).

Fonte: elaborado pelo autor a partir de Nascimento Jr., 2010.

É importante ressaltar que a maneira como o autor apresenta os elementos necessários para a compreensão da biologia na forma de estatutos estruturantes é uma das inúmeras possibilidades para esse movimento. Nesse sentido, como referência para compreender as relações a que nos propomos realizar, partimos do Estatuto Conceitual por estar nele contido o conjunto de teorias essenciais que fundamentam e permitem estabelecer as bases do conhecimento dessa ciência. Para o autor, o bojo conceitual-teórico da biologia pode ser entendido a partir de cinco teorias que congregam seus principais conceitos e sistemas explicativos essenciais, sendo elas: a teoria celular, teoria do equilíbrio interno, teoria da herança, teoria dos ecossistemas e teoria da evolução.

Em relação a essa última, Mayr (2008) explica que a primeira ideia generalizada de que o mundo não é estático foi elaborada no século XVIII, a partir da contraposição entre a observação da natureza e a aceitação de uma escala natural que hierarquiza os organismos em uma ordem de perfeição. Contudo, a real substituição de uma visão estática do mundo pelo evolucionismo só ocorreu com a publicação da obra de Charles Darwin (1809-1882), *A Origem das Espécies* em 24 de novembro de 1859. Como afirma Mayr:

Esse evento talvez represente a maior revolução intelectual experimentada pela humanidade. Ele questionou não só a crença na constância (e pouca idade) do mundo, mas também a causa da notável **adaptação** dos organismos e, de forma ainda mais chocante, a posição única do homem no mundo dos seres vivos. Entretanto, Darwin fez bem mais do que postular a evolução (e apresentar evidências convincentes de que ela realmente ocorreu); ele também propôs uma explicação para a evolução que não se apoiava em poderes ou forças sobrenaturais. Explicou a evolução de forma natural, isto é, por meio de fenômenos e processos que qualquer um podia observar todos os dias na natureza. De fato, além da teoria da evolução em si, Darwin propôs quatro teorias a respeito das causas e mecanismos da evolução. Não é de se admirar que *A Origem das Espécies* tenha causado tanto rebuliço; a esse evento se deve a secularização da ciência (MAYR, 2009, p. 29, grifo nosso).

Os processos evolutivos não seguem um curso previsível, ao contrário, os detalhes da evolução estão sujeitos ao ambiente no qual uma população vive e às variantes genéticas que daí decorrem (mediante um processo quase aleatório) nessa população. Em outras palavras, o resultado da diversidade moderna é resultado da bipartição repetida de linhagens a partir de um ancestral comum. Nesse sentido, compreende-se que a teoria da evolução traz em si um arcabouço conceitual complexo que depende da compreensão de diversos fatores que participam de vários processos biológicos. Dentre eles a **adaptação biológica**.

O autor aponta que este é um conceito fundamental para a teoria, por ser um instrumento de compreensão utilizado pela biologia evolutiva moderna para explicar as formas de adaptação encontradas entre os organismos. “Adaptação refere-se à concepção da vida – àquelas

propriedades dos seres que os tornam capazes de sobreviver e de se reproduzirem na natureza” (RIDLEY, 2006, p. 29). O próprio Darwin, em sua obra, utilizou diversos exemplos de adaptação para explicar a teoria por seleção natural; dentre eles o pica-pau, que possui uma série de atributos morfológicos – tais como um bico poderoso, uma língua longa que permite sondar buracos feitos na madeira em busca de insetos, cauda rígida utilizada como suporte, dedos curtos que permitem agarrar-se às árvores – e a camuflagem característica de centenas de espécies.

Apesar da adaptação não ser um conceito isolado, restringindo-se a algumas propriedades dos organismos, ela se aplica a quase qualquer parte do corpo. Por mais que nem toda forma corporal ou comportamento seja uma característica adaptativa, as adaptações são tão comuns que exigem explicações. “Darwin considerou a adaptação como o problema central que qualquer teoria da evolução tinha de resolver” (Ridley, 2006, p. 30); e em sua própria teoria, assim como na biologia evolutiva moderna, essa questão é solucionada pela seleção natural. O empenho do naturalista inglês não consistiu em apenas explicar por que as espécies mudam, mas também o motivo por elas estarem tão bem adaptadas à vida. Isso fica evidente no trecho destacado por Ridley (2006), extraído da autobiografia de Darwin:

Era igualmente evidente que nem a ação das condições ambientais nem a vontade dos organismos poderiam explicar os inúmeros casos nos quais organismos de todo tipo são belamente adaptados a seus hábitos de vida – por exemplo, um pica-pau ou uma rã arborícola, para subirem em árvores, ou uma semente, para dispersão por ganchos ou plumas. Sempre fiquei muito impressionado com essas adaptações, e, até que elas possam ser explicadas, parece quase inútil o empenho em provar, com base em evidências indiretas, que as espécies se modificam (RIDLEY, 2006, p. 34).

O conceito de adaptação biológica, objeto desta pesquisa, é resultado de um movimento histórico ao longo do processo de desenvolvimento do pensamento científico ocidental, estabelecendo-se em uma arena marcada por diversas determinações religiosas, filosóficas, culturais, sociais e metodológicas, das quais a elaboração desse conceito tão importante para a teoria da evolução das espécies – sob uma perspectiva histórico-filosófica – é o que nos interessa investigar.

Para delimitar a análise e entender o que já foi discutido sobre o assunto, buscamos compreender o que as produções científicas dizem sobre a apropriação de conceitos específicos dessa teoria em sua relação com a formação de professores de biologia, mais precisamente sobre o conceito de adaptação biológica. Para saber o que tem sido pesquisado sobre a temática proposta e, assim, delimitar o problema de pesquisa, realizamos uma revisão bibliográfica de dissertações e teses que tratam do assunto.

REVISÃO DE LITERATURA

Utilizando o Banco Digital de Teses e Dissertações (BDTD)³, fizemos um levantamento acerca das produções acadêmicas sobre o conceito de adaptação biológica – como um dos elementos que sustentam a teoria da evolução – na formação inicial de professores de biologia. Os trabalhos deveriam articular a formação inicial de professores de biologia e a apropriação da teoria da evolução e, com isso, desvelar como se dão os processos de compreensão dos elementos fundamentais, como o conceito de adaptação, da teoria que unifica os conhecimentos biológicos.

Para que tivesse mais alcance, a triagem não contou com uma delimitação temporal e foram utilizados cinco descritores: formação inicial de professores, filosofia da biologia, história da biologia, adaptação biológica e evolução biológica. Os títulos das teses e dissertações foram lidos um a um e, quando demonstraram relação com o critério de seleção, o resumo do trabalho foi considerado para melhor avaliação. Uma vez o resumo abordando a temática em estudo, o trabalho foi salvo para leitura integral. Por fim, a leitura integral das teses e dissertações pré-selecionadas permitiu escolher, para uma análise verticalizada, aquelas que se aproximam da discussão do conceito de adaptação biológica como produto do conhecimento científico historicamente construído.

O descritor “formação inicial de professores” resultou em 1.102 trabalhos, dos quais apenas três foram pré-selecionados para a leitura integral. Desses, a dissertação “História da construção do conceito de evolução biológica: possibilidades de uma percepção dinâmica da ciência pelos professores de biologia” foi analisada integralmente por apresentar e discutir um movimento de construção da evolução biológica enquanto conceito da teoria da evolução das espécies. O descritor “filosofia da biologia” resultou em 33 trabalhos sendo que nenhum foi pré-selecionado para leitura integral. O descritor “história da biologia” resultou em 40 trabalhos, dos quais somente um foi pré-selecionado para leitura. Contudo, ao longo do texto ficou claro seu distanciamento em relação à nossa intenção.

O descritor “adaptação biológica” resultou em 33 trabalhos, sendo que foram selecionados para pré-leitura duas dissertações. O trabalho “Obstáculos epistemológicos e pedagógicos em relação à adaptação biológica: conceitos e propostas pedagógicas” foi lido integralmente por trazer contribuições de caráter histórico em relação ao conceito de adaptação. Por fim, o descritor “evolução biológica” resultou em 95 dissertações e teses. Desses, 31

³ <http://bdttd.ibict.br/vufind/>

trabalhos foram pré-selecionados para leitura e apenas a dissertação “História e filosofia da biologia na formação inicial de professores: reflexões sobre o conceito de evolução biológica” foi lida integralmente por discutir a apropriação de conceitos da teoria da evolução no processo de formação de professores. O Quadro 2 sintetiza a relação dos trabalhos encontrados que contribuíram para delimitar nosso problema em estudo.

Quadro 2 – Trabalhos selecionados no BDTD que contribuíram para delimitação do problema de pesquisa

TIPO	ANO	TÍTULO	ORIENTANDO(A)	ORIENTADOR(A)	LOCAL/PROGRAMA
Dissert. (D1)	2004	<i>História da construção do conceito de evolução biológica: possibilidades de uma percepção dinâmica da ciência pelos professores de biologia</i>	Fernanda Aparecida Meglhioratti	Prof. Dr. Jehud Bortolozzi	Bauru-SP/Programa de pós-graduação em Educação para a Ciência
Dissert. (D2)	2010	<i>História e filosofia da biologia na formação inicial de professores: reflexões sobre o conceito de evolução biológica</i>	André Luis Corrêa	Profa. Dra. Ana Maria de Andrade Caldeira	Bauru-SP/Programa de pós-graduação em Educação para a Ciência
Dissert. (D3)	2016	<i>Obstáculos epistemológicos e pedagógicos em relação à adaptação biológica: conceitos e propostas pedagógicas</i>	Paola Sussai Luz Cezare	Profa. Dra. Mariana Aparecida Bologna Soares de Andrade	Londrina-PR/Programa de pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática

Fonte: elaborado pelo autor.

A dissertação "História da construção do conceito de evolução biológica: possibilidades de uma percepção dinâmica da ciência pelos professores de biologia" (MEGLHIORATTI, 2004), busca compreender quais concepções os professores de Biologia em formação inicial e continuada possuem sobre ciência, evolução e história do pensamento evolutivo. Também se propõe, a partir de uma ampla revisão bibliográfica, a apresentar possibilidades para que a

história da ciência possa ser utilizada na construção do conceito de evolução biológica. Apesar do conceito estudado não ser o de adaptação biológica, esse trabalho se aproxima de forma expressiva à nossa intenção, no sentido de proceder um resgate histórico do processo de desenvolvimento do conhecimento científico.

Inicialmente a autora destaca a importância da teoria da evolução como eixo unificador dos conhecimentos biológicos, além de chamar atenção ao modo como os documentos que norteiam a educação no Brasil tratam a teoria da evolução, não como conteúdo, mas como elemento interdisciplinar que se relaciona a outras áreas. Ressalta o modo como a subjetividade do professor interfere no ensino de conteúdos relacionados à evolução das espécies, levando em consideração que a educação é um processo histórico que se dá na vida em sociedade, submetida à cultura e diversas formas de organização social.

Em relação ao ensino básico, a autora aponta as concepções equivocadas dos alunos acerca da compreensão da teoria da evolução e justifica esse fato criticando a compartimentalização do ensino de biologia nesse nível da educação, uma vez que o tema é abordado como conteúdo na última série do ensino médio, e não de forma integrada e interdisciplinar ao longo de toda vida escolar. A crítica faz sentido a partir do pressuposto de que a teoria sintética da evolução atualmente é o que pauta a biologia enquanto ciência. Ainda para a autora:

A teoria evolutiva para ser compreendida em toda sua extensão deve ser vista como um processo, assim, o conhecimento da história do pensamento evolutivo contribui para essa visão geral da biologia e ajuda a entender alguns aspectos do ensino como a restrição do ensino de evolução a Darwin e Lamarck [...] essa restrição ocorre devido a uma simplificação do conhecimento científico, que é abordado separado do contexto social e histórico nos quais estas ideias foram formuladas (MEGLHIORATTI, 2004, p. 23).

Sobre a formação de professores, a autora indica que o fato de as disciplinas pedagógicas estarem desvinculadas das disciplinas específicas não permite o estabelecimento de uma relação entre esses dois corpos de conhecimento. Por isso, chama atenção para uma discussão acerca da Natureza da Ciência (NdC). Para isso elenca autores clássicos sem, necessariamente, abordar a história ou a filosofia da biologia em si, principalmente aspectos ligados à teoria da evolução. Por fim, discute o processo de desenvolvimento do pensamento evolucionista desde a antiguidade a partir dos filósofos pré-socráticos. Apesar de uma rica contribuição para a compreensão do processo histórico de construção das ideias que fundamentam a teoria da evolução, não há o compromisso de se ater a aspectos mais específicos da mesma, tão pouco

desvelar outros elementos - sociais, culturais, religiosos etc. - de cada época, que possam ter contribuído e até direcionado esse movimento.

A dissertação “História e filosofia da biologia na formação inicial de professores: reflexões sobre o conceito de evolução biológica” (CORRÊA, 2010), inicia retomando a importância do conceito de evolução como eixo unificador dos conhecimentos biológicos; além de apontar as dificuldades – já mencionadas anteriormente – que envolvem o tema “evolução” na formação inicial de professores. Nesse trabalho, o autor elencou como ideias centrais da História da Biologia duas importantes correntes de pensamento: o Fixismo e o Evolucionismo; tendo como objetivos apreender as concepções de professores em formação sobre o assunto e, posteriormente, proceder a inserção da História da Biologia a partir de leituras e discussões coletivas. Por não ser o foco da pesquisa, o trabalho não contou com um delineamento verticalizado dos elementos histórico-filosóficos que caracterizam o desenvolvimento da Biologia como uma ciência independente no campo das Ciências Naturais.

Já o trabalho intitulado “Obstáculos epistemológicos e pedagógicos em relação à adaptação biológica: conceitos e propostas pedagógicas” (CEZARE, 2016), é o único que apresenta uma relação mais íntima com o objeto desta dissertação. A pesquisa, baseada na epistemologia de Gaston Bachelard, apresenta um estudo sobre o conceito de Adaptação dos Seres Vivos no formato multipaper, organizado em dois artigos e um capítulo de livro.

No primeiro artigo, “A epistemologia de Bachelard e a construção do conceito de adaptação das espécies”, a autora explica que a escolha do conceito de adaptação não foi arbitrária. Segundo ela, muitos trabalhos apontam diversas concepções para esse conceito, equivocadas ou não, e que, portanto, estudos que valorizem a compreensão correta de conceitos relacionados a evolução são necessários. A autora destaca que:

Popularmente, o termo adaptação remete a uma série de interpretações que destoam da maneira pela qual a adaptação é compreendida no âmbito científico atualmente. Assim, o objetivo geral desse artigo é traçar quais são os obstáculos epistemológicos para a compreensão do conceito de adaptação (CEZARE, 2016, p. 16).

Além disso, ela parte da perspectiva de Bachelard para apresentar aspectos da História e Filosofia da Ciência, procedendo uma análise histórico-epistemológica da construção do conhecimento científico referente à adaptação dos seres vivos. Na tentativa de evidenciar obstáculos epistemológicos, a autora busca em episódios históricos manifestações de construções explicativas para a adaptação; fazendo uma aproximação com a presente investigação, uma vez que nossa intenção também é buscar os elementos fundamentais dos sistemas explicativos em relação ao assunto – que foram construídos ao longo da história. No

segundo texto, “A transição do *habitat* aquático para o terrestre pelos vertebrados sarcopterígio: uma proposta de seleção de conteúdos baseada em conceitos estruturantes”, sobre a formação de professores é posto que:

Dependendo da maneira como os professores trabalham disciplinarmente certos traços adaptativos, alguns obstáculos epistemológicos são suscitados, convertendo-se, em sala de aula, em obstáculos pedagógicos. Os obstáculos pedagógicos são dificuldades enfrentadas pelos estudantes na compreensão de certos conteúdos, um exemplo disso está na percepção das adaptações como características que servem para algo, ou seja, que existem, pois apresentam utilidade para quem as possui. Essa visão utilitarista das adaptações pode atuar como um obstáculo pedagógico no ensino dessa temática (CEZARE, 2016, p. 49).

A autora parte da ideia de conceito estruturante, entendido como aquele que transforma o sistema cognitivo de quem aprende e permite elaborar novos conhecimentos, além de estabelecer uma organização do pensamento que leva à transformação dos conhecimentos prévios. Devido a grande quantidade de conteúdos que podem comprometer a aprendizagem, torna-se importante eleger conceitos estruturantes nas ciências para que o processo de ensino-aprendizagem parta de uma abordagem nuclear. O conceito de adaptação é apresentado como elemento estruturante por permitir a compreensão das mudanças ocorridas nos organismos, bem como seus reflexos nas populações. Além disso, houve o esforço de buscar em Mayr (1961) a relação entre a adaptação enquanto conceito e a Natureza da Ciência.

O trabalho – ao abordar os processos evolutivos que ocorreram em um grupo específico de seres vivos – relaciona a Biologia Funcional com a Biologia Evolutiva, pois assim, traz contribuições para que os estudantes possam ter clareza da dimensão do alcance da Biologia. Nesse caso, são tratadas três dimensões da adaptação, todas voltadas para processos biológicos: as anatômicas e morfológicas, as fisiológicas e as comportamentais. Contudo, o trabalho de Cezare (2016) não assume o compromisso de desvelar o processo de desenvolvimento do conceito de adaptação enquanto produto histórico de elaboração do conhecimento científico.

As dissertações selecionadas para compor o *corpus* desta pesquisa, e que se aproximam de nosso objeto, tratam da teoria da evolução das espécies na relação com seus conceitos fundamentais – dentre eles o de adaptação biológica – bem como o lugar dessa teoria na formação de professores de biologia. O quadro 3 sintetiza o que cada trabalho aborda sobre a teoria da evolução, o conceito de adaptação e a formação de professores.

Quadro 3 – Concepções sobre teoria da evolução, adaptação e formação de professores presentes nos trabalhos selecionado no BDTD

	TEORIA DA EVOLUÇÃO	ADAPTAÇÃO BIOLÓGICA	FORMAÇÃO DE PROFESSORES
D1	A teoria da evolução é o eixo unificador dos conhecimentos biológicos.	O conceito de adaptação biológica não é abordado especificamente, mas o resgate histórico realizado para discutir a evolução das espécies contribui para seu entendimento no processo de elaboração da teoria.	As disciplinas pedagógicas desvinculadas das disciplinas específicas dificultam a relação entre esses tipos de conhecimento, o que gera obstáculos no exercício da docência no ensino básico.
D2	A teoria da evolução é o eixo unificador dos conhecimentos biológicos.	Sob a perspectiva da HFC, o autor discute a inserção dessa abordagem na discussão de duas ideias fundamentais para a elaboração do conceito de adaptação: o fixismo e o evolucionismo.	Além das questões apontadas anteriormente em D1, o autor elenca como limitações na formação de professores a compartimentalização das disciplinas, bem como, o ensino descontextualizado.
D3	Aborda a Biologia Funcional e a Biologia Evolutiva de forma indissociável.	Adaptação como conceito estruturante que permite elaborar novos conhecimentos.	Ao tratar dos aspectos anatômicos, fisiológicos e comportamentais da adaptação, a abordagem desse conceito como elemento estruturante permite clareza da dimensão do alcance da Biologia.

Fonte: elaborado pelo autor.

Uma vez que a compreensão desse conceito é essencial para a apropriação da teoria da evolução das espécies, a presente pesquisa buscou responder a seguinte questão: **quais elementos da historicidade do conceito de adaptação biológica podem ser considerados como centrais para a compreensão da teoria da evolução das espécies na formação de professores de biologia?**

O objetivo geral dessa pesquisa teórica é, portanto, sistematizar a historicidade do conceito de adaptação biológica a fim de problematizar a apropriação desse conceito na formação de professores de biologia, a partir da análise inicial do Projeto Pedagógico de Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás. Para isso, partiu-se dos seguintes objetivos específicos:

- Buscar em obras clássicas e trabalhos de naturalistas, filósofos e cientistas as elaborações que levaram ao desenvolvimento do conceito de adaptação biológica, para desvelar seu papel como elemento estruturante da teoria da evolução das espécies;

- Organizar um percurso lógico-histórico da produção do conhecimento científico que constitui parte do arcabouço teórico-conceitual da Biologia, para subsidiar discussões acerca de aspectos epistemológicos, históricos e filosóficos na formação de professores de biologia;
- Realizar uma análise inicial do Projeto Pedagógico de Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás a fim de contrapor a valorização da História e Filosofia da Ciência face a manutenção de uma abordagem descontextualizada na formação inicial de professores de biologia.

ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O primeiro capítulo foi dividido em duas partes. Iniciamos com a busca de aspectos históricos e filosóficos relacionados ao conhecimento grego, evidenciando o movimento de tornar as explicações para os fenômenos naturais, principalmente relacionados aos seres vivos, independentes das crenças religiosas da época. Discutimos a importância do sistema explicativo de Empédocles de Agrigento (495-435 a.C.) para a compreensão da forma física dos seres vivos, trazendo à tona sua relação com as concepções de Aristóteles (384-322 a.C.). A segunda parte trata da Idade Medieval e apesar de considerarmos esse período como parte do processo de construção do conhecimento científico e reconhecer sua complexidade, nosso foco foi direcionado à compreensão da organização morfológica dos animais. Evidenciamos a importância da filosofia grega, principalmente a influência de Platão e Aristóteles, para a constituição de uma visão de mundo e natureza baseada no cristianismo, destacando os filósofos cristãos Santo Agostinho e São Tomás de Aquino.

O segundo capítulo apresenta o movimento que, ao longo do tempo, transformou a ideia de seres vivos adaptados a seu ambiente em um conceito da teoria da evolução das espécies. Para tanto, elencamos as elaborações de naturalistas para discutir em suas obras os aspectos que guardam relação com o conceito de adaptação. Nosso esforço foi evidenciar como a ideia de adaptação foi modificada até se consolidar como conceito. Inicialmente resgatamos Carolus Linnaeus (1707-1778) para pensar na ideia de progresso em uma escala natural do ser, cuja complexidade da forma física dos seres vivos depende de seu lugar na Criação divina. Em oposição, pontuamos o princípio de um pensamento evolucionista presente na obra de George-Louis Leclerc, o conde de Buffon (1707-1788), que exerceu profunda influência em Jean Baptiste Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck (1744-1829). Por fim, apresentamos parte da trajetória pessoal e acadêmica de Charles Darwin chamando atenção para os aspectos que

contribuíram para que elaborasse seu conjunto de teorias evolucionistas, relacionando com a Síntese Moderna da Evolução – proposta em meados do século XX.

Finalmente, no terceiro capítulo discutimos a lógica de produção do conhecimento científico, valorizando a ciência como produto da intencionalidade humana. Além disso, apresentamos o Projeto Pedagógico de Curso da Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás para abordar elementos da História e Filosofia da Ciência, contrapondo uma perspectiva de formação de professores com a realidade apresentada pelos trabalhos acadêmicos utilizados no delineamento de nossa pesquisa.

CAPÍTULO 1

1 DO LEGADO DA FILOSOFIA GREGA À MORTALHA DO CONHECIMENTO

Durante os mil anos antes da era cristã, a Grécia da antiguidade foi gradativamente ocupada por povos da Ásia Menor, do Oriente e do Norte, que fugiam de guerras e buscavam terras cultiváveis. Muito do que se sabe a respeito da constituição do território grego ao longo daquele período vem dos escritos de Heródoto (485-425 a.C.), um historiador que buscou registrar os principais acontecimentos que moldaram a sociedade até ao seu tempo. Nascido em Halicarnasso, região da atual Turquia, foi filho de uma nobre família que lhe deu boa educação, permitindo que viajasse o mundo depois de estudar com os sábios da época. Visitou o Egito, Líbia, Babilônia, Pérsia, Macedônia e muitos outros impérios. Em suas obras encontramos narrativas acerca das Guerras médicas⁴; também sobre o Egito, desde a geografia até as questões político-religiosas; sobre o ataque da Pérsia ao Egito; sobre a rivalidade entre Atenas e Esparta; sobre a morte de Dario e a subida de Xerxes ao trono Persa; e sobre a destruição de Atenas na Batalha de Salamina, em que a frota grega subjugou o exército do “deus-rei” (REALE; ANTISERI, 1994).

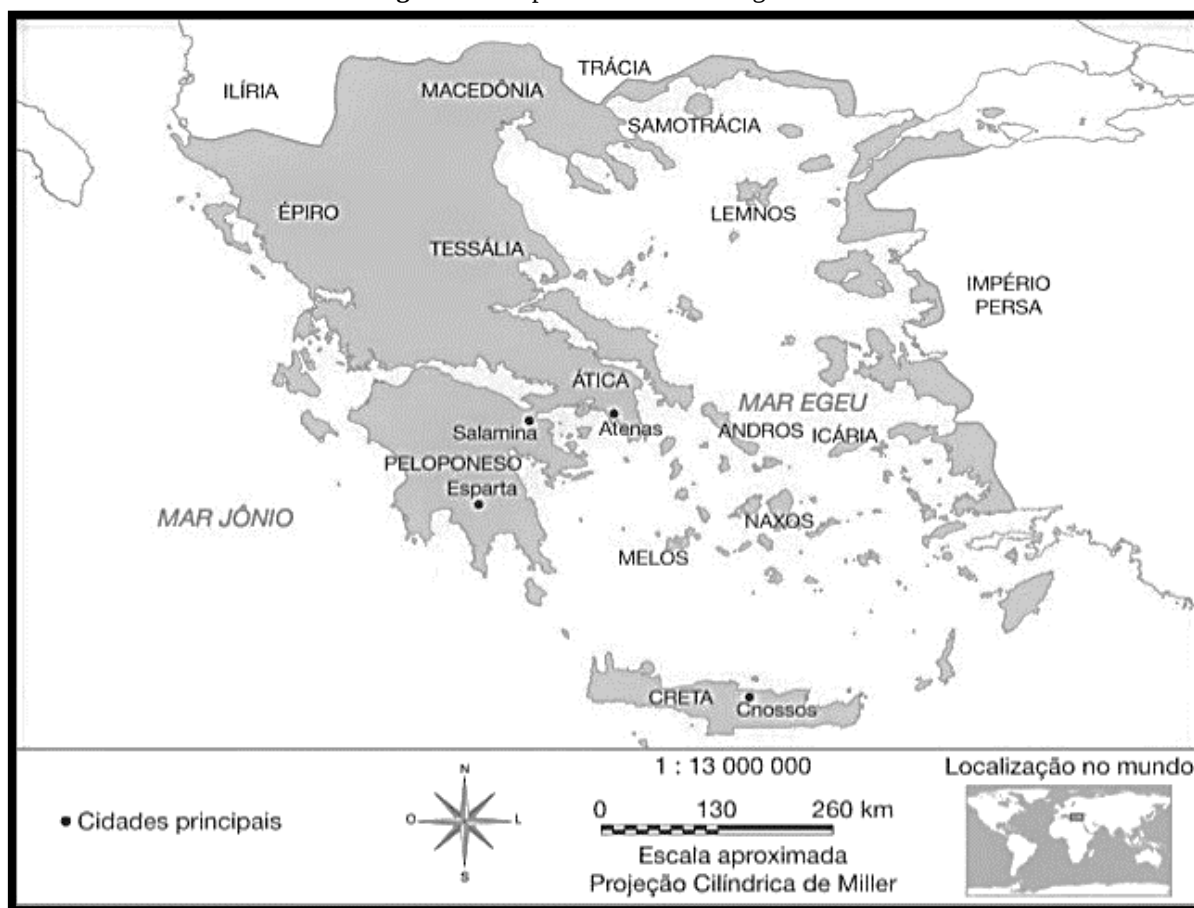
Muito mais acerca dos acontecimentos que compreendem os séculos V, IV e III pode ser encontrado no livro *Heródoto* (1786), de Pierre Henri Larcher (1726-1812) que levou quinze anos para ser publicado, uma vez que seu autor traduziu nada menos que nove tratados do próprio Heródoto (Clio, Euterpe, Tália, Melpômene, Terpsícore, Érato, Polímnia, Urânia, Calíope). Por meio do esforço de Heródoto e de muitos outros homens doutos, temos certa compreensão da consciência acerca do mundo de outrora. Não somente no que diz respeito a história de guerras e joguetes políticos, mas também sobre questões de ordem mais abstrata, como a origem do universo e da vida; também as concepções de mundo e natureza que moviam aqueles antigos pensadores. Se a ciência, em nosso caso particular a biologia, é um produto histórico existente somente entre nossa espécie e compartilhado culturalmente ao longo do tempo (PINTO, 1979), então, justifica-se buscar nas raízes do conhecimento científico ocidental os elementos que fazem parte da construção de aspectos específicos da biologia atual.

A figura 1 apresenta um mapa do território grego da Antiguidade. É importante ressaltar que na presente pesquisa privilegiamos a cultura ocidental por reconhecermos sua influência,

⁴ O reinado de Ciro (550-529 a.C.) marcou o início do Império Persa que, com base numa política de união das tribos persas, conquistou toda a região que atualmente compreende o Oriente Médio, o Irã e a Turquia. Seu filho, Cambises II (529-522 a.C.) continuou a política expansionista, tomando o controle do Egito e da Líbia. Mas foi Dario I (550-487 a.C.) quem começou as chamadas Guerras Médicas, uma campanha investida sobre o território grego entre 490 e 479 a.C. (MOSSE, 2004).

ao longo dos períodos posteriores, no processo de constituição e elaboração do conhecimento científico compartilhado atualmente. No entanto, não se ignora o fato de que em outras regiões do mundo, como na Babilônia, Caldeia e Oriente Próximo, existiam movimentos intelectuais relevantes.

Figura 1 – Mapa da Grécia na Antiguidade



Fonte: Woodard (2008).

Duas tradições do pensamento moldaram o conhecimento científico do período que vai dos pré-socráticos aos pós-aristotélicos. A primeira tradição, chamada de História Natural, é a forma mais básica e simples de obter conhecimento. A necessidade de sobrevivência e o esforço para dominar a natureza, e assim utilizá-la em benefício próprio, gerou também a necessidade de compartilhar as conquistas que vinham a conta gotas. O uso de varas para pesca, lanças para caça, folhas e galhos para construção de abrigos, fundição de metais para confecção de objetos diversos, instrumentos musicais para rituais religiosos; em uma profusão de novas combinações que acabavam levando a novas práticas e resultados, permitia cada vez mais o pensamento abstrato sobre o mundo natural. Para isso, a observação da natureza se tornou indispensável.

Não bastava saber que uma semente colocada na terra e irrigada corretamente germinaria originando uma árvore que frutificaria para alimentar o povo. Ou que em seu devido tempo, a neve e a chuva caíam sobre a terra modificando a paisagem e o comportamentos dos animais. Era preciso explicar quais forças faziam o ovo se transformar em ave, ou quem mantinha a lua e sol em sua dança cósmica, eterna, em volta da Terra (MAYR, 1998).

Mayr (1998) salienta que a História Natural cravou profundas raízes no conhecimento sobre o mundo antigo. Nas obras de Aristóteles, mais precisamente na “História dos animais”, e também nos tratados de botânica de seu discípulo Teofrasto (372-287 a.C.), podemos perceber uma pequena parte de toda essa tradição, herdada por meio da oralidade. É interessante notar como a História Natural buscou nos animais domésticos explicações para os fenômenos naturais. Nesses animais, devido sua proximidade com o ser humano e docilidade, é muito mais fácil observar e descrever situações como nascimento, crescimento e morte; e processos como nutrição, doença e transformação (o embrião de uma galinha dentro do ovo, por exemplo); além de comportamentos sexuais, individuais e sociais/coletivos. As tradições do pensamento não se constituíam como regra para o entendimento da realidade, ao contrário, é comum aspectos de determinada tradição permearem outros sistemas explicativos para coadunar com o que é proposto. E talvez a História Natural tenha sido a tradição que mais influenciou as gerações de filósofos que surgiram no Ocidente (MAYR, 1998).

A segunda tradição do pensamento é chamada de Tradição Filosófica. Os séculos VII, VI, e V antes da era cristã foram palco de um intenso desenvolvimento das relações comerciais e culturais no Oriente Próximo e no Mediterrâneo oriental. À semelhança de Heródoto, havia aqueles que se aventuravam não somente em busca de fatos históricos, mas também para aprender o que existia de mais moderno sobre o entendimento do universo, do mundo e da natureza. Naquele período, os gregos, particularmente os colonos jônios da Ásia Menor, tiveram contato com grandes civilizações, como os egípcios e mesopotâmicos. Com isso, aprenderam sobre a geometria desafiadora das pirâmides, os segredos mais ocultos da anatomia sagrada que eternizavam faraós e os mistérios da vastidão do cosmos por meio da astronomia babilônica. Ficava cada vez mais claro que era possível explicar fenômenos a partir de causas naturais, sem necessariamente recorrer à ação de deuses (SARTON, 1975).

1.1 OS JÔNIOS E A OUSADIA DO PENSAR

A Tradição Filosófica (MAYR, 1998) surgiu na Grécia com os jônios – também chamados de pré-socráticos – e seus seguidores. Eles foram responsáveis por inaugurar uma

postura radicalmente nova em relação aos seus antecessores. Os fenômenos naturais passaram a ser relacionados a causas e origens também naturais, e não à força ou vontade de deuses ou espíritos. No esforço para encontrar um conceito unificador, capaz de explicar fenômenos de ordens diferentes, os jônios propunham uma causa última, ou um elemento – como água, terra, ar, fogo ou algo indefinido – que seria a origem de todas as outras coisas existentes. Devido à familiaridade que esses filósofos tinham com o arcabouço de conhecimento de culturas do Oriente Próximo, muitas daquelas concepções foram adotadas, principalmente as relativas à natureza inanimada. Apesar de suas maiores contribuições estarem relacionadas à fisiologia humana, a real e indiscutível importância da escola jônica é que seus esforços representam o início da ciência: a busca por causas naturais para fenômenos naturais foi uma revolução no pensamento filosófico (MAYR, 1998).

Apesar de não demonstrar interesse pelas coisas relacionadas aos organismos vivos, foi Thales (625-527 a.C.), da cidade de Mileto, quem iniciou as discussões acerca da constituição dos animais ao propor que a água, na condição de elemento natural, é a causa da organização da vida. A motivação para sua explicação vem de questionamentos que já eram amplamente discutidos à época: o que determina a forma dos animais? Uma simples observação bastava para concluir que os bovídeos selvagens tinham membros musculosos para lhes propiciar a fuga de predadores, que por sua vez eram dotados de garras e dentes poderosos – no caso de grandes felinos – que serviam para abater as presas; ou que os peixes (ainda não havia distinção entre peixes e mamíferos aquáticos) possuem uma forma corporal cuja serventia é rasgar a água com facilidade, potencializando o nado (TOULMIN; GOODFIELD, 1965).

A diversidade dos seres vivos, mais perceptível em animais macroscópicos e vários grupos de plantas, materializava-se na diversidade da forma. Animais sem pernas, com duas, quatro e até oito (como as aranhas); animais aquáticos, terrestres, voadores, aquático-terrestres e aquático-voadores; animais glabros (sem revestimento tegumentar), revestidos por poucos ou muitos pelos, penas, escamas ou placas; animais herbívoros, carnívoros, hematófagos, onívoros, que botam ovo, que não botam ovo, que produzem ovo mas esse é chocado e eclodido no interior da fêmea, animais coloridos ou peçonhentos, simpáticos ou estranhos. Talvez esse fosse o maior mistério da natureza que despertava nos pensadores a vontade de encontrar uma explicação. Como exímio meteorologista, astrônomo e geômetra, Thales era antes de tudo um excelente observador. A escolha pela água como elemento fundamental não foi aleatória, uma vez que praticamente todas as formas de vida dependem dela (TOULMIN; GOODFIELD, 1965).

Foi seu discípulo, no entanto, quem trouxe mais contribuições para o entendimento do mundo vivo. Seguindo os passos do mestre pela astronomia e geografia, Anaximandro (610 – 546 a.C.) elaborou uma cosmogonia completa, na qual a interação entre os quatro elementos naturais (água, terra, ar e fogo) desempenhava papel importante na origem e na forma dos organismos. Por associação e comparação com outras formas de vida, ele até conjecturou uma possível origem do ser humano a partir de peixes primitivos, que em seu devido tempo sofreram metamorfoses, tal como ocorre com os insetos:

The first animals were generated in the moisture, and were enclosed within spiny barks. As they grew older, they migrated onto the drier land; and, once their bark was split and shed, they survived for a short time in the new mode of existence. Man to begin with was generated from living things of another kind, since, whereas others can quickly hunt for their own food, men alone require prolonged nursing. If he had been like that in the beginning, he would never have survived... Thus men were formed within these [fish-like creatures] and remained within them like embryos until they had reached maturity. Then at last the creatures burst open, and out of them came men and woman who were already able to fend for themselves⁵ (TOULMIN e GOODFIELD, 1965, p. 36).

Apesar da grande diversidade no mundo natural, a natureza era tida como perfeita. O gato se alimenta do rato, a chuva cai para umedecer a terra a fim de que o camponês a cultive, o macho se relaciona com a fêmea para gerar a prole, as plantas oferecem frutos vistosos e saborosos para que o homem e os animais se alimentem, etc. Essa aparente harmonia levou os filósofos da antiguidade a crerem que todas as coisas possuem seu devido lugar na existência, exercendo funções próprias – determinadas por algo ou alguém que também carecia de explicação. Uma vez que o universo era concebido como fixo, as transformações da matéria eram adequações ao estado imediato de existência da coisa. No caso dos animais, essas transformações eram de caráter ontológico, ou seja, individuais e relegadas ao período de vida do organismo (os músculos dos homens ganham volume e força para se adequarem a uma nova situação que exige mais esforço, por exemplo) sem a possibilidade de transmissão para gerações futuras (HOBUSS, 2014).

Desde muito cedo, no pensamento filosófico, não era estranha a possibilidade dos animais sofrerem transformações devido a causas naturais, como por exemplo, a passagem de um

⁵ Os primeiros animais foram gerados na umidade, e estavam envoltos em cascas espinhentas. Quando cresceram mais, eles migraram para a terra mais seca; e quando a sua casca exterior se fendeu e foi abandonada, eles sobreviveram por algum tempo no novo modo de existência. O homem, para começar, foi gerado de seres vivos de outro tipo, porque, enquanto outros conseguem rapidamente caçar para a sua própria alimentação, o homem por si só necessita de cuidados prolongados. Se ele tivesse sido assim desde o princípio, nunca teria sobrevivido. Por isso, os homens foram formados dentro dessas [criaturas pisciformes] e permaneceram dentro delas como embriões, até chegarem ao estado maduro. Então, finalmente, as criaturas rebentaram, e fora delas vieram os homens e as mulheres, que estavam aptos a se defenderem por si mesmos.

ambiente úmido para um ambiente seco. Ao comparar um recém-nascido de humano com um recém-nascido de antílope, fica evidente que de certa forma os antílopes estão “mais preparados” para sobreviverem em um meio sujeito a predação, pois tão logo nasce um bezerro este fica de pé e acompanha a mãe aonde quer que ela vá. A ideia de adaptação se faz presente ao considerar que a cosmogonia de Anaximandro tenta resolver o “problema” da longa dependência dos recém-nascidos humanos, propondo a transformação de um tipo de organismo (as formas pisciformes) em outro (homens e mulheres maduros). É importante ressaltar, porém, que a preocupação do filósofo, à semelhança de outros tantos, recai sobre a necessidade de explicar as origens dos tipos de seres vivos existentes. Por mais tentador que seja, o trecho de Anaximandro destacado anteriormente não pode ser entendido como uma antecipação da evolução. Mas sim, como a ontogenia das gerações espontâneas. Muitos pré-socráticos admitiam processos de geração espontânea a partir de terra úmida ou limo (HOBUSS, 2014).

No decorrer dos séculos VI e V a.C. o centro do pensamento filosófico concentrou-se no sul da atual Itália e nas colônias gregas da Sicília, onde os filósofos de maior expressão foram Pitágoras (570-495 a.C.), Xenófanes (570-475 a.C.), Parmênides (530-460 a.C.) e Empédocles (495-444 a.C.). Nesse período, surgiram na filosofia duas correntes de pensamento diferentes que concebiam a matéria, e que continuaram a reverberar por muito tempo no Ocidente: a de Heráclito de Éfeso (535-475 a.C.) e Demócrito de Abdera (460-370 a.C.) (SARTON, 1975).

As máximas de que ninguém se banha duas vezes no mesmo rio, pois as águas de quando imergimos são substituídas por novas águas, e que tudo flui e nada permanece; compõem parte do conjunto de ideias que Heráclito legou à posteridade de maneira profusa, recortada e exigente por reflexão. O filósofo elaborou a ideia de que vigora na natureza uma inteligência/razão – *Logos* – que a tudo governa, e que o universo avança em um eterno fluir, com cada coisa sendo e não sendo ao mesmo tempo, ou seja, algo que se aproxima da unidade dos contrários. Nesse sistema explicativo, o fogo é o elemento fundamental de todas as coisas, pois independentemente das sucessivas transformações desencadeadas nos ciclos da matéria pelo eterno *devenir*, o *vir-a-ser* do universo, ele subsiste eternamente permanecendo o mesmo. É assim porque o fogo, do qual tudo procede, também é aquilo que opera constantes transformações nos demais elementos da natureza. Mas, apesar de fluir, o universo é sempre o mesmo, e todo esforço para compreender esse grande mistério levou o efésio à uma reflexão: “Diante de um enigmático par de contrários, que outra solução pode haver senão a unidade?” (SANTOS, 1990, p.7).

Já Demócrito, influenciado pela tradição da escola de Parmênides⁶ (530-460 a.C.), formulou uma doutrina (o Atomismo) que tentava responder um dos problemas fundamentais do pensamento grego: o conflito entre o conceito de “ser” e a compreensão do movimento que confere ao mundo um caráter mutável. Esse sistema explicativo tratava da organização da matéria, defendendo que a essência da mudança é um processo em que algo que “é” deixa de “ser”, passando ao estado de “não ser”. No entanto, o “não ser” não pode ser compreendido pela razão, pois de alguma forma tudo o que é pensável “é” algo. Assim, a ideia de transformação se constitui como um absurdo lógico, assumindo como uma afronta ao entendimento qualquer possibilidade de mudança (REALE e ANTISERI, 1994). Mais uma vez, o caráter fixo do universo é colocado acima da possibilidade de uma realidade passível de mudanças direcionais. No entanto, o fato de haver transformações na natureza não poderia ser ignorado.

Para resolver esse problema, Demócrito esforçou-se em conciliar a possibilidade de mudanças, que são perceptíveis aos sentidos humanos, com a existência de algo permanentemente inalterável. Nesse sentido, a matéria é constituída por infinitos entes invisíveis, incríveis e indestrutíveis – chamados de “átomos” (ἄτομος) – que se movem incessantemente pelo vazio, guardando em si apenas propriedades de forma e tamanho. Nesta visão de organização da matéria, a diversidade que advém da própria matéria é resultado das combinações possíveis entre os diferentes tipos de átomos. Entretanto, tal maneira mecânica de conceber o mundo incorria em outro problema. Para o atomismo, diferentes átomos estavam associados a diferentes materiais – água, terra, ar e/ou fogo – e também à maneira como nossos sentidos percebem as diferentes formas. Então, como explicar a concentração, a princípio aleatória, dos átomos de natureza semelhante em determinados locais que formam um Universo razoavelmente organizado? (PORTO, 2013).

Demócrito escreveu bastante acerca de assuntos biológicos, mas muito de seus trabalhos foram perdidos, mesmo assim, acredita-se que suas concepções foram apropriadas por pensadores das gerações seguintes. Ao que parece, ele foi o primeiro a postular um problema que dividiu os filósofos que tratavam da história natural desde então: a ocorrência dos fenômenos associados aos organismos vivos é resultado puramente do *acaso* ou de uma *necessidade*, devido às características das unidades estruturais da matéria – o átomo?

⁶ A filosofia de Parmênides se afastava, em parte, daquela elaborada pelos filósofos jônicos, cuja preocupação central se direcionava aos estudos da natureza, no sentido do mundo físico. Parmênides aproximava-se na utilização do pensamento especulativo, da razão, mas orientado para um problema mais complexo e abrangente. Entre outros assuntos, tais como o da unidade do ser, o seu poema *Da natureza* destina-se a enfrentar o problema do conhecimento e da verdade” (BORDIN & MELO, p. 5, 2013).

Aparentemente, o pré-socrático admirava o que hoje entendemos por adaptação, defendendo que as propriedades dos átomos era a causa da organização da forma, sendo também o primeiro a colocar tendências imanentes direcionadas a um fim em contraponto com o acaso. Além disso, formulou diversos outros problemas que mais tarde foram resgatados por Aristóteles, que a partir de sua visão de mundo, discutiu a hipótese atomista, abordando suas próprias opiniões (GOMES, 2018).

Dois aspectos são importantes para caracterizar as concepções de origens do mundo para os primeiros filósofos gregos. 1) não existem deidades responsáveis pela criação das coisas, ou seja, a vida, os organismos e o mundo não constituem o resultado da ação de um deus – confrontando as crenças amplamente defendidas no período pré-filosófico – mas sendo a consequência de um poder gerador da natureza; 2) as origens não estavam sujeitas a um plano ou objetivo subjacentes, ao contrário, eram consideradas como resultado do acaso ou de uma necessidade irracional (MAYR, 1998). A maneira para alcançar tais conclusões não é válida para a ciência atual. Esses filósofos, devido suas condições existenciais na relação com os modos de produção da sociedade, acreditavam que podiam chegar a explicações a partir do pensamento concentrado acerca do fenômeno, apenas “filosofando”. Todavia, foi a ousadia de pensar a favor de explicações racionais emancipadas da religião que abriu caminho para o advento científico.

1.2 A ORIGEM E ADAPTAÇÃO DOS ANIMAIS POR MEIO DA ORGANIZAÇÃO ALEATÓRIA DE SUAS PARTES: O CAOS DE EMPÉDOCLES (495-444 A.C.)

Compreender a cosmogonia de Empédocles é fundamental para entender a relação entre a forma dos seres vivos e a formulação de uma concepção acerca das adaptações biológicas. Sabemos pouco sobre sua vida, mas que veio de uma ilustre família de Agrigento, e que além de filósofo, foi físico, astrônomo, médico, legislador e poeta. Ao que parece, seu pai foi uma figura importante na derrota de Tradiseu, o tirano de Agrigento. Mais tarde, o próprio Empédocles lutou, valendo-se de uma excepcional retórica, contra as oligarquias que surgiam para explorar e subjugar os pobres. Inimigo declarado da monarquia, recusou o cargo de governante da cidade quando este lhe foi oferecido pela nobreza de Agrigento. Ganhou a reputação de mago e controlador da natureza, o que não foi estranho tendo em vista que em seus trabalhos uniam misticismo e história natural. Considerado o último filósofo grego a escrever em versos, o pouco de sua obra que resistiu até hoje resume-se a dois poemas, *Purificação* e *Sobre a Natureza*, dos quais – somados a extensos comentários feitos por

Aristóteles e outros filósofos – temos ideia da visão de mundo e natureza do pré-socrático (BORNHEIM, 1998).

Empédocles postulou que o universo é constituído por quatro componentes básicos, denominados por ele de “raízes” – água, terra, ar e fogo – que a tudo formam a partir de combinações em proporções naturais. Por exemplo, os ossos são formados por duas partes de água, quatro partes de fogo e duas partes de terra; e o sangue é constituído por iguais porções das quatro raízes. Essas raízes são imutáveis e existem independentemente de qualquer coisa, não sendo facilmente identificadas por estarem sempre misturadas umas às outras. Para esclarecer como os constituintes básicos, sendo apenas quatro, formam tudo o que existe, Empédocles faz uma analogia: o pintor ao misturar uma pequena quantidade de cores é capaz de criar e representar as mais inimagináveis possibilidades. Mais tarde, ao tratar dos elementos básicos constituintes do universo, propostos por esta visão, Aristóteles os chamam de “elementos naturais” (HOBUSS, 2014).

Graham (2008) ainda explica como, na cosmogonia de Empédocles, surgiu a diversidade de seres vivos existentes no mundo. Para o filósofo, o que une e separa as quatro raízes fundamentais são duas *forças*, o Amor e a Contenda, respectivamente. O Amor reúne elementos em um arranjo harmonioso, trazendo harmonia a todas as coisas dentro de uma Esfera (*Sphaîros*) cósmica. No entanto, a Contenda penetra a Esfera e desfaz a unidade harmoniosa, dissociando os elementos. Da desordem resultante surge o *caos*, em que as diferentes massas de água, terra, ar e fogo originam animais e plantas. Enquanto a Contenda cresce e se desenvolve, surgem da terra “formas naturadas” de organismos que resultam da dissociação dos elementos. Eventualmente podem surgir seres viáveis. No entanto, toda criação daí advinda perece devido à força destrutiva da Contenda. Porém, com o Amor crescente, começam a se formar partes a partir dos elementos dissociados (tecidos, órgãos e até membros isolados). Em seguida, *aleatoriamente* esses membros se juntam para formar combinações.

Dessas combinações, pode resultar aquilo que desde a Antiguidade é chamado de monstruosidade, animais malformados – anencefalia, microcefalia, ausência de membros, membros extra, estruturas vestigiais incomuns, etc. – e incapazes de sobreviver, sendo bois com face humana um dos exemplos descritos por Empédocles. Todavia, quando os membros dispersos no caos se juntam em combinações viáveis, os seres resultantes não são apenas capazes de sobreviverem, mas também de se reproduzirem. Para Empédocles:

[...] quando a Contenda alcança o fundo mais interior do vórtice e o Amor surge no meio do círculo, todas essas coisas convergem para se tornar uma só, não súbito, antes voluntariamente se unindo, oriundas esta daqui, aquela dali. Ao se misturar, fazem

jorrar uma miríade de *raças e feras* (grifo nosso); [...] antes alguns membros permanecem fixos, outros hão sido destacados. Contudo, conforme os deixa para trás, o impulso imortal, irreprochável e bem-intencionado do Amor produz compreensão (EMPÉDOCLES *apud* GRAHAM, 2008, p. 221).

Muitos, equivocadamente, apontam na cosmovisão de Empédocles o prenúncio da evolução dos organismos e até mesmo o princípio de uma seleção natural. Apesar de fazer sentido mediante o conhecimento atual, o sistema explicativo do pré-socrático não apresenta elementos significativos que sustentem uma hipótese evolutiva, além de recorrer à influências sobrenaturais. Mesmo assim, ao propor um caos primordial regido pela dinâmica entre duas forças que moldam os mecanismos de criação, viabilidade e reprodução dos seres vivos, Empédocles faz a compreensão acerca da diversidade (a forma dos organismos segundo seu tipo específico) avançar imensuravelmente. Por não ter fundado uma academia e tão pouco arrebanhado dezenas de discípulos (dos quais só temos conhecimento do sofista e retórico Górgias), suas ideias foram sucumbidas e duramente contestadas. Aristóteles, que possuía uma academia própria frequentada por diversos pensadores de renome, criticou a ideia de origem e sobrevivência pelo acaso, afastando-se muito mais da ciência moderna do que o pré-socrático (MAYR, 1998).

1.3 ARISTÓTELES E UMA VISÃO DE NATUREZA

Na Grécia antiga era comum entre os filósofos explicações que buscavam causas finais para os fenômenos naturais, ou seja, uma abordagem teleológica. Devido seus estudos acerca dos seres vivos, Aristóteles é o filósofo mais importante associado à teleologia. Nas obras “Física”, “Metafísica” e “As partes dos animais”; encontramos o conjunto de explicações dos fenômenos naturais. Para o filósofo existem, apenas quatro causas.

A primeira causa apresentada é chamada de Causa Material, “aquilo a partir do qual” (τὸ ἐξ οὗ) uma coisa provém e que persiste. Como exemplo temos o bronze que é utilizado na produção de uma estátua. O bronze (uma liga formada a partir de metais pré-existentes) existia antes da estátua e, uma vez que a obra esteja pronta, o bronze continua existindo nela. A segunda causa, Causa Formal ou “aquilo que deve ser”, representa a forma (εἶδος = eidos) dos objetos e seus gêneros, como resultado – algo que não existia antes – de um processo de gênese ou transformação. A causa formal deve ser entendida como a síntese de partes que formam um todo (que é algo novo), é uma essência que define ou caracteriza um resultado, e que em muitos casos pode assumir uma forma (εἶδος). “Aquilo que deve ser” é o resultado do processo “daquilo a partir do qual” vem o todo (MARTINS, 2013).

A terceira, Causa Eficiente ou “o princípio do movimento e repouso”, pode ser entendida como o agente responsável pela transformação, seja o início de um processo ou sua interrupção. Aristóteles fala do sêmen, que apesar de não ser o agente, tem em si o princípio que leva ao desenvolvimento – transformação de algo simples em indivíduo adulto – de um organismo, sendo a fonte que origina a mudança; é o que desencadeia o processo vital de um novo animal. A última causa, Causa Final ou “aquilo para cujo benefício”, diz respeito à finalidade, propósito, objetivo, fim (τέλος) de dado fenômeno. Nos estudos dos seres vivos é o tipo de causa que mais prendeu Aristóteles por ser aquela que responde perguntas do tipo “para que isso está sendo feito” ou “para que isso serve?”. Cabe a nós um olhar mais atento a este último tipo de causa – em sua relação com as demais – pois suas respostas indicam “aquilo para cujo benefício” uma coisa existe, que tende a ser o que é *melhor* (MARTINS, 2013).

Das quatro causas, a última difere das demais por trazer em si uma dimensão axiológica, uma vez que se a finalidade das coisas é algo bom, ou melhor do que os meios que a ela conduz, o filósofo atribui um valor. Além disso, Aristóteles elenca duas categorias de coisas sujeitas às causas dos fenômenos. Existem aquelas que estão associadas a uma intenção, um planejamento consciente, o pensamento; que pode ser exemplificada como a construção de uma canoa. O artesão (causa eficiente) coleta a madeira no ambiente (causa material) e constrói a canoa (causa formal) para navegar (causa final). A madeira já existia antes do processo e continua a existir após a transformação, porém sintetizada em algo novo, a canoa, que é fruto do pensamento intencional de alguém, o homem. A segunda categoria, contudo, é aquela que difere Aristóteles de todos os seus predecessores (MARTINS, 2013).

Para o filósofo, existem fenômenos que são independentes da intenção e do pensamento de alguém e que podem ser explicados teleologicamente. As coisas que não são produtos de uma intenção ou pensamento são o resultado do que ele chama de *physis*, ou *natureza*. Para compreender a ideia de adaptação biológica no sistema explicativo aristotélico é necessário, antes, compreender a relação entre as causas dos fenômenos naturais e sua visão de natureza, uma vez que a teleologia do filósofo é melhor sucedida nas explicações sobre os seres vivos, dado que grande parte de suas especulações se baseiam nas investigações desses objetos. As substâncias naturais configuram o paradigma dos organismos (JOHNSON, 2005).

Muitos, antes de Aristóteles, justificaram a finalidade dos fenômenos a partir da aceitação de uma inteligência ou razão superior, que poderia ser entendida como um ente antropomorfizado – como o demiurgo de Platão (429-347 a.C.) descrito em sua obra *Timeu* –

ou algo mais abstrato, como proposto por Anaxágoras⁷ (500-428 a.C.). Contudo, Aristóteles discutiu os exemplos tradicionalmente utilizados para descrever os fenômenos naturais. O filósofo questiona, por exemplo, o motivo – para que – da chuva; ou seja, se ela cai em benefício da plantação ou se existe outra razão, por mera necessidade natural, e como consequência os cereais crescem, mas não *para que* eles cresçam. Pois quando uma chuva destrói uma plantação, ninguém defende que choveu *para que* a plantação fosse destruída. Outro exemplo que Aristóteles discute, e que tem relação direta com a ideia de adaptação, vem de Sócrates: os dentes incisivos são cortantes *para* cortar os alimentos, e os molares são achatados *para* triturar, ou essas e outras partes corporais poderiam surgir sem essa *finalidade*, porém apresentar tal utilidade por coincidência?

Como já descrito anteriormente, Empédocles propôs um sistema explicativo que se aproxima de forma muito incipiente à ideia de seleção natural. Ao assumir que as partes dos organismos surgem em decorrência de duas forças – o amor e a contenda – e que a união dessas partes aleatoriamente em um caos primordial poderia ou não gerar seres viáveis, aptos a sobrevivência e reprodução, o pré-socrático recorre ao acaso para justificar a adaptação dos organismos ao meio. Aristóteles rejeitou a proposta de Empédocles por defender que o mundo não é caótico, pois todos os fenômenos naturais (ou quase todos de que se tinha conhecimento) acontecem segundo uma regularidade. Aquilo que acontece ao acaso ou espontaneamente não possui essa característica (HOBUSS, 2014).

Qual o significado de natureza – *physis* – para Aristóteles? Para o filósofo, existem duas classes de coisas: as que possuem um princípio primário inato, que é fonte de movimento e repouso, e que existe por si mesma. E aquelas que foram transformadas por uma ação externa à coisa, não guardando em si o princípio de movimento e repouso. Para exemplificar essas duas classes, ele compara organismos vivos com objetos feitos pelo homem, intencionalmente a partir de elementos do ambiente (como a cama e a roupa). Portanto, *natureza* é um tipo de dinamismo interno, uma força direcional (MARTINS, 2013).

O melhor exemplo para compreender a ideia de natureza de Aristóteles é dado por ele mesmo em sua obra “Física” (ARISTÓTELES, 2009). O processo que faz com que uma semente chegue à planta adulta é considerado natural porque depende de uma característica que

⁷ “Anaxágoras propôs uma teoria de todas as coisas, o que significa dizer que, assim como os demais pré-socráticos, ele tentou definir a complexidade, a multiplicidade do mundo tal qual se apresenta, não através de meras conjecturas religiosas e míticas, ou ensaiando passos iniciais em uma ciência, assaz preocupada com um método ou uma explicação empiricamente viável. O objetivo de Anaxágoras era explicar todo o cosmos: seu pensamento não se dirigia a uma área específica [...] mas ao pensamento do todo. Do que as coisas são feitas; como as coisas se tornaram o que são; como comportam-se os corpos celestes; como se dá o desenvolvimento de homens, plantas e outros seres vivos; como conhecemos o mundo” (NETO, 2013, p.27).

é inata à própria semente: a semente de uma oliveira não pode dar origem a uma macieira. Contudo, Aristóteles admite que o ambiente pode interferir no processo abortando-o ou interrompendo-o por falta de condições adequadas, como temperatura e umidade. É importante destacar que a natureza enquanto uma força inerente às coisas ditas naturais não leva a uma transformação incessante, ao acaso. Mas os processos naturais de transformação resultam em um fim (*telos*), que é considerado pelo filósofo o melhor daquilo que pode ser: todo animal ou planta possui uma fase adulta, que é o estado “daquilo para cujo benefício” o organismo se desenvolveu. O último estágio da vida de um organismo é sua morte, mas segundo Aristóteles a morte não é sua finalidade, pois não representa o melhor que poderia ser. Estar vivo é melhor que estar morto, assim, a fase adulta do organismo é seu fim, no qual apresenta todas as características positivas. À medida que o ser envelhece, ele perde certas características e, por isso, o fim “para cujo benefício” do organismo é sua fase adulta, e não sua morte (ARISTÓTELES, 2009).

Na cosmogonia de Aristóteles, a transformação dos animais e das plantas é um processo que se dá através de causas internas. Uma planta adulta, completa, origina uma semente que recebe dela sua forma, no entanto, essa forma permanece presente inicialmente apenas como uma potencialidade, a capacidade de vir a ser. O processo de transformação da semente em planta adulta faz com que a forma passe de um estágio potencial para um estado de completude. O fim desse processo é a própria forma, que agora existe em seu estado de completude, ou seja, o resultado do processo ou transformação. Nesse sentido, finalidade e forma acabam coincidindo. Para entender os organismos, Aristóteles parte da compreensão da essência e das finalidades de cada estrutura biológica, para depois analisar os outros tipos de causa. Baseado em dissecações de animais e na observação da vida, hábitos e processos de reprodução, o filósofo descreveu com precisão diversos organismos. Seguem alguns exemplos desses registros que resistiram até os dias de hoje:

Os ossos, por exemplo, que, por natureza, são duros, estão concebidos para preservar os tecidos moles, nos seres que os possuem. Nos que os não o têm, algo de análogo lhes faz a função, como, nos diferentes peixes, as espinhas ou as cartilagens. Entre os animais, há os que apresentam esta proteção no interior; alguns não sanguíneos têm-na no exterior, caso dos crustáceos, todos eles (os caranguejos e as lagostas, por exemplo) e dos testáceos (por exemplo, as chamadas ostras). Em todas estas espécies o elemento análogo à carne está no interior, enquanto aquilo que a mantém e a protege – que é uma parte terrosa – está no exterior. Assim, para assegurar a continuidade destes animais, que a natureza dotou de pouco calor uma vez que se trata de não sanguíneos, a carapaça que os envolve, como uma espécie de fornalha, conserva o calor que neles se gera (ARISTÓTELES, 2010, p. 81).

Assim os quadrúpedes têm as orelhas destacadas e implantadas acima dos olhos, pelo menos à primeira vista. Mas trata-se só de aparência, que se deve ao fato de estes

animais não estarem eretos, mas inclinados. Como estas espécies se movem sobretudo nessa posição, tanto mais útil lhes é que as orelhas se lhes levantem e se movam; assim, com o movimento em todas as direções, melhor captam os ruídos. As aves têm apenas canais auditivos, devido à dureza da pele e ao fato de não terem pelos, mas penas. São, portanto, desprovidas de uma matéria capaz de lhes moldar as orelhas. A mesma explicação se aplica aos quadrúpedes ovíparos que são cobertos de escamas. Entre os vivíparos, também a foca não tem orelhas, dispondo apenas de canais auditivos, por se tratar de um quadrúpede malformado (ARISTÓTELES, 2010, p. 90).

Como, por natureza, o homem se mantém ereto, não tem qualquer necessidade de pernas à frente. Em sua substituição, a natureza dotou-o de braços e mãos. Anaxágoras defende que é por ter mãos que o ser humano é, de todos os animais, o mais inteligente. Mas é mais razoável considerar, pelo contrário, que é por ser o mais inteligente que ele tem mãos. As mãos constituem, de fato, uma ferramenta; e a natureza, como faz um indivíduo inteligente, atribui sempre um órgão a quem melhor o saiba usar. É mais sensato dar flautas a um bom flautista do que ensinar a tocar quem tem flautas. É sempre aquilo que é mais fraco que a natureza associa ao que é grande e forte, e não o que é superior e maior ao que é mais fraco. Se este é um procedimento preferível, e se a natureza, dentro do possível, privilegia a melhor solução, não é por ter mãos que o homem é a criatura mais inteligente, mas o contrário. De fato, o ser mais inteligente é o que é capaz de utilizar bem o maior número de ferramentas; e a mão corresponde não apenas a uma, mas a várias ferramentas. Pode dizer-se que é uma espécie de instrumento multiuso. É, portanto, ao ser que é mais capaz de adquirir o maior número de técnicas que a natureza dotou da mais versátil das ferramentas, a mão (ARISTÓTELES, 2010, p. 176).

Não é possível, mesmo com todo um sistema explicativo tão complexo e descrições detalhadas, admitir que Aristóteles antecipou o que hoje entendemos por adaptação. No entanto, a influência da filosofia grega no estudo da vida e dos organismos, principalmente os trabalhos deste filósofo, foi tão importante que reverberou por quase dois mil anos no meio científico. O conceito atual de adaptação biológica leva em consideração elementos que só foram elaborados a partir do século XIX, que serão descritos posteriormente, além de estar sujeito a outros campos do conhecimento e não somente à zoologia, cujo fundador é Aristóteles. Contudo, além de darem início ao movimento científico, os filósofos gregos também lançaram as bases fundamentais para a ideia de adaptação biológica por meio da busca das causas que determinam a forma dos seres vivos.

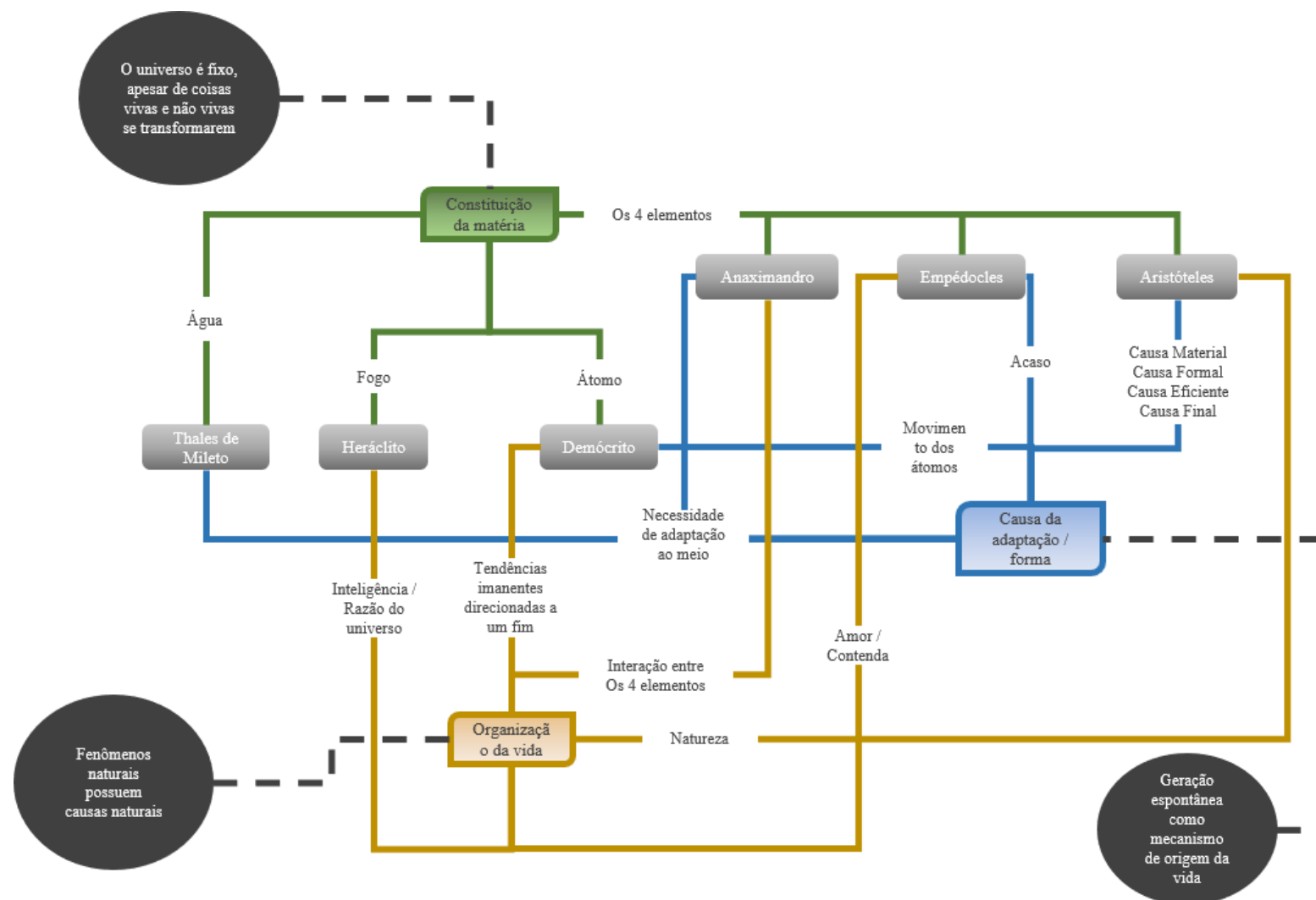
O Quadro 4 resume as concepções dos filósofos da Antiguidade abordados, e a figura 2 representa os elementos de ruptura e permanência em relação a ideia de adaptação em seu pensamento. Os círculos guardam as visões de mundo, natureza e universo comuns à época, ligados cada um a um aspecto explicativo da organização da matéria e da vida, que resulta nas causas da adaptação dos seres vivos. Os quadros cinzas trazem os pensadores elencados para representar o período, sendo que cada linha que os liga a um aspecto de organização guarda um elemento específico de seu sistema explicativo.

Quadro 4 – Síntese do pensamento grego na relação com a adaptação

PENSADORES GREGOS	VISÃO DE MUNDO E NATUREZA ACERCA DOS FENÔMENOS NATURAIS
Jônios e pré-socráticos (séc. XVII a V a. C.)	Os fenômenos naturais possuem causas naturais, ou seja, não existem divindades ou entes sobrenaturais controlando ou direcionando-os. Existe uma causa única para todos os fenômenos, podendo ser elementos inertes (como água, ar, terra e fogo) ou outra coisa, indefinida. Todos os fenômenos e relações do ambiente são perfeitamente harmoniosos e, por isso, tudo tem seu lugar, o que exige explicação sobre quem ou o que mantém esse equilíbrio. O universo é fixo, apesar de objetos vivos e não vivos sofrerem transformações. A geração espontânea é admitida como mecanismo de origem dos seres vivos.
Thales de Mileto (625-546 a. C.)	A partir de observações, define que a água é o elemento que causa e unifica os fenômenos naturais do mundo orgânico. A forma dos seres vivos, passada adiante pela reprodução, foi definida no passado pela ação da água mediante o surgimento de necessidades. A adaptação, neste caso, é encerrada na forma dos seres vivos.
Anaximandro (610-546 a. C.)	A interação entre os quatro elementos (água, terra, ar e fogo) é a causa da organização da vida e desempenha papel importante na origem e na forma dos organismos. Por observação, concluiu que muitos seres vivos não sobreviveriam na natureza por não apresentarem atributos favoráveis em sua forma física. Em dadas condições do meio, muitos não eram adaptados ao ambiente. Conjecturou a possibilidade de transformação de uma espécie em outra, no passado, para suprir necessidades adaptativas imediatas, o que explicaria a diversidade.
Heráclito (500-450 a. C.)	O universo é dotado de inteligência / razão, caracterizando uma intenção direcionadora à um fim. O fogo seria a causa da organização da vida e o elemento unificador dos fenômenos biológicos, permanecendo sempre o mesmo, independente dos ciclos da matéria – o que demonstra o caráter fixo do universo.
Demócrito (460-370 a. C.)	As transformações acontecem na matéria, mas o que constitui a matéria – o átomo – é imutável, mantendo o caráter fixo do universo. A interação entre os átomos, enquanto unidades fundamentais da matéria, é a causa da forma dos seres vivos. A organização da vida é resultado da ação de tendências imanentes direcionadoras, mediante a relação entre o movimento dos átomos.
Empédocles (495-430 a. C.)	O universo, e tudo o que existe, é constituído pelos quatro elementos (água, ar, terra e fogo), que são imutáveis (caráter fixo). Duas forças, o Amor e a Contenda, mantiveram a interação entre os elementos resultando no Caos, de onde surgiram estruturas orgânicas simples ou complexas que, mediante combinações ao acaso, puderam ou não ser viáveis à sobrevivência. Ou seja, a forma dos primeiros organismos foi definida a partir de combinações aleatórias que resultaram em seres aptos à sobrevivência no ambiente. Os que não resultaram em atributos físicos favoráveis às condições de vida, foram eliminados.
Aristóteles (384-322 a. C.)	A diversidade é resultado de quatro causas. Causa Material, que são os quatro elementos naturais e imutáveis: ar, água, terra e fogo; Causa Formal, que é o resultado da síntese das partes, a forma dos organismos; Causa Eficiente, que no caso dos seres vivos é uma força chamada pelo filósofo de Natureza, entendida como um princípio imanente e inato que direciona as transformações; Causa Final – o melhor daquilo que pode ser – a fase adulta. O processo de transformação, que envolve as quatro causas, pode sofrer interferência das condições ambientais, mantendo-o ou abortando-o; contudo é um processo determinado por causas internas.

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 2 – Elementos de permanência e ruptura do pensamento grego na relação com a adaptação

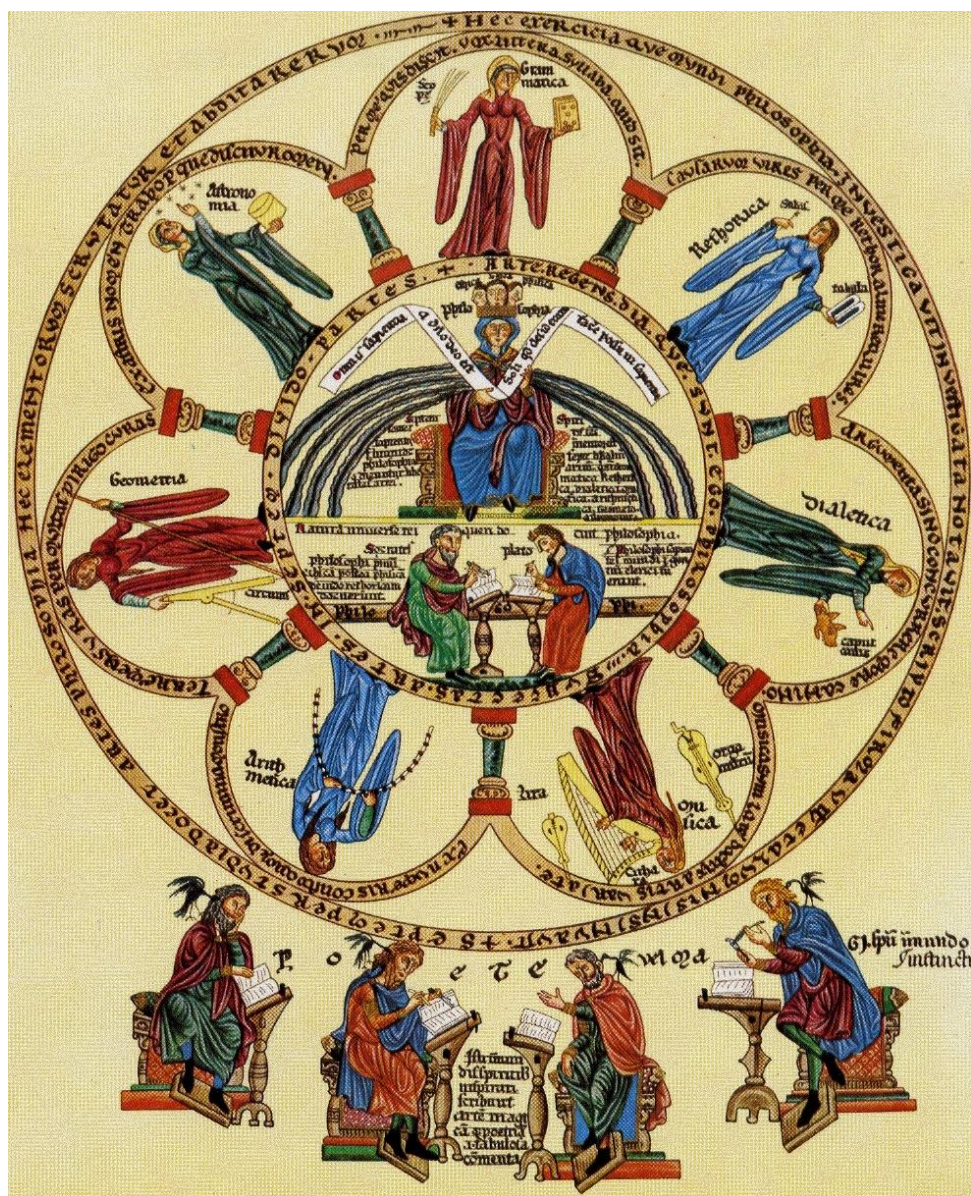


Fonte: elaborado pelo autor.

1.4 IDADE MÉDIA: CAUSA E FINALIDADE JUSTIFICADAS

Nossa discussão se concentrará na maneira como o pensamento filosófico da Idade Média foi estruturado, justificando a diversidade na forma dos seres vivos a partir de uma concepção essencialmente cristã. Apesar de estar sedimentado no imaginário social a imagem da Idade Medieval, também chamada de Idade das Trevas, como um período obscuro e sem avanços científicos, reforçamos o oposto. A pintura “Jardim das Delícias” (Figura 3), produzida pela abadessa Herrada de Hohenburg (1130-1195) no ano de 1180, ilustra os princípios filosóficos deste período.

Figura 3 – Jardim das Delícias – Herrada de Hohenburg (séc. XII)



Fonte: Santos e Costa (2015).

Segundo Santos e Costa (2015), a pintura parte do círculo, que desde Platão representa a divindade perfeita, sendo que ao centro encontra-se a Rainha Filosofia. A seus pés estão Sócrates (469-399 a.C.) e Platão. É importante ressaltar que até o século XII o pensamento ocidental era neoplatônico. A coroa da Filosofia é retratada como três cabeças, representando as três partes do ensino da filosofia platônica: a Ética, a Lógica e a Física. Em suas mãos descansa uma tira de papel cuja inscrição diz que “toda sabedoria vem de Deus; somente os sábios podem fazer o que desejam”. Isso demonstra que a filosofia (manifestada pelos “sábios”) prepondera, mesmo que a serviço da teologia. Sócrates e Platão eram considerados os filósofos precursores do cristianismo, apesar de serem pagãos.

O círculo central é envolto por outro círculo, maior, que congrega as disciplinas necessárias ao estudo da Filosofia. Conhecidas como as Sete Artes Liberais, são elas: a gramática, a dialética e a retórica (formando o que chamavam de *Trivium*); e em seguida a aritmética, a geometria, a música e a astronomia (denominadas de *Quadrivium*). A partir dessas figuras alegóricas percebe-se um sentido que vai do físico ao metafísico para a compreensão do pensamento, cuja Filosofia é seu elemento estruturante. A influência da filosofia helênica não para em Sócrates e Platão, pois já entre os pitagóricos era defendido que o mundo foi criado pela divindade a partir da harmonia e da ordem. Fora do “jardim” encontra-se aquilo que a Filosofia exclui. Os quatro homens representam os poetas e os magos, pessoas cujo pensamento não leva a lugar algum, pois são atormentados por “espíritos maus”, representados na pintura como pássaros negros, em oposição à pomba branca que na Bíblia simboliza o espírito santo de Deus (SANTOS; COSTA, 2015).

Foi Aurelius Augustinus Hipponensis (354-430), canonizado pela Igreja como Santo Agostinho, quem entendia a filosofia como a manifestação do amor à sabedoria, sendo ela a contemplação da verdade. Enquanto investigação da verdade, a filosofia era a busca de uma vida feliz, pois a verdade representava a pessoa de Cristo, que segundo a Bíblia é o caminho para a vida eterna (SANTOS; COSTA, 2015). Nas obras de Santo Agostinho fica clara sua intenção em contrapor o pensamento dos maniqueus⁸ acerca das coisas feias e más, naturais do cosmos. O problema que aqui nos interessa tem a ver com as questões levantadas sobre a forma dos organismos esteticamente feios. Em outras palavras, animais cuja aparência física fugia ao que o homem da Idade Medieval entendia como belo. Santo Agostinho explicou que:

⁸ Seita que partia de um caráter dualista que entendia o corpo humano como um mal, uma vez que foi criado pelos demônios das trevas; e a alma como sendo luz, pertencente ao Criador.

Os maniqueus costumam também levantar esta questão e chegam a dizer: “por que era preciso que Deus criasse tão numerosos animais, seja nas águas, seja na terra, que não são necessários aos homens? E muitos são nocivos e infundem medo”. Ao expressarem assim, não percebem como todas as coisas são belas para o seu Criador e Artífice, o qual se vale de todas as coisas para o governo do universo que ele domina com sua lei suprema (AGOSTINHO, 2005, p. 308).

O tipo de resposta que Santo Agostinho concede às críticas dos maniqueus aponta que a intenção da seita era refutar a cosmogonia descrita no Gênesis bíblico no que se refere aos seis dias da Criação. Além de questionarem a literalidade dos seis dias que Deus levou para criar o universo e tudo o que nele existe, eles também atacavam certas criaturas, que eram desprovidas de atrativos estéticos sob a perspectiva humana. Os maniqueus defendiam a ideia de que os animais precisavam de algum atributo passível de ser explorado pela ação dos homens, caso contrário eram tidos como maus e imorais. Como reação aos argumentos de seus adversários, Agostinho – apesar de reconhecer que a questão era difícil – apresentou uma tese holística para a economia do universo. Afirmava que o pecado original obscureceu a mente humana, impossibilitando a compreensão do motivo pelo qual algumas criaturas existem, mas admitia que todos os seres vivos são belos em seu próprio gênero e que ao contemplar a natureza é possível encontrar essa beleza independentemente de sua utilidade para o ser humano ou para o cosmos (BRANDÃO, 2015).

Pode-se resumir a problemática central fomentada pelos maniqueus, da seguinte forma: para o cristianismo, Deus sendo o único ente dessa natureza, criou o universo e tudo o que nele há. Além de criador, esse Deus também é bom, belo e poderoso, cuja perfeição está acima de qualquer realidade. Contudo, nesse universo criado por um Deus bom, belo e poderoso, existem criaturas feias, nocivas, repugnantes e sem utilidade ao homem⁹. Um questionamento levantado pelos maniqueus é: como explicar a existência dessas criaturas feias/imperfeitas se o mundo foi criado por um Deus bom/perfeito? São apresentadas duas possibilidades para respondê-lo. Ou o Deus que a tudo criou não é belo e perfeito como defendido pelos cristãos, pois sendo onipotente é logicamente poderoso para isso; ou, apesar de bom e belo, não teve poder suficiente para criar um universo esteticamente perfeito e plenamente funcional, não sendo um Deus onipotente. A partir daí, os seguidores de Mani argumentavam que é inconciliável Deus ser perfeito diante da existência de seres vivos feios, maus e imperfeitos, portanto, o Criador não é todo-poderoso (BRANDÃO, 2015).

⁹ A Bíblia cristã traz, no livro de Gênesis, capítulo um, versículo 27: “Então disse Deus: Façamos o homem à nossa imagem, conforme a nossa semelhança. Domine ele sobre os peixes do mar, sobre as aves do céu, sobre os grandes animais de toda a terra e sobre todos os grandes animais que se movem rente ao chão”.

Para Santo Agostinho não existe incoerência em defender um cosmos universalmente belo apenas pelo fato de existir organismos naturalmente feios. Ao contrário, uma vez que Deus criou todas coisas daquilo que o filósofo chama de *ex nihilo*, a criação do material a partir do imaterial, tudo o que foi criado é belo. Sendo Deus a essência do que foi criado, as criaturas guardam diferentes níveis de beleza/perfeição, mas sem nunca se igualarem ao próprio Criador. “Portanto, as criaturas consideradas feias, são assim perspectivadas porque as pessoas ao invés de admirá-las em si mesmas, em suas simetrias ou mesmo harmonias entre as suas diversas partes, as comparam com outras de espécies diferentes com belezas mais elevadas” (BRANDÃO, 2015, p. 62). Nesse sentido, é importante destacar as palavras do próprio filósofo quando esse faz seus comentários ao Gênesis:

Eu confesso que ignoro porque foram criados os ratos e as rãs ou as moscas ou os vermes, mas percebo que todas as coisas são belas no seu gênero, embora, devido a nossos pecados, muitas coisas nos pareçam adversas. Pois, não observo o corpo e os membros de qualquer animal nos quais não perceba medidas, números e ordem que não concorram para a unidade harmônica deles. Não entendo de onde procedem, mas entendo de onde procedem suas medidas, números e ordem que têm seu fundamento na própria sublimidade imutável e eterna de Deus. [...] Mas a respeito dos animais inúteis, quem somos nós para investigarmos? Se não te agradam porque não são úteis, agradem porque não são nocivos; pois, embora não sejam necessários à nossa casa, contudo, com eles se complementa a integridade deste universo que é muito maior que nossa casa. [...] Assim, talvez, obterás frutos mais abundantes ao louvar a Deus na pequenez da formiga, do que ao passar o rio no lombo de um grande animal de carga” (AGOSTINHO, 2005, p. 309).

A visão de mundo de Santo Agostinho deriva em grande parte da cosmogonia do Gênesis bíblico; contudo, é incorporando a filosofia neoplatônica que o filósofo medieval participa do movimento responsável por uma releitura do Deus do velho testamento. Ao trazer características do Demiurgo de Platão, Agostinho altera a imagem de um Deus mau, colérico, autoritário e vingativo, por um Deus amoroso, harmônico, bom e belo. Sem reduzir ou limitar o poder desse Deus, a filosofia da Idade Medieval (subserviente à teologia cristã) explica a diversidade da forma dos seres vivos como parte da vontade do Criador. Mesmo que existam animais que não interferem em nenhum aspecto da vida cotidiana do homem (como peixes abissais, por exemplo), esses animais integram o cosmos universalmente criado por Deus. Em relação aos animais “úteis” aos seres humanos o pensamento cristão atribui uma finalidade determinada no momento da criação. Já em relação aos organismos sem utilidade aparente, não há esforço em justificar suas estruturas corporais, mesmo no que se refere às questões adaptativas. Se os animais existem, independentemente de sua forma física, existem pela vontade de Deus.

O acontecimento mais significativo para a filosofia do século XIII foi o resgate e a lenta difusão do pensamento aristotélico, tanto em relação à física como à metafísica. A novidade que Aristóteles trouxe para o contexto medievo era a possibilidade de explicar o mundo com base na razão, além de uma visão filosófica do homem inteiramente independente das verdades cristãs. Até então, os pensadores da Idade Média defendiam concepções da realidade derivadas de postulados teológicos, baseadas nas Sagradas Escrituras e esclarecidas pela razão. O neoplatonismo e as intuições platônicas constituíam uma filosofia que se alinhava perfeitamente ao cristianismo. A “Física” e a “Metafísica” de Aristóteles, porém, não apenas trouxe à filosofia instrumentos formais autônomos como também concedeu novas perspectivas e conteúdos próprios, que levou o movimento filosófico emergente a se emancipar da teologia. Em resumo, o século XIII é representado pela questão da relação sistemática entre fé e razão, entre filosofia e teologia (REALE; ANTISERI, 1994).

Uma vez que a escolástica recebeu novas traduções do *corpus* de escritos de Aristóteles, a interpretação do mundo natural e, conseqüentemente dos seres vivos, ganhou nova roupagem. A ideia de geração espontânea voltou a se popularizar – pois até então a criação descrita na Bíblia constituía-se como a única origem dos seres vivos – e, apesar de um decreto pontifical promulgado em 1231 (que manteve a proibição de obras gregas ao mesmo tempo que determinou o exame criterioso e crítico das obras aristotélicas), o estudo dos peripatéticos se intensificou por toda Europa (STORER, 2000). Uma figura importante deste período foi Tomás de Aquino (1225-1274). Pertencente à ordem dos dominicanos, o frade católico além de estar em íntimo contato com a universidade de Paris foi também um árduo defensor das ideias de Aristóteles, formando o próprio corpo teológico com base na filosofia grega.

A influência da patrística de Santo Agostinho fica evidente em Tomás de Aquino quando este defende a ideia de Criação Contínua (uma explicação para a geração espontânea), que séculos mais tarde seria defendida pelos naturalistas como Atos Repetidos de Criação. Na obra tomista “Suma Teológica”, Aquino justifica seu modo de pensar ao colocar Deus como causa não apenas da forma dos seres vivos, mas dos seres como um todo, de tal modo que, se por um breve instante se retrair deles, todos os organismos se tornariam o nada. Os naturalistas adeptos ao criacionismo acreditavam que na Criação original, descrita no Gênesis bíblico, Deus criou a forma de todos os seres vivos, mesmo que muitos organismos não viessem a existir naquele momento. Contudo, ao longo do tempo, novos seres vivos passavam a existir mediante atos repetidos de criação – geração espontânea (GILSON, 1985). Diante de premissas como essa, admitia-se como conclusão lógica o fato de que as espécies de seres vivos só poderiam ser fixas

e imutáveis. Nesse contexto, o surgimento de novos seres por geração espontânea não está ligado à forma dos ancestrais.

Foi Tomás de Aquino um dos pensadores que popularizaram a teologia natural, movimento que buscava explicar a natureza e os organismos que nela vivem a partir de uma ótica cristã. No século XIII ainda era ausente uma atitude experimental, de modo que os filósofos medievos buscavam nas escrituras, sagradas ou não, a fonte da verdade, ao invés de observar a própria natureza, como salienta Mayr (1998, p. 114): “quando surgia uma questão como ‘quantos dentes tem um cavalo’, olhava-se em Aristóteles, em vez de olhar para a boca de um cavalo”. Para responder as questões relacionadas à diversidade da forma dos organismos, os filósofos medievos recorriam à geração espontânea, que acontece mediante a vontade de Deus. Aquino destaca:

A ciência de Deus é a causa das coisas. Pois, a sua ciência está para todas as coisas criadas, assim como a ciência do artífice, para as coisas artificiais. Ora, a ciência do artífice é a causa dos artificiais, porque o artífice obra pelo seu intelecto. Ora, é manifesto que Deus, pela sua inteligência, causa as coisas, pois, o seu ser é a sua ciência; donde, é necessário seja esta a causa das coisas, enquanto junta com a vontade. Por isso, a ciência de Deus, enquanto causa das coisas, costuma chamar-se ciência de aprovação (AQUINO, 2001, p. 227).

Assim como fez Santo Agostinho, Tomás de Aquino axiomatiza a ideia de um Deus antropomorfizado ao atribuir-lhe características humanas. Aquino faz uso da razão para justificar o dogma cristão criacionista de um Deus com base na concepção de movimento, tal como defendia Aristóteles. Contudo, o modo tomista de pensar difere da filosofia aristotélica, pois segundo o medieval, Deus é princípio e fim do cosmos, ao mesmo tempo em que também é a causa eficiente do universo criado. Além disso, insere-se na cadeia causal da criação um atributo metafísico baseado na infinita bondade do Criador, que orienta intencionalmente toda a natureza. Essa postura, de certo modo antecipa um olhar, que séculos depois, contribuirá para uma concepção mecanicista da natureza. Santo Tomás de Aquino justifica o caráter dinâmico da natureza assumindo Deus como sua causa eficiente.

Ao final da Idade Média as universidades já desfrutavam de mais liberdade e autonomia quanto à produção de conhecimento. Além disso, crescia o número de pessoas que buscavam compreender a realidade a partir de uma postura baseada na razão, colocando as explicações tradicionalmente de caráter metafísico não mais em um plano superior. Nos séculos seguintes, a Europa experimentou o advento da História Natural, em que aumentavam os chamados “naturalistas”, cujo olhar voltava-se cada vez mais à natureza. Nesse contexto, tiveram aqueles que assumiram como objeto de estudo a origem, diversidade e adaptação das espécies de seres

vivos, mesmo que ainda não utilizassem esses termos. A Revolução Francesa, o Iluminismo e o Renascimento foram movimentos que muito influenciaram na busca pela compreensão do mundo vivo, lançando as bases que levaram ao entendimento da relação entre a forma dos organismos e o fato de estarem ajustados (adaptados) ao meio em que vivem.

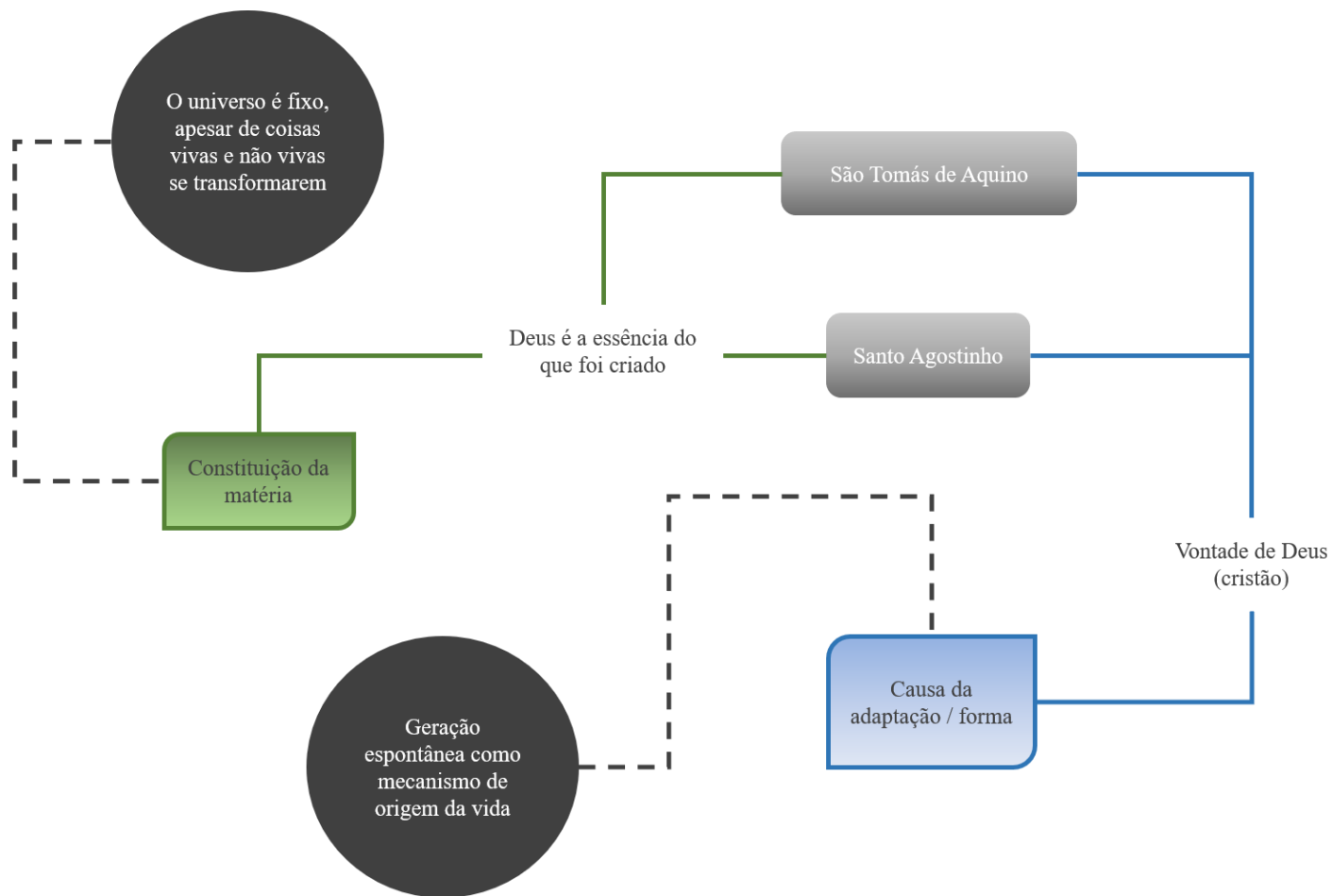
O Quadro 5 resume as concepções dos filósofos da Idade Medieval abordados, e a figura 4 representa os elementos de ruptura e permanência em relação a ideia de adaptação em seu pensamento. Os círculos destacam as visões de mundo e universo amplamente aceitas no período, que por sua vez justificavam a constituição e organização da matéria. Tanto para São Tomás de Aquino como para Santo Agostinho, Deus era a essência de tudo o que existe, hora como causa das coisas, hora como causa e finalidade das coisas.

Quadro 5 – Síntese do pensamento filosófico cristão na relação com a adaptação

PENSADOR MEDIEVO	PAPEL ATRIBUÍDO A DEUS PARA JUSTIFICAR A FORMA E ADAPTAÇÃO DOS SERES VIVOS
Santo Agostinho	Deus é o Criador onipotente bom e belo que a tudo criou. Mesmo assim, existem criaturas nocivas, repugnantes feias e sem utilidade. Para Santo Agostinho, sendo Deus a essência do que foi criado, as criaturas guardam diferentes níveis de beleza/perfeição. Independente da forma/aparência dos seres vivos, eles integram o cosmos universalmente criado por Deus.
São Tomás de Aquino	Defende a ideia de Criação Contínua (um tipo de geração espontânea) e Deus é, ao mesmo tempo, a causa e o fim de todas as coisas, incluindo dos seres vivos. A diversidade existe porque no ato da criação Deus criou organismos que permaneceram em estado de "latência", dotados da possibilidade de vir a existir em algum momento. Uma vez que o fenômeno da geração espontânea ocorre, organismos com novas características surgem, mesmo tendo sido originalmente criados no mesmo instante que todos os demais.

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 4 – Elementos de permanência e ruptura do pensamento medieval na relação com a adaptação



Fonte: elaborado pelo autor.

CAPÍTULO 2

2 O ALVORECER DE UMA CIÊNCIA NO SÉCULO DAS LUZES

Na história da civilização ocidental, a passagem da Idade Medieval para o período chamado de Idade Moderna foi marcada pela ruptura e pelo estabelecimento de paradigmas. Nossa argumentação diz respeito às concepções epistemológicas e filosóficas que ajudam a compreender o movimento que, a partir das explicações acerca das estruturas morfológicas dos seres vivos, levou ao desenvolvimento do conceito de adaptação como parte de teorias evolucionistas contemporâneas.

É importante ressaltar, conforme Damião (2018), que o Renascimento, enquanto movimento de intensa revalorização da cultura da Antiguidade Clássica, não marcou a cisão entre ciência e religião. Ao contrário, ambas caminharam juntas por muito tempo servindo de apoio para desenvolvimento mútuo. Foi a influência pitagórica durante a renascença que despertou em vários autores a vontade de encontrar o “número de Deus”. Copérnico e Newton elaboraram sistemas explicativos complexos em busca da união entre o movimento dos astros e a vontade divina. No mecanicismo, o dedutivismo de Descartes resultava sempre na vontade de Deus interagindo com um mundo mecânico, dado que segundo a crença, o Criador dotara a matéria com um princípio interno de movimento (DAMIÃO, 2018).

A cosmologia aristotélica, herdada em grande parte da filosofia medievista tomista, aliada ao sistema explicativo de Nicolau Copérnico (1473-1543) começaram a ruir progressivamente no período denominado de Revolução Científica. Esse expressivo movimento intelectual adquiriu suas principais características na obra de Galileu (1564-1642), cuja influência juntamente com as ideias de Francis Bacon (1561-1626) e René Descartes (1596-1650), ajudaram a moldar as concepções newtonianas, agora clássicas, do universo concebido como uma máquina. A publicação, em 1687, do “*Philosophie naturalis principia mathematica*”, de Isaac Newton (1643-1727), marcou o fim desse recorte no tempo (REALE, 1990).

Contudo, não foi só a visão de mundo que se transformou nos quase dois séculos entre Copérnico e Newton. Aliada a essa transformação, ocorreu também a lenta, porém decisiva, mudança nas visões de homem, natureza, ciência, cientista, trabalho científico, instituições científicas, e sobre as relações entre ciência, filosofia e religião, como evidencia o Quadro 6:

Quadro 6 – Influência da Revolução Científica na Idade Moderna

ATITUDES QUE MARCARAM A REVOLUÇÃO CIENTÍFICA	CONSEQUÊNCIA PARA A PRODUÇÃO CIENTÍFICA
Copérnico tira a Terra do centro do universo e, com ela, o homem.	A terra não é mais o centro do universo, mas um corpo celeste como os outros: ela, precisamente, não é mais aquele centro do universo criado por Deus em função de um homem concebido como ponto mais alto da criação, em função do qual estaria o universo.
Mudando a imagem do mundo, muda a imagem do homem.	Mudando a imagem do homem, muda também a imagem da ciência. A revolução científica é uma revolução da ideia de saber e de ciência. A ciência não é mais a intuição privilegiada de um indivíduo, mas sim uma investigação e discurso sobre o mundo da natureza. E através do experimento é que os cientistas tendem a obter proposições verdadeiras sobre o mundo.
A revolução científica abriu caminho para as categorias, os métodos, as instituições, os modos de pensar e os valores da ciência moderna.	A ciência moderna resume-se precisamente no método, que por um lado, exige imaginação e criatividade de hipóteses e, por outro lado, o controle público dessas imaginações. Em sua essência, a ciência é pública por questão de método. É a ideia de ciência metodologicamente regulada e publicamente controlável que exige as novas instituições científicas, como as academias, os laboratórios e os contatos internacionais. É com base no método experimental que se funda a autonomia da ciência, que encontra suas verdades independentemente da filosofia e da fé.
Rejeição da cosmologia e filosofia aristotélicas.	A ciência como ela se configura ao fim do longo processo da revolução científica, não está mais voltada para a essência ou substância das coisas e dos fenômenos, mas sim para a qualidade das coisas e dos acontecimentos de modo objetivo e, portanto, sendo comprováveis e quantificáveis publicamente.
A rejeição à Aristóteles não implica na carência de pressupostos filosóficos.	Os envolvidos na revolução científica, de vários modos, também estiveram ligados ao passado, referindo-se, por exemplo, a Arquimedes e Galeno. O tema neoplatônico do Deus que geometriza e que, criando o mundo, cria-o imprimindo nele uma ordem matemática e geométrica que o pesquisador deve procurar, é um tema que atravessa grande parte da revolução científica, como a pesquisa de Copérnico, de Kepler ou de Galileu.

Fonte: elaborado pelo autor com base em Reale, 1990.

O cientista moderno é resultado da Revolução Científica, em que experimento se tornou sinônimo de experiência e, uma vez que surgiram novos instrumentos de medida e técnicas experimentais, estes tornaram-se mais precisos. Apesar de diversos equipamentos já serem conhecidos (como a bússola, compasso, astrolábio, balança etc.), a ciência moderna trouxe um súbito crescimento e desenvolvimento dos instrumentos utilizados pelos cientistas (ROSSI, 1992). Além disso, o século XVII experimentou também um rápido melhoramento nas técnicas aplicadas à pesquisa, como no caso da anatomia.

No mesmo ano em que Nicolau Copérnico publicou a obra que deu início à Revolução Científica, o médico anatomista belga André Vesálio (1514-1564) publicou seu tratado de anatomia humana: *De corporis humani fabrica* (Da organização do corpo humano). O texto contestava e corrigia muitos dos problemas contidos nos tratados médicos de Galeno (130-210 d.C.), ocupando, assim, lugar de destaque na anatomia (ASIMOV, 1964). Mas não foi em Vesálio que ocorreu a maior das rupturas desta ciência no século XVI, e sim com os trabalhos de precisão cirúrgica do britânico William Harvey (1578-1657). Harvey popularizou na medicina o estudo dos sistemas orgânicos de forma individualizada, buscando compreender as particularidades das partes para depois considerar o todo do corpo. Em 1628 publicou seu *Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus* (Estudo Anatômico do Movimento do Coração e do Sangue nos Animais), obra que expunha sua teoria acerca da circulação do sangue. O caráter revolucionário do anatomista deveu-se por três motivos principais: estabeleceu um marco para a fisiologia experimental; avançou na superação da tradição galeneana; e lançou bases mais sólidas do paradigma mecanicista em biologia (REBOLLO, 2002).

No século da revolução científica, Descartes, por exemplo, empenhou-se em responder quais eram os elementos essenciais para explicar o mundo físico. Para ele, o universo é constituído basicamente por matéria e movimento. Diante da multiplicidade dos fenômenos naturais e do caráter dinâmico desse universo, o filósofo defendia que no momento da criação divina, Deus injetou em sua obra uma quantidade de movimento que é constante, porque não cresce e nem diminui. Em outras palavras, o calor, a luz, a força magnética, o crescimento das plantas e dos animais e qualquer função fisiológica, resulta do choque das partículas de matéria sob influência desse movimento original. Nesse contexto, entendia-se que o movimento originário é retilíneo e que dele derivam o princípio da inércia e o princípio da conservação, que passaram a ser os princípios que regem o universo. Na tentativa de unificar a realidade, que é múltipla e variável, à um modelo mecânico facilmente dominável pelo homem, Descartes buscou inspiração na geometria para uma explicação mecânica do universo (BATTISTI, 2010).

John Ray (1627-1705) foi o pioneiro do método indutivo em classificação, contribuindo para a substituição das divisões dicotômicas, além de ter descrito aproximadamente 18 mil novas espécies vegetais. Tournerfort (1656-1708) propôs categorias de classificação mais elevadas que o gênero e fez críticas ao essencialismo predominante nos estudos da natureza desde Aristóteles, buscando características biológicas, como propagação e aparência, para servir de critérios de classificação. Carolus Linnaeus (1707-1778) elaborou e popularizou um sistema de classificação baseado em quatro categorias (classe, ordem, gênero e espécie), cujo esforço tinha como objetivo desvelar o mistério da Grande Cadeia do Ser (MAYR, 1998). Nesse período, ainda era forte a ideia de que a criação divina poderia ser entendida como uma escala rumo à perfeição, em que os “seres” mais simples são aqueles inanimados (rochas e minerais) e os mais complexos seriam anjos e outras criaturas celestiais. Das criaturas terrenas, o homem seria o mais perfeito por ser o único dentre os animais dotados de razão. Linnaeus evidencia a valorização da concepção de “escala” na Grande Cadeia do Ser ao defender que:

If we observe Gods works, it becomes more than sufficiently evident to everybody, that each living being is propagated from an egg and that every egg produces an offspring closely resembling the parent. Hence no new species are produced nowadays [...]. Individuals multiply by generation. Hence at present the number of individuals in each species is greater than it was at first [...]. Zoology, that noblest part of Natural History, is much less worked up than the other two parts. If, however, we take into account either the movement, or the mechanism, or the external and internal senses, or lastly the shape of the animals, which surpasses all the others, it will be clear as the sun to everyone, that the animals are the highest and most perfect works of the Creator (LINNAEUS, 1735, p. 18)¹⁰.

Linnaeus, como fruto de seu tempo, teve influência da ciência traduzida nas obras de Newton, em quem se inspirava para elaborar um sistema de classificação botânica e zoológica tão profundos como o *Philosophie naturalis principia mathematicaque* (Princípios Matemáticos da Filosofia Natural). De Descartes, o naturalista adotou o método científico para fundamentar os argumentos biomecânicos que estruturavam sua tese defendida em 1735. De John Ray e Robert Boyle (1627-1691) adotou a concepção de que a natureza se autorregula e que tudo tem uso e potencial de ser reciclado. Roma chegou a proibir a obra de Linnaeus ao

¹⁰ Se observarmos as obras de Deus, torna-se mais do que suficientemente evidente para todos, que cada ser vivo é formado a partir de um ovo e que todo ovo produz uma prole semelhante ao genitor. Portanto, não há novas espécies sendo produzidas atualmente [...]. Os indivíduos multiplicam-se por geração. Consequentemente, atualmente o número de indivíduos de cada espécie é maior do que no princípio [...] A zoologia, a parte mais nobre da História Natural, é muito menos trabalhada que as outras duas partes [mineralogia e botânica]. Se, no entanto, levarmos em conta o movimento ou mecanismo, ou os sentidos externos e internos, ou, finalmente, a forma dos animais, que supera todos os outros, ficará claro para todos como o sol, que os animais são as obras mais altas e perfeitas do Criador.

considerá-la herética, impedindo, assim, sua distribuição e popularização em 1758 (STOEVER, 1794)¹¹.

Klepka e Corazza (2018) afirmam que, ao adotar um sistema natural de classificação que desvele relações, Lineu não estaria apenas levando em consideração algum grau de parentesco, mas também observando que “misturas” advindas de antepassados alteravam de alguma forma as espécies conhecidas. No entanto, devido sua visão de mundo fixista pautada na fé protestante; a necessidade da época de desenvolvimento de sistemas de saneamento eficientes; e da vontade de tornar a Suécia um país economicamente forte com base na agricultura e mineração, Linnaeus ignorava as variedades de plantas cultivadas que surgiam aleatoriamente e não as considerava como objeto de estudo e classificação. Porém, reconhecia que tais variedades demonstravam características úteis ao cultivo e, conseqüentemente, ao ser humano.

Não foi apenas o estudo direto da natureza que intensificou também os estudos sobre animais e plantas nos séculos XVI, XVII e XVIII. Esse interesse aumentou, principalmente, pelo acúmulo de espécies coletadas durante as grandes navegações rumo ao Oriente e às américas. As grandes expedições naturalistas permitiram o contato com novas espécies de organismos vivos completamente distintos dos que existiam na Europa do século XVIII, além de estimular o desenvolvimento de novos aparelhos e técnicas de estudo. A perspectiva aristotélica de compreensão da natureza baseada na pura observação e contemplação deu lugar ao método empírico chancelado pela Revolução Científica. A botânica especulativa da tradição grega foi substituída pelo trabalho de investigação, cuja influência de Descartes, Bacon e Newton concederam à ciência rigor matemático no estudo de fenômenos naturais (PRESTES et al., 2009).

O estudo da natureza tornou-se sinônimo de recolher objetos para nomeá-los e exibi-los, pois além de valor comercial, às coleções de História Natural também era atribuído valor econômico-social. Os viajantes, que traziam aos museus a fauna e flora coletados ao redor do mundo, eram vistos como especialistas em determinados assuntos, tendo seu status promovido na sociedade científica. Era o início da distinção entre o homem comum e o cientista. Mayr (1998) destaca que após o mundo ocidental passar a buscar leis gerais tais como a do movimento na física, a busca incessante por meio da classificação da diversidade também cresceu. Os naturalistas desejavam encontrar leis gerais também no mundo orgânico. Isso explica por que, entre os séculos XVII e XIX, o empenho quase obsessivo dos pesquisadores resultou em descobertas de “leis” diferentes daquelas que serviam a uma natureza mecânica; como por

¹¹ Dietrich Heinrich Stoeve foi um dos primeiros biógrafos de Lineu, consultando inclusive amigos e alunos vivos do naturalista sueco.

exemplo as leis da hereditariedade e ancestralidade, que trouxeram novas perspectivas para a classificação e para o estudo dos seres vivos.

Desde o início dos anos 1700, inúmeros naturalistas e filósofos naturais publicaram obras que exaltavam as maravilhas da criação de Deus segundo uma concepção mecanicista. Nehemiah Grew (1641-1712), a partir de seus trabalhos em fisiologia vegetal, publicou o célebre “A cosmologia assustadora” em 1701; o próprio John Ray também produziu um livro cujo objetivo foi demonstrar a sabedoria do Criador manifestada na natureza, sob o título “A sabedoria de Deus manifestada na obra da criação” (publicado em 1704); George Cheney (1671-1743) elaborou o “Princípios filosóficos da religião natural e revelada”, de 1705 (HANKINS, 1985). Essas obras demonstrariam o conhecimento e o poder do Criador a partir de sua criação, excluindo a necessidade da Bíblia para provar Sua existência. Mesmo assim, o filósofo natural pautado no mecanicismo e nas leis do movimento e arranjo de partes da matéria, via-se diante de uma problemática: as causas do movimento e das mudanças observadas nas coisas vivas estavam sujeitas a um poder externo, interno ou nenhum poder?

É nessa fase que começou a surgir na história natural um método próprio – contrapondo-se à física que estabelecia relações exatas entre os fenômenos observados e suas medidas descritivas – conservando a forma própria e específica do organismo, a fim de expor toda sua diversidade. O foco do novo método já não era mais nas leis matemáticas e generalizações, mas sim nos processos fisiológicos em que o organismo era algo dotado de uma história, perpetuada por um mecanismo de reprodução ainda desconhecido. Nesse contexto, o indivíduo tornou-se mais importante que o gênero, e a compreensão do mecanismo deixou de ser considerada o único princípio suficiente para toda explicação (LOPES, 2005).

Este foi o ponto crítico que fez a história natural romper com o mecanicismo. Animais e plantas agora não poderiam mais ser reduzidos à concepção mecânica da natureza, pois a vida parecia ser a única característica universal entre os seres vivos. Além disso, diferente das máquinas, os organismos vivos produzem descendentes de forma natural, fato que os distanciam imensuravelmente das coisas inanimadas. Se para Aristóteles era a nutrição a característica geral que define os seres vivos, no século XVIII essa característica passou a ser a reprodução, demarcando o momento epistemológico em que a filosofia mecanicista deixou de ser suficiente para explicar a natureza, ainda assim não sendo completamente excluída do pensamento biológico que nascia. A matéria viva agora era concebida como dotada de um poder de criação e interpretada como possuidora de dinamismo e memória.

2.1 HISTOIRE NATURELLE E A QUEDA DO ÉDEN

Nascido em Montbard, na França, George Louis de Leclerc, o Conde de Buffon (1707-1788) – considerado o maior naturalista do século XVIII –, passou a morar em Paris em 1723, a fim de se dedicar aos estudos em ciências. No ano seguinte, com vinte e seis anos de idade, já fazia parte da alta classe francesa, sendo reconhecido como um sábio e conquistando prestígio (PAPAVERO et al., 1997). Em 1739, Buffon foi nomeado para o departamento de Botânica da Academia Francesa e, poucos dias depois, o intendente do *Jardin du Roy* faleceu. Com isso, mediante a ajuda de amigos influentes, foi nomeado como o novo intendente do *Jardin*, cargo que possibilitava inúmeras oportunidades. Devido aos seus trabalhos de grande relevância para a comunidade científica, sua proximidade com a corte de Versalhes e sua atuação política, recebeu, em 1773, o título de Conde de Buffon. George Louis foi considerado o naturalista do século devido sua obra de maior peso: a *Histoire Naturelle* (História Natural), cujos três primeiros volumes foram publicados em 1749 (PAPAVERO et al., 1997).

Até então, predominava-se uma visão cristã sobre a origem e a distribuição das espécies, sendo o Jardim do Éden o primeiro ponto de dispersão. O fim do Dilúvio bíblico seria o evento que marca a segunda grande dispersão dos seres vivos, quando os casais de animais sobreviventes deixaram a arca para seguir a outras regiões, ao mesmo tempo em que os filhos de Noé, juntamente com suas esposas, deslocaram-se para territórios distantes do monte Ararat (onde supostamente a arca permaneceu após o dilúvio), para fundarem suas próprias cidades. O episódio da Torre de Babel, descrito no capítulo onze de Gênesis, narra a terceira grande dispersão dos seres humanos, depois que, ao confundir a língua dos homens, Deus os espalhou pela Terra (GILLUNG, 2011). Essa visão bíblica foi por muito tempo suficiente para explicar a multiplicidade de seres vivos e sua distribuição.

Dada a diversidade que se mostrava cada vez mais complexa, as explicações tradicionalmente cristãs se tornavam mais frágeis, e novos problemas e questões surgiam, como por exemplo: por que tantas espécies do Novo Mundo diferiam tanto das do continente europeu? Algumas delas, como os marsupiais, não guardavam relação de semelhança alguma com os animais da Europa. Até mesmo as espécies que habitavam o mar, podendo elas supostamente nadar livremente entre um continente e outro, eram muito diferentes. A fim de forçar explicações com base nas doutrinas bíblicas, como o dilúvio universal, diversos filósofos e naturalistas criaram justificativas para validar o ato divino.

Foi Isaac de La Pyrère (1594-1676) quem enfrentou a égide dos dogmas cristãos sobre as explicações acerca da dispersão dos animais. O francês duvidava que os seres vivos pudessem

se deslocar por distâncias tão grandes e questionava a universalidade do dilúvio. Defendeu que a grande enchente foi um evento restrito apenas ao Oriente Médio; que apenas os judeus descendiam de Adão; que antes de Adão existiram muitas nações, como os chineses e até povos americanos; e que essas nações não foram acometidas pelo dilúvio (PAPAVERO; PUJOL-LUZ, 1997).

Papavero e Pujol-Luz (1997) ainda explicam que, nessa perspectiva, Deus criou as espécies de seres vivos de modo separado e simultaneamente em suas próprias regiões. O Éden não era o único centro de origem e a arca de Noé era dispensável, tendo em vista que o dilúvio foi um evento local. Um feito importante de Pyrère foi ter aberto portas para novas hipóteses, tanto para explicar a origem e distribuição das espécies como para refletir sobre a diversidade da natureza. Trinta e um anos após a morte de La Pyrère nasceria outro francês, que daria continuidade à discussão, elaborando uma teoria da degenerescência dos seres vivos.

Buffon, ao propor sua teoria da degeneração baseada em argumentos e conjecturas robustos, inaugurou um novo paradigma acerca da compreensão da origem e distribuição das espécies. Contudo, apesar de admitir pequenas transformações graduais ao longo das gerações a partir de um ancestral comum, seu sistema explicativo não pode ser considerado como uma teoria evolucionista, ou mesmo transformista. Seu objetivo foi desenvolver um sistema de classificação natural com base nos princípios de continuidade e afinidade entre os seres vivos, diferente do método lineano de classificação, caracterizado pela descontinuidade.

Na concepção do naturalista, Deus criou os seres vivos com base em um arquétipo original, estabelecendo os primeiros organismos dos quais todos os outros derivaram ao longo do tempo. Nesse contexto, a Grande Escala do Ser não se configurava como um processo de aperfeiçoamento ou progressão, pelo contrário, as mudanças ocorridas continuamente nos animais e plantas apontavam para uma degeneração, tanto das espécies como do ambiente. E o Novo Mundo, mediante sua fauna e flora nunca vistos pelos europeus, além de sustentar essa tese também suscitou reflexões que mais tarde estruturaram um novo ramo na ciência da natureza, a Biogeografia. Foi no *Dégénération des animaux* (Degeneração dos Animais) que Buffon apresentou, ao tratar da fauna americana, a ideia de que no passado o continente sul americano poderia estar conectado ao continente africano, formando uma única super massa de terra. Além disso, sugeriu, pela primeira vez em um tratado científico, a possibilidade de o homem sofrer do mesmo processo de degeneração que acontecia na natureza, transformando-se ao longo de gerações:

Dès que l'homme a commencé à changer de ciel et qu'il s'est répandu de climats em climats, sa nature a subi des altérations; elles ont été légères dans le contrées

tempérées, que nous supposons voisines du lieu de son origine; mais elles ont augmenté à mesure qu'il s'en est éloigné, et, lorsqu'après des siècles écoulés, des continents traversés et des générations déjà dégénérées par l'influence des différents terres, il a voulu s'habituer dans les climats extrêmes et peupler le sables du midi et les glaces du nord, les changements sont devenus si grand et si sensibles qu'il y aurait lieu de croire que le nègre, le lapon et le blanc forment des espèces différentes, si d'un côté on n'était assuré qu'il y a qu'un seul homme de créé, et de l'autre que ce blanc, ce lapon et ce nègre, si dissemblants entre eux, peuvent cependant s'unir ensemble et propager en commun la grande et unique famille de notre genre humain (BUFFON, 2011, p. 127).¹²

No processo de elaboração da ideia de degeneração, Buffon desenvolveu dois conceitos que foram fundamentais para estruturá-la: o molde interior e as moléculas orgânicas. Nesse movimento, ainda que não tivesse consciência, o naturalista elaborou toda uma teoria da biologia dos seres vivos.

O molde interior pode ser entendido como uma estrutura interna, onde é guardada a “memória” que organiza a matéria para formar os filhos semelhantes aos pais. Essa ideia representa, de certa forma, uma epigênese, pois parte de determinado grau de organização da matéria e não somente do crescimento de uma estrutura pré-formada. Contudo, a ideia de molde também se aproxima de um tipo de pré-formação, uma vez que essa memória é conservada nos pais pela continuidade do molde da organização já existente anteriormente (CAPONI, 2010).

Buffon (2011) explica que o surgimento das moléculas orgânicas está relacionado ao esfriamento da Terra, formando-se quando o planeta atingiu determinada temperatura. Os seres vivos foram organizados por meio da reunião dessas moléculas, sendo os primeiros organismos os protótipos originais dos quais todas as outras espécies e gêneros viriam a se formar ao longo das gerações, por degeneração. No tomo V de sua *Histoire Naturelle*, o naturalista rechaçou qualquer possibilidade de causas finais associadas a algum teleologismo na composição dos seres. Antes, assumiu que as moléculas orgânicas surgiram de forma natural e espontânea na Terra, mediante condições de temperatura adequada, como descreveu no *Les époques de la nature* (A Eras da Natureza). Alsina Calvés (2012) enfatiza que Buffon faz uso da física newtoniana assumindo a gravidade como a força que mantém a relação entre as moléculas orgânicas e o molde interior, constituindo, assim, a ontologia sobre a qual o naturalista elaborou sua teoria da degeneração.

¹² Desde que o homem começou a mudar de céus, e se espalhou de clima em clima, sua natureza sofreu alterações: são leves nas regiões temperadas, que supomos serem próximas de seu lugar de origem; mas aumentaram à medida que ele se afastou dela; e, após séculos decorridos, continentes cruzados, e gerações já degeneradas pela influência de diferentes terras, e por ele querer se habituar aos climas extremos e povoar as areias do Meridiano e os gelos do Norte, as mudanças se tornaram tão grandes e tão sensíveis que se poderia crer que o negro, o lapão e o branco formassem espécies diferentes se, de um lado, não estivéssemos seguros de que um único homem foi criado, e, de outro, que esse branco, esse lapão, e esse negro, tão dessemelhante entre eles, podem, entretanto se unir e propagar em comum a grande e única família de nosso gênero humano.

A própria teoria de Buffon limita qualquer possibilidade de um evolucionismo ao considerar que o organismo todo, e cada uma de suas partes, compõem o molde para a formação de novos seres. Assim, a reprodução é o mecanismo por meio do qual as transformações sofridas pelos seres vivos ao longo de suas vidas poderiam ser transmitidas aos descendentes.

Nesse sentido, a degenerescência seria o processo de acumulação dessas transformações. Porém, considerar que a forma do novo ser se explica unicamente pela conformação de seus genitores constitui a tese de que apenas condições ambientais, tais como clima e alimentação, poderiam influenciar na constituição dos organismos individualmente, o que tornaria limitada ao extremo a possibilidade de explicar qualquer novidade morfológica. Isso excluiu qualquer caminho para um evolucionismo autêntico (CAPONI, 2008).

Contudo, Buffon lança mão de uma concepção que implica essencialmente em um transformismo. Isso fica claro no tomo V de sua *Histoire Naturelle* quando considera o asno um tipo de cavalo degenerado ao longo de várias gerações pela influência do clima e da alimentação. Desse modo, tende a aceitar um “design” primitivo e geral compartilhado por todas as formas de seres vivos, incluindo o homem, aproximando-se da ideia de que todos os animais são derivados de um único organismo ancestral que, ao decorrer do tempo, resultou em todas as espécies existentes, por meio da degeneração (BUFFON, 2011).

Foi no seu XIV tomo do *Histoire Naturelle* que o naturalista assumiu direta e explicitamente um certo transformismo limitado, que seria complementado por uma teoria ousadamente materialista acerca da origem da vida. Para ele, a explicação do fato de uma espécie original sofrer degeneração e, assim, resultar em novos gêneros e espécies, recai nas condições sob as quais os seres vivos desenvolvem sua existência. Nesse contexto, a geração espontânea ainda era o único recurso teórico capaz de explicar como os organismos originais surgiram (CHERNI, 1998).

Por mais que forcemos uma explicação, não podemos conceber que os processos de degeneração afetam, mesmo de forma insipiente, a estrutura fundamental de um organismo. As transformações decorridas daí afetam somente estruturas preexistentes e, desse modo, não são capazes de criar sequer rudimentos de novas estruturas dotadas minimamente de certo grau de importância organizacional. De igual forma, assim como os processos degenerativos são incapazes de criar estruturas, os organismos também apresentam um limite para o desaparecimento, mesmo que sejam pequenas atrofias, de estruturas preexistentes. Os resultados de Buffon levaram-no a crer que o desuso ou a falta de alimentos poderiam reduzir sensivelmente um órgão; e até certo ponto, um organismo poderia “acostumar-se” com essa redução. Entretanto, com o tempo, essa adaptação também se tornaria impossível uma vez que,

ao longo de uma vida, o organismo seria incapaz de adaptar-se tanto à ausência ou excessiva redução de alguma estrutura ou órgão importante (CAPONI, 2008).

Surgia, assim, uma nova perspectiva que descrédibilizava a aceitação do Éden como o único centro de origem e dispersão dos seres vivos. Pois em face da multiplicidade de espécies e as limitações de sistemas explicativos para a diversidade e adaptação dos organismos – como a teoria da degeneração – a História Natural carecia de uma teoria robusta o suficiente para explicar de maneira lógica e com argumentos fortes essa diversidade. Buffon em vários momentos de sua carreira como naturalista chegou perto desse feito, mas talvez pela influência das visões de mundo, homem e natureza de sua época, não conseguiu. Contudo, lançou bases sólidas que mais tarde foram aproveitadas por um de seus aprendizes, Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet (1744-1829), o cavaleiro de Lamarck, que já utilizava o termo “biologia” no sentido atual da palavra. Deus deixava de ser a causa dos fenômenos da vida e o homem provavelmente seria resultado dos mesmos processos de transformação e adaptação que moldavam as espécies. A ideia bíblica de um grande jardim feito para abrigar as espécies originadas da vontade do Criador caía por terra.

2.2 LAMARCK E A PEDRA FUNDAMENTAL DA BIOLOGIA: O EMBRIÃO DE UMA TEORIA

Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet (1744-1829), Chevalier de Lamarck¹³, estudou Medicina e Botânica sob a orientação de Bernard de Jussieu (1699-1777), que se contrapunha ao sistema lineano de classificação com base nas características sexuais das plantas. Naquele ano, 1772, o *Jardin du Roy* era dirigido por um famoso naturalista que tinha a proteção da corte, o Conde de Buffon, e dez anos depois Lamarck se tornou correspondente da mesma instituição, tornando-se também responsável pela instrução de um dos filhos de Buffon. Eles viajaram por países como Hungria, Holanda, Alemanha e a própria França, tendo a oportunidade de conhecer museus e universidades (BURKHARDT, 1963).

Quando a Bastilha foi tomada, marcando o início da Revolução Francesa, já se completava um ano da morte do Conde de Buffon e Lamarck foi, então, nomeado Botânico do Rei e se tornou o responsável pelo herbário real. Contudo, a Revolução trouxe inúmeras transformações, inclusive para o campo científico. A Academia de Ciências foi fechada e o

¹³ Título de Cavaleiro da baixa nobreza francesa concedido a soldados ilustres em reconhecimento a seus excelentes serviços prestados ao exército da França.

Jardin du Roy passou a ser o Museu de História Natural e Lamarck, até então reconhecido como botânico de prestígio, foi designado ao cargo de professor de “animais inferiores” (CASTAÑEDA, 1997).

Assim, aos 50 anos de idade, Lamarck mudou radicalmente seu objeto de estudo passando a trabalhar com zoologia. Suas novas atribuições no Museu incluíam elaborar e ministrar um curso anual de zoologia de microrganismos e classificar/organizar as coleções do acervo. Quando o naturalista começou suas atividades em 1773, o Museu contava com pouco mais de 1.500 exemplares. Anos depois, ao deixar o cargo, esse número havia subido para 40.000, representando 20.000 espécies. Sua coleção particular era ainda maior, girando em torno de 50.000 exemplares, dos quais pelo menos 1.000 eram novas espécies a serem descritas (CASTAÑEDA, 1997).

Assim como muitos de seus contemporâneos, o naturalista admitia o fixismo como visão de natureza – a ideia de que as espécies de seres vivos foram criadas por Deus perfeitamente adaptadas a seus modos de vida e ambiente, desde a criação do mundo. Contudo, uma análise das obras de Lamarck mostra que a partir de 1800 houve uma mudança radical de postura. Passou a defender a origem dos organismos a partir de gerações espontâneas, a transformação de espécies em outras devido pressões ambientais, a transmissão de novas características por meio da reprodução ao longo das gerações, e a adaptação dos seres vivos como resultado de processos naturais independentes da vontade divina.

Os principais motivos que levaram Jean Baptiste, segundo Burkhardt (1963), a aceitar que as espécies variam no tempo, foram: 1) ao estudar as conchas de moluscos atuais e comparar com conchas de moluscos fósseis, percebeu semelhanças que apontavam para uma relação de parentesco, sugerindo que as conchas modernas são descendentes das já extintas; 2) motivado pelo estudo de animais inferiores, fez reflexões acerca da própria concepção de vida, considerando os limites entre a matéria inanimada e os seres vivos e concluindo que não existe uma barreira intransponível entre organismos vivos e a matéria inanimada, propondo que os animais inferiores poderiam surgir continuamente por geração espontânea sem a necessidade de algum milagre; e 3) o fato de ter que classificar toda a coleção de animais inferiores do Museu fez Lamarck perceber um padrão de continuidade entre as diferentes espécies e gêneros do acervo (BURKHARDT, 1963).

Apesar de ser reconhecido como um importante precursor do evolucionismo, tanto as obras como a própria teoria transformista de Lamarck são pouco estudadas. Além disso, tornou-se comum associar seu nome a um equívoco teórico, reduzido na concepção de que características adquiridas por um organismo ao longo de sua vida podem ser herdadas por seus

descendentes por meio da herança¹⁴ (FERREIRA e OLIVEIRA, 2013). A grande contribuição de Jean Baptiste foi elaborar uma teoria detalhada a respeito da progressão dos seres vivos, buscando argumentos muito bem fundamentados com base em estudos zoológicos, botânicos e geológicos. Embora muitos, em períodos anteriores, tenham sugerido, discutido e até explicado a possibilidade das espécies se transformarem, nenhum naturalista havia sistematizado uma explicação completa em defesa dessa perspectiva. A teoria lamarckista não é o paradigma vigente da biologia evolutiva contemporânea, contudo, negar a sua relevância é ignorar o fato de que ela exerceu grande influência para as ciências naturais, inclusive nos trabalhos de Darwin.

De modo geral, transformismo é a concepção teórica de que um ser vivo pode se transformar em outro. Diversos naturalistas do século XVIII e XIX elaboravam suas explicações a partir dessa concepção. O que motivava a transformação, como essa transformação acontecia nos organismos e qual mecanismo hereditário transmitia as características resultantes dessa transformação às gerações seguintes, eram as principais questões que deveriam ser resolvidas. Portanto, o transformismo pressupunha uma causa para justificar o surgimento de novas espécies e suas variações.

Lamarck, influenciado pela crença de um universo constituído e organizado por quatro elementos (água, terra, ar e fogo), explicava que os organismos tinham em seu interior fluídos que se movimentavam. Sob ação desse movimento, os fluídos cavavam canais no tecido celular alterando o corpo do organismo, transformando-o e fazendo aumentar seu grau de complexidade. Aliando o esforço individual do organismo em busca da solução de obstáculos naturais ao movimento interno dos fluídos, a explicação do naturalista sugeria, basicamente, que o uso constante de alguma estrutura (ou o não uso de alguma estrutura) modificava a forma do ser vivo. Permanecendo o cenário de movimento interno, uso e/ou desuso, as transformações eram transmitidas aos descendentes ao longo de várias gerações (LAMARCK, 1963). De acordo com Lamarck:

Firstly, a number of known facts proves that the continued use of any organ leads to its development, strengthens it and even enlarges it, while permanent disuse of any organ is injurious to its development, causes it to deteriorate and ultimately disappear if the disuse continues for a long period through successive generations. Hence we may infer that when some change in the environment leads to a change of habit in some race of animals, the organs that are less used die away little by little, while those which are more used develop better, and acquire a vigour and size proportional to their use. Secondly, when reflecting upon the power of the movement of the fluids in the

¹⁴ É importante salientar que a ideia de herança de caracteres adquiridos não é uma novidade proposta por Lamarck. Hipócrates, em suas obras, já admitia essa possibilidade e no século XIX quase todos os naturalistas, inclusive Charles Darwin, reconheciam isso como um fato.

very supple parts which contain them, I soon became convinced that, according as this movement is accelerated, the fluids modify the cellular tissue in which they move, open passages in them, form various canals, and finally create different organs, according to the state of the organisation in which they are placed (LAMARCK, 1963, p. 2).¹⁵

O naturalista buscou justificar a adaptação como sendo o resultado de um aperfeiçoamento do indivíduo ante a pressões do meio ambiente. Essa resposta adaptativa leva a mudanças que, ao longo de gerações, transforma uma espécie em outra. As transformações representam sempre o êxito, jamais sendo negativas ou prejudiciais, pois ocorrem em um único sentido, como em uma escala de perfeição (LAMARCK, 1963).

No início, segundo o transformismo de Lamarck, os primeiros seres vivos surgiram a partir da geração espontânea que tornou a matéria inanimada algo dotado de vida. Nesse contexto, “Natureza” tem um significado cuja falta de compreensão de muitos estudiosos associou à teoria uma série de equívocos. Jean Baptiste nunca se declarou ateu, mas colocava Deus fora dos processos naturais. Para ele, o Criador imputou em Sua obra uma “ordem” (força ou impulso original, a natureza, que forma o conjunto de todas as coisas representadas pelas leis do movimento) e a partir de então os organismos surgiram gradualmente (LAMARCK, 1963).

Iniciando em formas mais simples de organização, os seres vivos passaram a se transformar gradualmente mediante as alterações naturais do planeta: mudanças climáticas e geológicas, secas, escassez de alimentos etc. Por mais tentador que seja, não se pode adotar a concepção da “Cadeia do Ser” elaborada por Aristóteles e discutida por Lineu, pois para Lamarck não existe apenas uma cadeia com diferentes graus de perfeição. Ao postular que no princípio um grupo de microrganismos originou os animais e outro grupo originou as plantas, e daí em diante esses organismos passaram a originar novas espécies, o naturalista estabeleceu ao menos duas cadeias de progressão, ao invés de uma (LAMARCK, 1963).

Outros naturalistas não foram capazes de explicar as leis por trás da geração espontânea ou dos processos que traziam variações às espécies. E este é um dos elementos que deu ao

¹⁵ Primeiramente, vários fatos conhecidos comprovam que o uso continuado de qualquer órgão leva ao seu desenvolvimento, fortalece-o e até o amplia; enquanto o desuso permanente de qualquer órgão é prejudicial ao seu desenvolvimento, faz com que ele se deteriore e finalmente desapareça ao longo de gerações sucessivas. Portanto, podemos inferir que, quando alguma mudança no ambiente leva a uma mudança de hábito em algumas raças de animais, os órgãos menos utilizados desaparecem pouco a pouco, enquanto os mais utilizados se desenvolvem melhor e adquirem vigor e tamanho proporcional ao seu uso. Em segundo lugar, ao refletir sobre o poder do movimento dos fluidos nas partes muito flexíveis que os contêm, logo me convenci de que, conforme esse movimento é acelerado, os fluidos modificam o tecido celular em que se movem, abrem passagens neles, formam vários canais e, finalmente, criam órgãos diferentes, de acordo com o estado da organização em que se encontram [tradução nossa].

sistema explicativo de Lamarck o caráter epistemológico de teoria. Sob influência da filosofia cartesiana e dos pressupostos de Newton para a organização e dinâmica do universo, o naturalista admitiu duas forças (atração e repulsão), e suas interações, para explicar as leis do movimento que agiam sobre os fluídos que moldavam a forma dos organismos (CASTAÑEDA, 1997). Os seres vivos mais simples teriam surgido na água ou em lugares úmidos e a força de atração juntava as moléculas que os constituíam, enquanto a força de repulsão abria interstícios entre essas moléculas formando cavidades onde os fluídos exerceriam pequenos pulsos de tensão. O movimento dos fluídos, então, conferia aos organismos propriedades particulares à vida, como crescimento, reprodução, absorção e eliminação (LAMARCK, 1963).

Cabia à natureza (enquanto força imanente), por sua vez, promover o aumento no grau de complexidade dos seres primitivos e, dessa forma, originar grupos diferentes de organismos, os quais Lamarck chamou de “massas”. Anacronicamente, essas massas equivaleriam para o conhecimento atual como os reinos e filos taxonômicos. Para o naturalista, essas massas poderiam ser classificadas dessa forma por cada uma apresentar um sistema próprio de órgãos essenciais que constituíam um conjunto específico dentro de uma cadeia de progressão. As causas dessa progressão eram duas: a primeira dizia respeito à essência inerente a própria vida, traduzida em um impulso natural à complexificação (natureza); e a segunda devia-se às modificações no ambiente que, por sua vez, exerciam pressões que levavam o organismo a se complexificar. A escala de progressão dos animais, segundo Lamarck (1963), pode ser ordenada da seguinte forma: infusórios, pólipos, radiários, vermes, tunicados, insetos, aracnídeos, crustáceos, anelídeos, cirripédios, conchíferos, moluscos, peixes, répteis, pássaros e mamíferos, respectivamente.

As obras *Histoire Naturelle des animaux sans vertèbres* (História natural dos animais sem vértebras), de 1815, e *Système analytique des connaissances positives de l’homme* (Sistema analítico das relações positivas do homem), de 1820, trazem as generalizações elaboradas por Lamarck como resultado de suas observações. Assim como ocorria na Física, essas generalizações ganharam o status de leis, tornando-se os pressupostos da teoria lamarckista. Usualmente as leis do uso e desuso das partes e a herança dos caracteres adquiridos são aquelas abordadas tanto no ensino básico como nos cursos de formação de professores. Contudo, para que se compreenda a teoria evolucionista de Lamarck, e a adaptação dos seres vivos ao meio ambiente, é necessário considerar as quatro leis da transformação como um todo.

Em resumo, a primeira lei de Lamarck trata deste poder inerente à vida que leva sempre ao aumento da complexidade, entendido como Natureza. É importante destacar que para o naturalista o poder da natureza age em duas frentes diferentes. Uma, de maneira individual, que

leva o organismo a se desenvolver (transformar-se) do ovo ao adulto; e outra de maneira coletiva (populacional), que faz os diferentes grupos taxonômicos aumentarem seu grau de complexidade, constituindo a escala animal. Não foi explicado o motivo pelo qual as transformações das massas continuam ao longo do tempo enquanto individualmente quando um organismo chega a determinado momento da vida, começa a definhando até a morte. Segundo Martins (2000), uma análise da fase pré-evolucionista de Lamarck desvela a defesa de duas forças opostas que agem sobre os seres vivos. Enquanto uma faz com que as combinações químicas entre as moléculas vivas se tornem cada vez mais complexas, a outra enfraquece essas combinações ao longo do tempo, e gradualmente conduz o indivíduo à destruição. Para ele:

In the same climate, very different habitats and conditions at first merely cause variations in the individuals exposed to them; but in course of time the continued change of habitat in the individuals of which I speak, living and reproducing in these new conditions, induces alterations in them which become more or less essential to their being; thus, after a long succession of generations these individuals, originally belonging to one species, become at length transformed into a new species distinct from the first (LAMARK, 1963, p.39)¹⁶.

Para explicar por que os grupos taxonômicos continuam a se transformar, Lamarck faz uso das outras leis. A segunda lei busca demonstrar como um novo órgão ou estrutura surge nos organismos. Para tanto, o naturalista defendia que as mudanças que acontecem no ambiente geram novas necessidades aos seres vivos, que a princípio configuram-se como obstáculos naturais, e por isso precisam ser superadas. No *Philosophie Zoologique* (Filosofia Zoológica) ele utiliza como exemplo os tentáculos (“antenas”) do caracol. Uma vez que em dado momento algumas espécies desses gastrópodes trocaram o ambiente aquático pela terra firme, surgiu a necessidade de tocar o solo com a cabeça como forma de orientação. Assim, os fluídos internos passaram a circular na região da cabeça e, ao longo de várias gerações, esse processo originou os tentáculos. Nesse caso, a nova característica só se conservaria se a necessidade de tocar o solo também permanecesse no decorrer do tempo. A terceira lei é aquela que faz relação entre o uso de novas características e o nível de complexificação e desenvolvimento dos órgãos (MARTINS, 2000). Lamarck expõe a segunda lei assim:

I must now explain what I mean by this statement: the environment affects the shape and organisation of animals, that is to say that when the environment becomes very different, it produces in course of time corresponding modifications in the shape and organisation of animals. But great alterations in the environment of animals lead to

¹⁶ No mesmo clima, mas em habitats e condições muito diferentes, a princípio há variações apenas nos indivíduos expostos a elas; mas com o tempo, a mudança contínua de habitat dos indivíduos de que falo, vivendo e se reproduzindo nessas novas condições, induz alterações que se tornam mais ou menos essenciais ao seu ser; assim, após uma longa sucessão de gerações, esses indivíduos, originalmente pertencentes a uma espécie, acabam se transformando em uma nova espécie distinta da primeira.

great alterations in their needs, and these alterations in their needs necessarily lead to others in their activities. Now if the new needs become permanent, the animals then adopt new habits which last as long as the needs that evoked them. This is easy to demonstrate, and indeed requires no amphification (LAMARK, 1963, p.107)¹⁷.

Conhecida como “lei do uso e desuso”, este pressuposto determina a terceira lei de Lamarck. Basicamente, quanto maior é o uso de determinada estrutura ou órgão de um ser vivo, tanto mais ele cresce, desenvolve-se e se mantém. Caso contrário, se um órgão ou estrutura é pouco utilizado, ele tende a se atrofiar e pode até desaparecer completamente. Apesar de não ser uma ideia original de Lamarck, ele utilizou vários exemplos para corroborá-la. Foi nesse contexto que o naturalista explicou o longo pescoço das girafas afirmando que em um passado remoto a vegetação do ambiente o qual fazem parte era rasteira, não havendo necessidade de buscar alimentos em outras fontes. Todavia, fatores climáticos afetaram a vegetação tornando as plantas rasteiras escassas. Dessa forma, mediante a necessidade de se alimentar, as girafas passaram a buscar as folhas altas das árvores esticando seus pescoços para alcançá-las, fazendo com que os fluídos internos fossem para a região da cabeça. Ao longo de várias gerações, permanecendo as condições de falta de alimento rasteiro, surgiram girafas com pescoços longos, fixando, assim, essa característica na espécie. O naturalista expõe que:

In every animal which has not passed the limit of its development, a more frequent and continuous use of any organ gradually strengthens, develops and enlarges that organ, and gives it a power proportional to the length of time it has been so used ; while the permanent disuse of any organ imperceptibly weakens and deteriorates it, and progressively diminishes its functional capacity, until it finally disappears (LAMARK, 1963, p.113)¹⁸.

Para tratar do desuso, Lamarck abordou o caso de baleias, que não apresentam dentes uma vez que se alimentam de plâncton e, portanto, não têm a necessidade de estruturas utilizadas na mastigação. Segundo o naturalista, ao longo de várias gerações o hábito de não mastigar alimentos sólidos acabou fazendo com que os dentes atrofiassem, até desaparecerem. Para fundamentar empiricamente sua tese, ele utilizou um feto de baleia encontrado por um conterrâneo¹⁹, cujos dentes ainda estavam presentes (MARTINS, 2000). É importante salientar

¹⁷ Devo agora explicar o que quero dizer com essa afirmação: o ambiente afeta a forma e a organização dos animais, ou seja, quando o ambiente se torna muito diferente, produz com o tempo modificações correspondentes na forma e na organização dos animais. Mas grandes alterações no ambiente dos animais levam a grandes alterações em suas necessidades, e essas alterações em suas necessidades necessariamente levam a outras mudanças em suas atividades. Agora, se as novas necessidades se tornam permanentes, os animais adotam novos hábitos que duram tanto quanto as necessidades exigem. Isso é fácil de demonstrar e, de fato, não requer maiores discussões.

¹⁸ Em todo animal que não ultrapassou o limite de seu desenvolvimento, o uso mais frequente e contínuo de qualquer órgão fortalece, desenvolve e aumenta gradualmente esse órgão, e confere-lhe um poder proporcional ao tempo em que foi utilizado; enquanto o desuso permanente de qualquer órgão o enfraquece e deteriora imperceptivelmente e diminui progressivamente sua capacidade funcional, até que finalmente desapareça.

¹⁹ Étienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844).

que na época de Lamarck ainda não estava claro o motivo pelo qual, durante o desenvolvimento embrionário, certas características aparecem em determinados grupos de seres vivos, mesmo não sendo estruturas características dos indivíduos adultos da espécie. Por exemplo, por volta da 4ª a 5ª semana de gestação, o embrião humano apresenta fendas branquiais. Ainda era recorrente assumir como um único processo o desenvolvimento embrionário e a transformação de uma espécie em outra.

A quarta lei, conhecida como “lei da herança dos caracteres adquiridos”, trata-se de uma concepção pouco discutida por Lamarck. Segundo o naturalista, traços estruturais adquiridos ou perdidos pelos progenitores, eram herdados pelos descendentes por meio da geração de novos indivíduos. O naturalista admitiu exceções, mas por se tratar de uma visão amplamente aceita desde as obras de Hipócrates de Cós (460-370 a.C.), não teceu explicações mais elaboradas acerca da herança de caracteres adquiridos. Por outro lado, naturalistas posteriores a Lamarck se detiveram mais no assunto, como Herbert Spencer e até mesmo Charles Darwin. Para Lamarck:

Naturalists have remarked that the structure of animals is always in perfect adaptation to their functions, and have inferred that the shape and condition of their parts have determined the use of them. Now this is a mistake : for it may be easily proved by observation that it is on the contrary the needs and uses of the parts which have caused the development of these same parts, which have even given birth to them when they did not exist, and which consequently have given rise to the condition that we find in each animal (LAMARK, 1963, p.113)²⁰.

Apesar de descreditada por muitos de seus conterrâneos naturalistas, a teoria de Lamarck logrou êxito ao propor uma perspectiva, que não era nova, porém com argumentos, leis e generalizações que explicavam a diversidade e a adaptação das espécies existente. No final do século XVIII e início do século XIX as ciências naturais avançavam em um ritmo sem precedentes, em que novos campos ganhavam robustez. A anatomia comparada, a embriologia, a citologia, a geologia (que lidava cada vez mais com a questão dos fósseis) e a geografia dos seres vivos (atualmente Biogeografia) são apenas alguns exemplos que fomentavam a necessidade de uma nova ciência. Lamarck foi o grande responsável por colocar em xeque a natureza da vida, abrindo portas para uma nova geração de naturalistas.

E foi em um passeio casual pelas praias da Escócia que Robert Edmond Grant (1793-1892), enquanto coletava a delicada fauna marinha com seu jovem aluno Charles Darwin,

²⁰ Os naturalistas observaram que a estrutura dos animais está sempre em perfeita adaptação às suas funções e inferiram que a forma e a condição de suas partes determinaram o uso delas. Ora, isso é um erro: pois pode ser facilmente comprovado pela observação que, pelo contrário, são as necessidades e usos das partes que causaram o desenvolvimento dessas mesmas partes, que até as deram à luz quando não existiam, e que, consequentemente, deram origem à condição que encontramos em cada animal.

recomendou que aprendesse francês a fim de ler as obras de Jean Baptiste Lamarck. Então, aos dezesseis anos, Darwin teve seu primeiro contato com uma visão evolucionista sistematizada da natureza.

2.3 CHARLES, A TEORIA DA EVOLUÇÃO E A ADAPTAÇÃO BIOLÓGICA JUSTIFICADA PELA SELEÇÃO NATURAL

Charles Robert Darwin (1809-1882) é sem dúvida o nome mais lembrado na Biologia. Não defendemos aqui a ideia de grandes gênios que, isoladamente em momentos históricos, tiveram rompantes quase miraculosos ao propor ideias inalcançáveis pelo intelecto do homem comum. Mas seria um absurdo negar que Darwin revolucionou o conhecimento científico ao apresentar um novo paradigma para a compreensão da vida na Terra. Sua teoria evolucionista inaugurou, de maneira elegante e ousada, o que hoje chamamos de biologia evolutiva.

Nascido em 12 de fevereiro de 1809, em Shropshire, Inglaterra, Charles foi o sexto filho (segundo do gênero masculino) do renomado médico Dr. Robert Darwin; e neto do também respeitado Dr. Erasmus Darwin²¹. Charles teve uma infância solitária. Desde cedo demonstrou grande interesse pela natureza e pela leitura, além de praticar a caça, costume comum da aristocracia inglesa. Rechaçado pelo pai, Darwin foi obrigado a exercer a prática médica e em 1825 matriculou-se na Universidade de Edimburgo, Escócia, onde estudou com o irmão Erasmus²², que já cursava medicina (MAYR, 1998). No ano seguinte, Darwin voltou para Edimburgo sozinho e dois eventos foram cruciais na vida do futuro naturalista.

O primeiro diz respeito à sua entrada para a Sociedade Pliniana, onde “na azafamada sociedade, os futuros advogados e médicos afiavam sua sagacidade debatendo tópicos contemporâneos. As reuniões estimulavam a camaradagem e os debates eram muitas vezes acalorados” (DESMOND e MOORE, 2000, p. 50). Quando Charles passou a fazer parte dos plinianos, seus integrantes eram na maioria democratas livres-pensadores, que defendiam uma ciência baseada em causas físicas, e não em intervenções sobrenaturais. Integrar esse grupo de

²¹ Erasmus Darwin (1731-1802) foi um rico e influente médico que participou da Revolução Industrial ocorrida na Inglaterra no início do século XIX. Como livre-pensador, não compactuava com as ideias e dogmas cristãos, sendo considerado por muitos um herético. Em 1792 publicou seu livro mais famoso, *Zoonomia, or the Laws of Organic Life*, em que abordava assuntos como patologia, anatomia, psicologia e o funcionamento do corpo. Nesta obra trazia também elementos do pensamento evolucionista que, mais tarde, serviram de base para que seu neto, Charles, desenvolvesse sua própria teoria da evolução.

²² Erasmus Alvey Darwin (1804-18781) era cinco anos mais velho que Charles. Além de mesmo nome, Eras (como era chamado pela família) também seguiu os passos do avô no exercício da medicina. Foi o primeiro Darwin a ingressar no Christ's College, em Cambridge. Os dois filhos do Dr. Robert eram extremamente ligados e, ao longo da vida, Charles jamais deixou de se corresponder com o irmão.

ávidos e curiosos homens da academia reforçou o interesse de Darwin pelas ciências naturais. Outro acontecimento importante foi ter conhecido o especialista em esponjas marinhas Robert Edmond Grant (1793-1892).

Grant não admitia nenhuma força divina governando a natureza, e a origem e evolução da vida nada mais eram que fenômenos mediados por forças físicas e químicas, que obedeciam a leis naturais. Opondo-se à postura de seus colegas naturalistas, proclamava-se um evolucionista cujos heróis eram os franceses Jean Baptiste Lamarck e Geoffroy Saint-Hilaire. Admitir que o homem era mero produto de forças transformacionistas naturais, e que estava submetido aos mesmos processos que originavam novas espécies, era deslegitimar a aceitação de uma criação especial por parte de Deus. Uma vez excluída a necessidade de um Deus, excluía-se também a necessidade de uma instituição abençoada e escolhida para intermediar a vontade divina para com os homens. Dessa forma, aceitar os pressupostos transformacionistas, incluindo o ser humano em tais processos, abalava a autoridade e o poder exercido pela Igreja em uma sociedade tão ortodoxa como a Grã-Bretanha do século XIX (DESMOND; MOORE, 2000).

Para o experiente naturalista, que era respeitado em Paris e conhecia Lamarck²³ pessoalmente, a ideia de que o registo fóssil demonstrava sucessivas extinções e criações divinas de novos grupos de organismos ao longo tempo (como defendiam os clérigos de Oxford e Cambridge), era bobagem. Grant defendia que as mudanças ambientais eram responsáveis pela transformação das espécies em outras, incluindo o homem e o macaco. De acordo com Desmond & Moore (2000), Robert Grant exerceu grande influência sobre Darwin, principalmente no que concerne ao estudo dos invertebrados marinhos sob uma perspectiva transformista que leva ao ajuste dos organismos ao seu meio. O que aprendeu com o amigo e mentor ao longo daquele ano iria, uma década depois, moldar sua abordagem inicial da evolução.

Após dois anos em Edimburgo, Darwin abandonou o curso de medicina e retornou à Inglaterra. Por ordem do pai, matriculou-se em Cambridge, no Christ's College, para seguir a carreira eclesiástica, vivendo às custas da Igreja. Duas coisas seguraram Darwin em Cambridge até o fim de seus estudos: a paixão pela coleção de besouros, compartilhada por muitos amigos da universidade; e o professor de botânica John Stevens Henslow (1796-1861) (MAYR, 1998). Henslow juntamente com o professor de geologia Adam Sedgwick (1785-1873), exerceram

²³ Em 1826 Lamarck era apenas um idoso octogenário cego, com um pequeno grupo de admiradores que ousadamente defendiam suas ideias evolucionistas. Perto de sua morte, Lamarck chegou a enviar uma carta a Charles Darwin, cumprimentando-o pela importância que a obra do avô Erasmus teve em seus próprios trabalhos.

grande influência em Darwin em relação à história natural, inserindo-o nos círculos de debates científicos de Londres. As palestras de botânica, por exemplo, aconteciam cinco dias por semana e quase setenta alunos as assistiam avidamente, sendo Darwin o aluno preferido do professor Henslow. Por esse motivo, quando surgiu a oportunidade de enviar um naturalista a bordo de uma expedição científica com um destino desafiador, o professor não teve dúvidas. Recomendou Charles para a viagem:

Ao chegar, na noite de 29 de agosto, segunda-feira, ele [Charles] encontrou um gordo envelope com a marca postal de “Londres” aguardando-o. Abriu-o perfunctoriamente, exausto pela viagem, e encontrou cartas de Henslow e Peacock. Não eram más notícias – longe disso. Cambaleante, ele prosseguiu a leitura, sem respirar. Uma passagem para uma viagem ao redor do mundo lhe estava sendo oferecida”²⁴ (DESMOND & MOORE, 2000, p. 116).

Além de mapear rotas e buscar dados que tornassem as cartas marítimas mais precisas, a missão do capitão Robert FitzRoy (1805-1865) era cartografar a força do vento ao redor do globo fazendo uso da escala de Beaufort. Também deveria circunavegar partes da Patagônia e das ilhas Falkland, passando pela Terra do Fogo e retornar pelo outro lado do continente sul americano. Darwin perdeu um pouco de seu ânimo ao conhecer a embarcação. O Beagle era um pequeno brigue com apenas vinte e sete metros de comprimento e sete e meio de largura, três mastros e apenas duas cabinas, das quais dividiria uma com o capitão. A princípio, os planos de FitzRoy era levar dois anos para cumprir a missão, entretanto, o Beagle navegou durante cinco anos, antes de retornar à Londres; o que mudou radicalmente a vida de Charles Darwin, como assegura (MAYR, 19980).

No período em que passou na companhia do capitão Robert FitzRoy (1805-1865), Darwin teve a oportunidade de conhecer o Brasil, Uruguai, Argentina, Chile, Peru, Equador (Ilhas Galápagos), Taiti, Nova Zelândia, Austrália e parte da África. O livro “The Voyage of the Beagle”, publicado em 1839, continha os registros, diários e análises realizadas por Charles ao longo da viagem, sendo a obra que sedimentou sua reputação como naturalista de prestígio. Nele, é possível perceber que Darwin, devido a influência de seus mentores e a experiência na história natural, cultivava a hipótese de que a Terra era muito mais antiga do que supunham os naturalistas ligados à Igreja. Segundo ele:

Who can avoid wondering at the force which has upheaved these mountains, and even more so at the countless ages which it must have required to have broken through, removed, and levelled whole masses of them? It is well in this case to call to mind the

²⁴ Desde quando começou a ler livros de história natural, Darwin conservava grande admiração pelo naturalista viajante Alexander von Humboldt (1769-1859). Por isso, ao longo de toda juventude cultivou o desejo de um dia poder visitar as Ilhas Canárias, ou mesmo a América do Sul, à semelhança de seu herói das ciências naturais.

vast shingle and sedimentary beds of Patagonia, which, if heaped on the Cordillera, would increase its height by so many thousand feet. When in that country, I wondered how any mountain-chain could have supplied such masses, and not have been utterly obliterated. We must not now reverse the wonder, and doubt whether all-powerful time can grind down mountains — even the gigantic Cordillera — into gravel and mud²⁵ (DARWIN, 2018, p. 244).

Coincidentemente, em março de 1835, enquanto Darwin descansava em uma floresta no Chile, aconteceu um terremoto que devastou várias vilas. Após o evento, o naturalista notou que parte da costa havia se elevado alguns centímetros acima do nível do mar. Na época já existiam aqueles que defendiam uma Terra velha, com algumas centenas de milhares de anos, como Charles Lyell (1797-1873) em seu *Principles of Geology* (1830). Contudo, Darwin foi além. Acreditava na lenta e gradativa transformação da crosta terrestre, mas para isso seriam necessários milhões, e não milhares de anos. Sob essa perspectiva, era possível, por exemplo, explicar os saltos descontínuos entre as espécies já extintas, encontradas no registro fóssil. Uma vez que o planeta sofre grandes, porém lentas transformações, os seres vivos vão gradativamente acumulando pequenas alterações até que os grupos mais atuais apresentem diferenças significativas em relação a grupos mais antigos (DARWIN, 2018). Para ele:

Shells of many existing species not only lie on the surface of the terraces at Coquimbo (to a height of 250 feet), but are embedded in a friable calcareous rock, which in some places is as much as between twenty and thirty feet in thickness, but is of little extent. These modern beds rest on an ancient tertiary formation containing shells, apparently all extinct. Although I examined so many hundred miles of coast on the Pacific, as well as Atlantic side of the continent, I found no regular strata containing sea-shells of recent species, excepting at this place, and at a few points northward on the road to Guasco. This fact appears to me highly remarkable; for the explanation generally given by geologists, of the absence in any district of stratified fossiliferous deposits of a given period, namely, that the surface then existed as dry land, is not here applicable; for we know from the shells strewed on the surface and embedded in loose sand or mould, that the land for thousands of miles along both coasts has lately been submerged. The explanation, no doubt, must be sought in the fact, that the whole southern part of the continent has been for a long time slowly rising; and therefore that all matter deposited along shore in shallow water must have been soon brought up and slowly exposed to the wearing action of the sea-beach²⁶ (DARWIN, 2018, p. 327).

²⁵ Quem pode evitar pensar na força que ergueu essas montanhas e, mais ainda, nas incontáveis eras que ela deve ter exigido para atravessar, remover e nivelar massas inteiras delas? Nesse caso, é bom lembrar os vastos leitos de cascalho e sedimentos da Patagônia, que, se amontoados na Cordilheira, aumentariam sua altura em tantos milhares de pés. Quando naquele país, eu me perguntava como qualquer cadeia de montanhas poderia ter fornecido tais massas, e não ter sido totalmente destruída. Agora não devemos reverter a maravilha e duvidar que o tempo todo-poderoso possa triturar montanhas - até a gigantesca Cordilheira - em cascalho e lama.

²⁶ As conchas de muitas espécies existentes não se encontram apenas na superfície dos terraços de Coquimbo (a uma altura de 250 pés), mas estão embutidas em uma rocha calcária friável que, em alguns lugares, tem até 20 a 30 pés de espessura, mas é de pouca extensão. Estas camas modernas repousam sobre uma formação terciária antiga que contém conchas, aparentemente todas extintas. Embora eu tenha examinado tantas centenas de quilômetros de costa no Pacífico, bem como no lado atlântico do continente, não encontrei estratos regulares contendo conchas do mar de espécies recentes, exceto neste local, e em alguns pontos ao norte na estrada para Guasco. Esse fato me parece notável; para a explicação geralmente dada pelos geólogos, da ausência em qualquer

Ao longo dos vinte anos após a viagem do *Beagle*, Darwin organizou os dados coletados durante a expedição, analisou trabalhos de colegas e elaborou uma teoria própria, explicando os processos que determinam a relação entre a origem, diversidade e adaptação das espécies existentes na Terra. Então, em 24 de novembro de 1859, foi publicado o livro que abalou as estruturas éticas, morais e científicas da sociedade ocidental. O “Da origem das espécies por meio da seleção natural ou a preservação de raças favorecidas na luta pela vida” teve 1.250 exemplares esgotados no mesmo dia.

Em sua obra, Darwin não trouxe uma única teoria da evolução, mas cinco pressupostos teóricos que sustentam suas ideias evolucionistas, São eles: 1) as espécies são mutáveis (teoria básica da evolução); 2) todos os organismos descendem de um ancestral comum (evolução ramificada); 3) a evolução é gradual (não existem saltos ou descontinuidades); 4) as espécies tendem a se multiplicar (a origem da diversidade); e 5) os indivíduos de uma espécie estão sujeitos à seleção natural. Evidentemente, todos esses elementos compõem o arcabouço teórico elaborado por Charles para explicar a origem, a diversidade e a adaptação das espécies, mas para efeito de objetividade neste trabalho, nos detivemos na relação entre adaptação biológica e seleção natural.

Por muito tempo predominou nas discussões acerca da natureza da vida algum grau de essencialismo²⁷ na compreensão dos seres vivos. A grande novidade na teoria proposta por Darwin recai no fato de que ela se baseava no pensamento populacional, e não no essencialismo. A Seleção Natural, portanto, representa o mecanismo que explica a evolução sem a necessidade de um fator inato de caráter metafísico. Contudo, pela força da tradição do pensamento essencialista, levaram quase setenta anos após a publicação do livro *A Origem das Espécies* (1859) para que os biólogos reconhecessem a seleção natural como fato engendrado sobre cinco observações (fatos empíricos) e três inferências derivadas das observações, como apresentado no Quadro 7:

distrito de depósitos fossilíferos estratificados de um determinado período, a saber, que a superfície então existia como terra seca, não é aplicável; pois sabemos pelas conchas espalhadas na superfície e embebidas em areia ou mofo solto, que a terra por milhares de quilômetros ao longo de ambas as costas está submergida ultimamente. A explicação, sem dúvida, deve ser buscada no fato de que toda a parte sul do continente está subindo há muito tempo; e, portanto, que toda a matéria depositada ao longo da costa em águas rasas deve ter sido rapidamente levantada e lentamente exposta à ação desgastante da praia do mar.

²⁷ Essencialismo é uma doutrina filosófica segundo a qual as coisas (pessoas, animais, rochas etc.) possuem algumas propriedades essencialmente. Dado objeto tem uma propriedade essencialmente quando esse objeto não poderia existir sem essa propriedade.

Quadro 7 – Modelo de Darwin para a Seleção Natural

Fato 1	As populações tendem a aumentar exponencialmente na ausência de restrições.
Fato 2	O tamanho de uma população, exceto por flutuações sazonais, tende a permanecer estável (estabilidade a longo prazo).
Fato 3	Os recursos disponíveis para uma espécie são limitados.
Inferência 1	Existe uma imensa competição (luta pela sobrevivência) entre os membros de uma espécie.
Fato 4	Não existem dois indivíduos iguais em uma população (pensamento populacional).
Inferência 2	Não há dois indivíduos em uma população com a mesma probabilidade de sobrevivência (seleção natural).
Fato 5	Muitas das diferenças entre os indivíduos de uma população são hereditárias.
Inferência 3	Quando uma população é submetida durante muitas gerações à seleção natural, o resultado é a evolução.

Fonte: Mayr (2009, p. 146).

Infelizmente, em decorrência das tradições e concepções há muito tempo consolidadas, o conceito de seleção natural encontrou resistência desde sua apresentação, em 1859, até a década de 1930, quando foi aceita como único fator direcionador da evolução. Para compreender a dificuldade que muitos têm em entender a ideia de seleção natural, podemos partir dos questionamentos levantados pelo próprio Darwin:

Ao pensar sobre a origem das espécies, é bastante concebível que um naturalista, refletindo sobre as afinidades mútuas dos seres orgânicos, suas relações embriológicas, suas distribuições geográficas, suas sucessões geológicas e outros fatos semelhantes, possa chegar à conclusão de que cada espécie não tenha sido criada independentemente, mas que tenha descendido, como variação, de outras espécies. No entanto, essa conclusão, ainda que bem fundamentada, seria insatisfatória até que pudesse ser demonstrado como as inúmeras espécies que habitam o mundo foram modificadas para que atingissem a perfeição de suas estruturas e adaptação que tanto inspiram admiração [...]. É, portanto, extremamente importante adquirirmos um conhecimento claro sobre os mecanismos de modificação e de adaptação (DARWIN, 2018, p. 26)

A observação atenta da natureza revela que toda espécie produz um número de indivíduos superior à quantidade que o ambiente consegue suportar, ou seja, os recursos disponíveis (água, alimento, abrigo, parceiros sexuais, luz solar, território etc.) são limitados, o que gera competição. Além disso, desde os tempos bíblicos²⁸ é de conhecimento geral que nenhum organismo é igual a outro, fato mais facilmente percebido em plantas e animais domésticos. Criadores e produtores escolhem sempre os indivíduos que apresentam características, mesmo sutis, vantajosas em relação aos demais. Na natureza, todavia, não existe nenhum agente inteligente que procede dessa forma (MAYR, 2009). Na realidade, o processo de seleção natural proposto por Darwin acarreta a eliminação de indivíduos. Os genitores das gerações seguintes serão sempre aqueles indivíduos que sobreviveram, seja pelo acaso ou por possuírem alguma característica que os tornassem adaptados ao meio; os demais indivíduos da mesma prole são eliminados pela seleção natural (DARWIN, 2018). Sobre a relação entre seleção artificial e seleção natural, Darwin aponta que:

Considerando que as pessoas conseguem obter, e certamente têm obtido, grandes resultados por meio da seleção metódica e pela seleção inconsciente, o que a natureza não pode fazer? Os criadores conseguem atuar somente sobre as características externas e visíveis; a Natureza não se preocupa com as aparências, exceto na medida em que podem ser úteis aos organismos. Ela pode atuar em todos os órgãos internos, em todos os tons de diferenças estruturais, em todo o maquinário da vida. O ser humano seleciona apenas para seu próprio bem; a Natureza, apenas para o bem do ser que ela tem sob seus cuidados. Todas as características são plenamente exploradas por ela; e o ser é colocado em condições adequadas de vida (DARWIN, 2018, p. 101).

Foi a compreensão da seleção natural e sua sistematização teórica que resolveu um problema filosófico antigo: os fenômenos naturais ocorrem ao acaso ou por alguma necessidade? Pelo menos em relação aos seres vivos, a teoria de Darwin permite com segurança afirmar que, devido às particularidades do processo de seleção natural, a evolução é fruto tanto o acaso como da necessidade. A variabilidade genética (cujos processos não estavam esclarecidos nos tempos de Darwin) confere alto grau de aleatoriedade na evolução, já os processos de eliminação nada têm de aleatórios. Por exemplo, o naturalista discutiu em seu *Origem* um exemplo bastante debatido em sua época, o olho:

²⁸ No livro bíblico de Gênesis, o capítulo trinta narra uma contenda peculiar entre Jacó e seu tio Labão. Como pagamento de uma dívida, Jacó ficaria com os bodes e ovelhas que fossem malhados, salpicados ou morenos, do rebanho de Labão; enquanto o tio ficaria apenas com animais de cor clara. Sendo assim, Jacó separou os animais malhados dos animais brancos e permitiu o cruzamento apenas entre aqueles que separou, impedindo os de cor clara de cruzarem-se entre si. Certo tempo depois, no rebanho havia muito mais animais malhados do que brancos e, assim, Jacó tornou-se mais rico que o tio. Esta história ilustra o poder da seleção artificial realizada por produtores e agricultores desde tempos remotos.

Os olhos das toupeiras e de alguns roedores que vivem em tocas têm tamanhos rudimentares e, em alguns casos, são completamente cobertos por pele e pelos. Isso se deve provavelmente à redução gradual causada pelo desuso, mas talvez auxiliada pela seleção natural [...]. É difícil imaginar condições de vida mais semelhantes que as das cavernas profundas de calcário sob um clima quase semelhante; de forma que, se acreditássemos na hipótese comum de que os animais cegos foram criados separadamente para as cavernas americanas e europeias, deveríamos esperar uma estreita semelhança entre os organismos e suas afinidades; mas, como já observaram Schiödte e outros, este não é o caso: os insetos das cavernas dos dois continentes não são mais parecidos entre si do que o são os outros animais habitantes da América do Norte e da Europa. Em minha opinião, nós devemos supor que animais americanos com visão normal migraram lentamente, em sucessivas gerações, do mundo ao ar livre para os recessos cada vez mais profundos das cavernas do Kentucky, da mesma forma como fizeram os animais europeus nas cavernas da Europa (DARWIN, 2018, p.152).

Mais adiante, Charles adota explicações lamarckistas associadas à sua seleção natural para justificar as transformações ocorridas em espécies condicionadas a determinadas condições, levando à adaptação:

No momento em que um animal chega, depois de incontáveis gerações, aos recessos mais profundos, o desuso oblitera seus olhos de forma mais ou menos perfeita, e a seleção natural, muitas vezes, faz outras alterações, tais como o aumento no comprimento das antenas (ou *palpi*) para compensar a cegueira. Não obstante tais modificações, podemos esperar ainda ver nos animais de cavernas americanas afinidades com os outros habitantes daquele continente; e naqueles das cavernas europeias semelhanças com os outros habitantes do continente europeu (DARWIN, 2018, p. 154).

Os olhos não trazem em si uma necessidade inata ou algum fator de desenvolvimento e evolução ao acaso, mas “são o resultado da maior probabilidade de sobrevivência, geração após geração, dos indivíduos que possuíam estruturas mais eficientes para a visão” (MAYR, 2009, p. 151). Um questionamento lógico que também emerge de qualquer observação ou reflexão acerca das relações existentes na natureza é: por que os organismos estão tão bem adaptados ao ambiente em que vivem? De modo geral, a explicação assume desde o período pré-socrático a aceitação passiva das relações estabelecidas entre seres vivos e meio ambiente como sendo algo natural. Os peixes têm a forma do corpo fusiforme porque assim possuem mais eficiência e hidrodinâmica para se locomoverem na água; do mesmo modo que toupeiras não possuem olhos porque não necessitam deles para viverem no subsolo. Tal pensamento, a princípio, se aplica a todos os organismos.

Milhões de adaptações específicas, em milhões de espécies diferentes, é algo difícil de se explicar por leis gerais. Por outro lado, desvelar a natureza cruel do parasitismo imputava sobre o Criador uma imagem mais macabra do que aquela compartilhada por seus fiéis. Ainda assim, mesmo após a publicação da *Origem*, a seleção natural foi negada como processo que resulta em evolução, preferindo considerar a adaptação como algo mais ou menos finalista.

Darwin, como aponta Mayr (2009), propôs uma explicação acerca da adaptação fundamentando-se no pensamento populacional, resistindo a todos os ataques incitados contra ela. Era a aplicação da teoria da seleção natural ao processo de adaptação. Desse modo, ao invés de considerar características adaptativas como resultado de uma causa final pré-determinada, Darwin defendeu que uma adaptação é a característica de um organismo que, mesmo com a variação presente nas populações de seus ancestrais, foi preservada por favorecer a sobrevivência do indivíduo:

A seleção natural modificará a estrutura dos jovens em relação ao genitor e vice-versa. Nos animais sociais, ela irá adaptar a estrutura de cada indivíduo em benefício da comunidade se cada um, como consequência, obtiver vantagens da mudança selecionada. O que a seleção natural não pode fazer é modificar a estrutura de uma espécie sem oferecer qualquer vantagem a ela e beneficiando outra espécie (DARWIN, 2018, p. 105).

Nesse sentido, podemos entender a adaptação como um processo estritamente passivo. Indivíduos de uma espécie que não possuem características ou atributos tão bons quanto seus semelhantes são eliminados, porém os sobreviventes não contribuem ativamente para o processo de se tornarem mais bem adaptados. Além de possuir características específicas que lhes conferem maior possibilidade de sobrevivência, o organismo como um todo também está adaptado ao ambiente. Em resumo, todo o esforço, não só de Darwin, mas de todos aqueles que tentaram elaborar algum sistema explicativo para a origem e diversidade das espécies, lidaram com o dever de explicar o que é a adaptação biológica, e o motivo de os seres vivos estarem adaptados. Charles Darwin, como já pontuamos, aproveitou-se de um grande arcabouço teórico produzido antes de sua época para firmar as bases de sua produção científica:

É interessante contemplar a margem de um rio coberta com todo tipo de vegetação, pássaros cantando nos arbustos, vários tipos de insetos ali voando e vermes rastejando pela terra úmida e, então, refletir sobre o fato de que estas formas construídas de maneira tão elaborada – muito diferentes e dependentes umas das outras e de maneira tão complexa – foram todas produzidas por leis que agem em nosso entorno. Em seu sentido amplo, essas leis são a do crescimento com reprodução; a da variabilidade causada pela ação indireta e direta das condições externas de vida e pelo uso e desuso; uma razão de crescimento tão elevado a ponto de levar à luta pela sobrevivência e, como consequência, à seleção natural, que implica na divergência de caracteres e na extinção das formas menos aprimoradas. Assim, resulta da guerra da Natureza, da fome e da morte, o objeto mais elevado que somos capazes de conceber, qual seja, a aparição dos animais superiores. Há grandiosidade nessa forma de conceber a vida, com seus diversos atributos, como algo originalmente soprado em poucas formas ou em apenas uma; e é igualmente grandioso saber que, enquanto este planeta gira de acordo com a lei fixa da gravidade, infinitas formas, as mais belas e maravilhosas, tenham iniciado a partir de uma origem muito simples, e mantenham sempre em marcha sua evolução (DARWIN, 2018, p. 479).

Charles foi o primeiro (e até o presente momento o único) a propor e demonstrar um mecanismo natural que gera e mantém a adaptação. Portanto, qualquer estudo a respeito da teoria darwinista sobre a evolução das espécies, mesmo que por puro prazer, exige uma clara compreensão da seleção natural e da adaptação, enquanto conceitos interdependentes e fundamentais à estruturação da própria teoria.

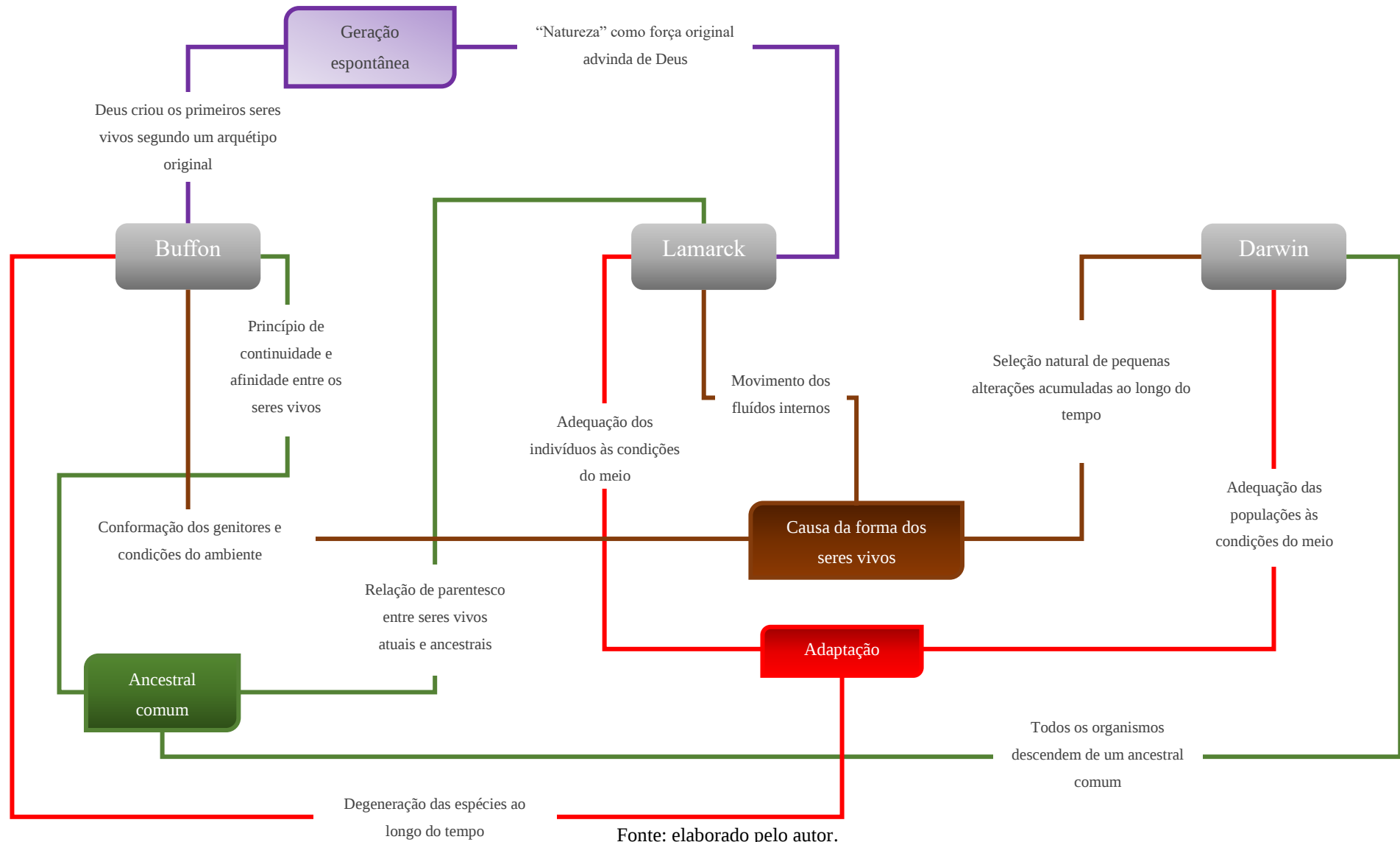
Nesse sentido, levando em consideração a construção do conhecimento científico, especificamente em relação à teoria da evolução, o Quadro 8 apresenta o pensamento dos principais naturalistas dos séculos XVIII e XIX que contribuíram de forma incisiva ao desenvolvimento da biologia evolutiva. A figura 5 representa os elementos de ruptura e permanência em relação a ideia de adaptação nesse período. A geração espontânea continua sendo uma crença comum a Buffon e Lamarck enquanto a origem da diversidade atual a partir de transformações em ancestrais comuns é consenso para os naturalistas destacados. Para Buffon, é a degeneração dos organismos que causa as transformações dos seres vivos; já Lamarck explica a causa das transformações em suas “leis”, resumidas na herança de caracteres adquiridos por meio do uso e desuso das partes. Darwin, contudo, apresentou uma causa natural para as transformações dos seres vivos de modo teorizado e sistematizado, a seleção natural.

Quadro 8 – Síntese do pensamento evolutivo dos principais naturalistas dos séculos XVIII e XIX.

NATURALISTA	VISÃO DE MUNDO E NATUREZA PARA JUSTIFICAR A TRANSFORMAÇÃO DOS SERES VIVOS AO LONGO DO TEMPO E SUA ADAPTAÇÃO AO AMBIENTE
Buffon	As moléculas orgânicas surgiram, por geração espontânea (a partir da vontade de Deus), quando a Terra esfriou, mediante condições adequadas do meio. A geração espontânea é o único mecanismo de origem de vida. Ocorrem pequenas transformações graduais ao longo das gerações a partir de um ancestral comum, estabelecendo um princípio de continuidade e afinidade entre os seres vivos. As mudanças ocorridas nos organismos são direcionais e levam a uma degeneração das espécies. A organização da matéria, que confere semelhança dos genitores à prole, é resultado da “memória”, guardada e transmitida ao longo das gerações, em uma estrutura interna chamada molde interior. A reprodução é o mecanismo pelo qual as transformações são transmitidas ao longo das gerações. A forma dos seres vivos é determinada pela conformação dos genitores e das condições do ambiente, incluindo a falta de alimento e o uso e desuso das partes do corpo.
Lamarck	O universo não possui caráter fixo e estruturalmente organizado por quatro elementos (água, terra e fogo). “Natureza” é a força, ou impulso original, advinda do Criador na origem dos primeiros seres vivos a partir de geração espontânea. Causas externas (condições do ambiente, uso e desuso das partes) são responsáveis pela transformação das espécies. A transmissão das características se dá por meio da reprodução ao longo das gerações. Organismos atuais guardam uma relação de parentesco com organismos já extintos, sugerindo a possibilidade de ancestralidade, segundo um padrão de continuidade entre as diferentes espécies. A forma dos seres vivos é determinada pelo movimento dos fluídos internos, aumentando o grau de complexidade dos organismos. A adaptação é o processo, direcional rumo à perfeição, de ajuste dos indivíduos às condições do meio.
Darwin	O planeta tem milhões de anos e sofre grandes, porém lentas, transformações ao longo do tempo. Todos os organismos descendem de um ancestral comum, sendo a evolução um processo gradual. As espécies são mutáveis, sofrendo pequenas alterações que se acumulam ao longo do tempo e que fazem com que grupos atuais de seres vivos sejam distintos de grupos mais antigos. A Seleção Natural que é um processo que ocorre continuamente na natureza sem a necessidade de uma força direcional, impulso imanente ou influência divina. É um mecanismo de eliminação natural de indivíduos que não são aptos à sobrevivência devido à falta de atributos físicos (internos, externos e pelo uso e desuso das partes) favoráveis, tornando a evolução fruto tanto do acaso como da necessidade. Adaptação é o estado de adequação das populações de seres vivos, mediante características internas e externas aleatórias, condições ambientais e a seleção dos mais aptos à sobrevivência.

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 5 – Elementos de permanência e ruptura do pensamento dos séculos XVIII e XIX na relação com a adaptação



2.4 SÍNTESE MODERNA: “NADA NA BIOLOGIA FAZ SENTIDO EXCETO À LUZ DA EVOLUÇÃO”

No *Origem das Espécies*, Darwin propôs que as variações na estrutura dos seres vivos acontecem em larga escala, sendo elas o substrato para a ação da seleção natural, que por sua vez favorece a sobrevivência dos indivíduos mais adaptados na luta constante pela vida. As características que de alguma forma trazem vantagem são transmitidas para a geração seguinte e, ao longo do tempo, a acumulação de características vantajosas leva ao surgimento de organismos adaptados ao meio em que vivem. Porém, na natureza nascem muito mais indivíduos do que o ambiente é capaz de manter, havendo a limitação de recursos. É essa condição que leva organismos de uma mesma espécie (ou de espécies diferentes) ao que Darwin chamou de luta pela sobrevivência, sendo a seleção natural o mecanismo que vai garantir ou não a preservação de certas variedades dentro das populações (DARWIN, 1859).

À época de Darwin, os mecanismos da hereditariedade ainda não estavam claros, pois os trabalhos de Gregor Mendel (1822-1884) só seriam apropriados pela comunidade científica na virada do século XX. Por este motivo, para explicar os processos de variação na descendência, Charles – sob forte influência da teoria de Lamarck – admitiu a ideia da herança dos caracteres adquiridos a partir do princípio do uso e desuso das partes. Ainda assim, sua teoria da seleção natural é o mecanismo privilegiado responsável pela maior parte da diversidade biológica, mas não o único, existindo a possibilidade de atuação de outros processos evolutivos. Darwin afirma que:

Com base nos fatos mencionados no primeiro capítulo, acredito que há pouca dúvida de que, em nossos animais domésticos, o uso reforça e aumenta certas partes e o desuso as diminui; e que essas modificações são herdadas. Livres na natureza, não há como compará-los para podermos avaliar os efeitos do uso contínuo por muito tempo ou o desuso, pois não conhecemos as formas parentais; mas muitos animais possuem estruturas que podem ser explicadas pelos efeitos do desuso (DARWIN, 2018, p. 149).

Ao longo de cinquenta anos, devido à resistência sofrida pela teoria da seleção natural, diversas teorias alternativas para justificar a variação das espécies foram propostas por autores diferentes. O livro “As teorias da evolução”, publicado em 1909 por Yves Delage e Marie Goldsmith, apresenta a diversidade dessas explicações. São vinte e um capítulos dos quais cinco dedicam-se às propostas de Darwin; oito abordam concepções diferentes acerca da hereditariedade; dois capítulos trazem a teoria transformacionista de Lamarck, e o restante abordam outras teorias evolucionistas. Há também uma seção especial que discute as teorias evolutivas antes de Charles Darwin. Diante disso, percebe-se que no período em que se

formulava o que atualmente chamamos de Síntese Moderna da Evolução, a comunidade científica empenhava-se em consertar os equívocos de Darwin.

Ainda na década de 1860, o físico William Thomson, Lord Kelvin (1824-1907), apoiado nos recentes conhecimentos acerca da termodinâmica, discordou enfaticamente do geólogo Charles Lyell (1797-1875), defendendo que a Terra era substancialmente mais jovem do que propunha o livro “Princípios de Geologia”, publicado em 1830. Apesar de não trazer implicação à evolução das espécies, essa concepção impunha a necessidade de que os processos evolutivos deveriam ocorrer de forma mais acelerada, e não gradualmente a partir do acúmulo de pequenas adaptações, como propunha Darwin. Dessa forma, tornava-se insustentável, segundo os cálculos de Kelvin, que a acumulação de pequenas variações vantajosas pudesse ocorrer desde a criação da Terra. Tal argumento colocava a seleção natural gradual em desacordo com a física, o que na época – devido à grande influência desse campo das ciências naturais – descredibilizava a teoria apresentada no *Origem* (BUCHWALD, 1974).

August Weismann (1834-1914), a partir de seus trabalhos acerca da hereditariedade, acabou abrindo caminho para que a genética mendeliana viesse a integrar a teoria evolutiva de Darwin. O chamado mendelismo, sistema explicativo baseado nos estudos genéticos de Gregor Mendel (1822-1884), tornou-se a teoria da hereditariedade aceita a partir da década de 1920, sendo adotada como base da genética moderna (RIDLEY, 2006). Em 1900, quando os trabalhos de Mendel foram redescobertos, novas possibilidades para a resolução das controvérsias teóricas de Darwin poderiam se abrir. No entanto, os geneticistas mais destacados da época – Hugo de Vries (1848-1935), William Bateson (1861-1926) e Wilhelm Johannsen (1857-1927) – rejeitavam a seleção natural como mecanismo de eliminação de características gradualmente acumuladas ao longo do tempo. De Vries, por exemplo, defendia o saltacionismo, processo em que grandes mutações repentinas são responsáveis pela origem de novas espécies, para explicar a aparente “distância” entre a complexidade de grupos taxonômicos diferentes (MAYR, 2008).

Entre 1915 e 1932 os avanços teórico-experimentais na Biologia fomentaram a inserção de novas abordagens explicativas. Foi nesse contexto que os geneticistas populacionais Ronald Fisher (1890-1962), Sewall Wright (1889-1988) e John Sanderson Haldane (1892-1964) demonstraram que no arcabouço genotípico das populações, no tempo adequado, poderiam ser incorporados genes apenas com pequenas vantagens seletivas. Por ainda serem muito incipientes no início do século XX, explicações como essa ainda não eram desenvolvidas ao ponto de convencer outros evolucionistas a abandonarem o sentimento antigradualista herdado dos anos anteriores. Mesmo assim, Fisher e seus colaboradores propuseram uma teoria relativamente unificada que definia a evolução como mudanças nas frequências genéticas de

populações, ocasionadas pela seleção natural gradual de pequenas mutações aleatórias (MAYR, 2008).

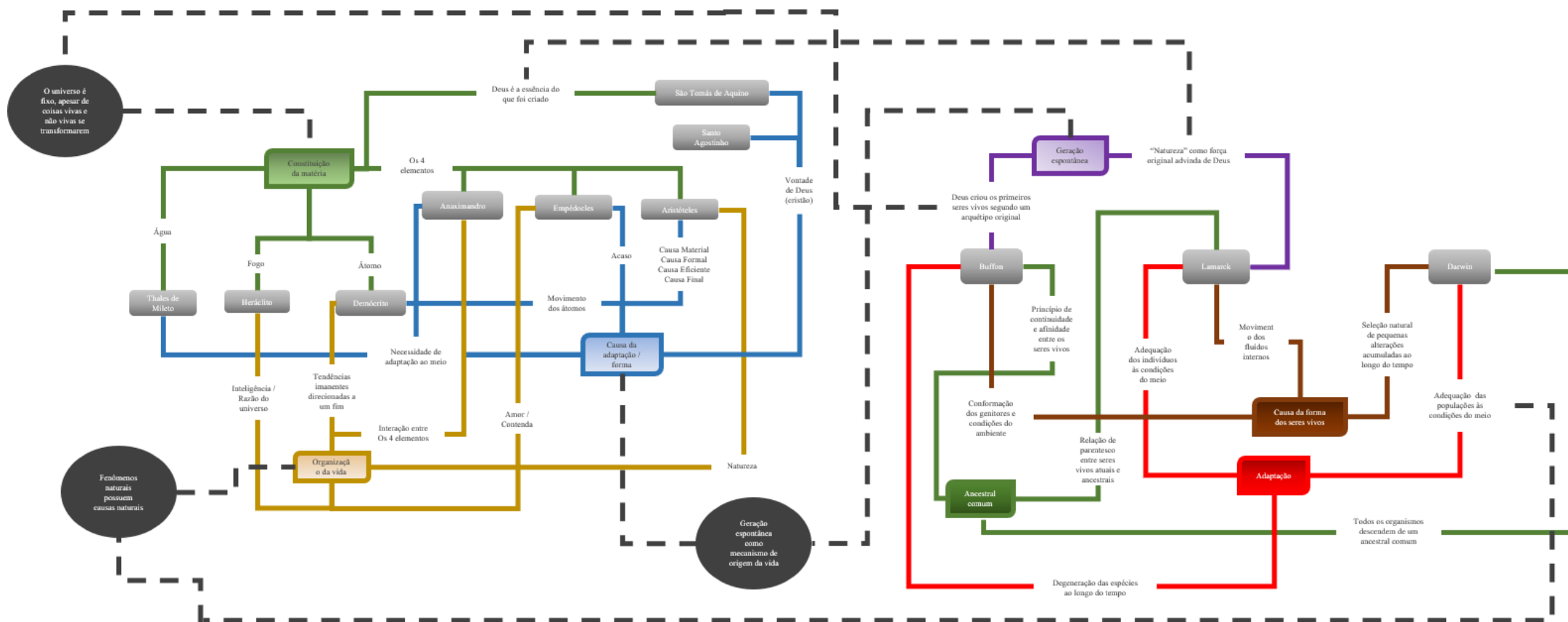
Fisher, Wright e Haldane abordaram massivamente a questão da origem da diversidade dos seres vivos, mas desprivilegiavam o papel da distribuição geográfica das espécies, e seu isolamento reprodutivo, como elemento fundamental à especiação. Somente em 1937 que um biólogo propôs de maneira satisfatória uma abordagem que tratava da diversificação das formas de vida a partir de um ancestral comum ao longo do tempo. A publicação do livro *Genetics and the origin of species* (Genética e a origem das espécies, 1937), de Theodosius Dobzhansky (1900-1975), abriu caminho para uma nova concepção evolutiva aliada à genética e biogeografia. Esse movimento resultou, em 1940, na proposição de uma síntese de conhecimentos, teorias e modelos, que tratou essencialmente da origem da biodiversidade (ARAÚJO, 2006).

A comunidade científica entrou em consenso e admitiu a Síntese Moderna da Evolução como novo paradigma para a biologia evolutiva. Pouco tempo depois, um novo campo da biologia trouxe ainda mais contribuições ao debate. Oswald Avery (1877-1955) demonstrou, em 1944, que a natureza estrutural do material genético não era constituída de proteínas, como se acreditava até então, mas por ácidos nucleicos. Mais impactante ainda foi a elucidação da estrutura do DNA, graças aos trabalhos com técnicas de difração de raios-X de Rosalind Franklin (1920-1958), e pelas contribuições de James Watson (1928 – ainda vivo) e Francis Crick (1916-2004), que em 1953 publicaram o artigo “Uma estrutura para o ácido desoxirribonucleico” na revista *Nature*. A descoberta mostrou que o DNA, enquanto código que contém as informações necessárias à manifestação da vida, é essencialmente o mesmo desde bactérias primitivas até organismos mais complexos, colocando em evidência o fato de que toda a vida da Terra descende de um ancestral em comum (MAYR, 2005). Assim, a biologia molecular passou a integrar a Síntese, avançando na compreensão dos processos que levam ao surgimento e adaptação das espécies, provando, inclusive, que a herança de caracteres adquiridos não é possível, uma vez que a informação genética só pode ser transferida de ácidos nucleicos para proteínas, e não o contrário (RIDLEY, 2006).

Quase oitenta anos se passaram desde a publicação do *Origem* para que biólogos, filósofos e entusiastas reconhecessem a teoria fundamental de Darwin – seleção natural – como um pressuposto teórico válido. Mesmo que a Síntese Moderna representasse o paradigma vigente da biologia evolutiva, as produções científicas acerca da origem, diversidade e adaptação das espécies não cessaram. Apesar de atualmente falar-se em “Síntese Estendida da Evolução”, defendemos e concordamos com a célebre frase de Dobzhansky, que acabou se

tornando título de um importante artigo publicado em 1973: “Nada na biologia faz sentido exceto à luz da evolução”.

Figura 6 – Representação imagética dos elementos de permanência e ruptura na historicidade do conceito de adaptação biológica



Fonte: elaborado pelo autor.

CAPÍTULO 3

3 A HISTORICIDADE DO CONCEITO DE ADAPTAÇÃO NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE BIOLOGIA

Como evidenciado nos dois primeiros capítulos deste trabalho, a produção do conhecimento científico é um fato histórico, que resulta da relação do ser humano com a natureza e seus semelhantes ao longo do tempo. Faz parte deste processo diversos elementos, que vão desde o modo como a sociedade se organiza até concepções filosóficas de caráter espiritual. É uma ação planejada, carregada de intenções e objetivos, que envolve a subjetivação e a objetivação da realidade. Com o passar dos séculos, o trabalho e os modos de produção do homem mudaram, levando à consequente transformação de si e da maneira de enxergar o mundo.

Nesse sentido, Nascimento Jr. (2011) distingue dois tipos de histórias: a História Natural, sendo aquela que diz respeito às transformações que ocorrem na natureza; e a História Social, que se refere às transformações nas relações de produção estabelecidas pelo ser humano. Contudo, uma não se desvincula da outra, permanecendo relacionadas dialética e reciprocamente. Como resultado dessa relação temos a Ciência, que traz as marcas das influências que se dão na interação entre natureza e sociedade. Assim, a investigação da natureza torna-se uma finalidade do esforço humano em busca da compreensão dos fenômenos naturais por meio da pesquisa científica. Pinto (1979), ao discutir o desenvolvimento do conhecimento científico, afirma que:

A pesquisa científica é um aspecto, na verdade momento culminante, de um processo de extrema amplitude e complexidade pelo qual o homem realiza sua suprema possibilidade existencial, aquela que dá conteúdo à sua essência de animal que conquistou a racionalidade: a possibilidade de dominar a natureza, transformá-la, adaptá-la às suas necessidades. Este processo chama-se “conhecimento”. Estende-se dos primórdios da evolução biológica até as formas mais altas da escala animal e em sua manifestação superior revelada pelo surgimento de ideias na consciência humana. Tais ideias, na etapa mais elevada, multiplicam-se graças à execução da pesquisa científica, cuja finalidade última consiste em dotar a consciência de novas ideias, representativas de conteúdos até então ignorados da realidade exterior. Deste modo, tem prosseguimento o avanço sem fim do conhecimento humano (PINTO, 1979, p. 13).

A biologia, enquanto uma ciência independente imbuída de atributos, técnicas e conhecimentos específicos ao estudo de seu objeto (a vida), também possui um histórico particular. Apropriar-se desse conhecimento significa ter instrumentos teóricos que, na relação

entre a realidade material apreendida pelos sentidos com estruturas mentais que dão significado a ela, possibilita a busca de repostas para velhas questões e a proposição de novas indagações. Àqueles responsáveis por ensinar essa ciência, portanto, é indispensável seu domínio teórico e conceitual.

Uma vez que a Teoria da Evolução se constitui, segundo Nascimento Jr. (2010), como uma teoria fundamental da biologia, a compreensão de seus conceitos estruturantes é necessária para a articulação de seu ensino e aprendizagem. Para tanto, nos cursos de formação de professores de ciências e biologia, o arcabouço histórico-filosófico desses conhecimentos configura-se como elemento de estudo, dada sua importância como eixo integrador dos conhecimentos biológicos. Nesse sentido, no presente capítulo, discutiremos a concepção de ideia e conceito, no movimento de produção do conhecimento científico e na relação com a formação de professores de biologia, com base na análise do Projeto Pedagógico de Curso de um curso de licenciatura em ciências biológicas de uma instituição federal de ensino superior.

3.1 O CONCEITO DE ADAPTAÇÃO COMO REFLEXO DO GERAL E DO ESSENCIAL NO FENÔMENO EVOLUTIVO

Para desvelar a historicidade de um conceito, ou seja, resgatar o processo lógico-histórico de seu desenvolvimento – como propõe esta pesquisa – antes é necessário delimitar as bases teóricas que fundamentam tal movimento. Nesse sentido, entendemos que Pável Kopnin (1922-1971), em sua obra “A dialética como lógica e teoria do conhecimento” (1978), lança mão de pressupostos que explicam o modo como uma ideia se desdobra ao longo do tempo em um conceito, expondo que este é um processo sem um fim em si mesmo; mas, que continua em um ciclo que vai do particular ao universal, para depois retornar ao particular de forma elaborada, sistematizada e generalizada.

Ao adotarmos o conceito de adaptação biológica, como objeto de pesquisa, não o fazemos deliberadamente. É um objeto Histórico, pois resulta do esforço de pessoas que por mais de dois mil anos elaboraram, cancelaram ou silenciaram sistemas explicativos para um fenômeno natural, traduzido no questionamento: quem ou o que define a forma ou o funcionamento dos seres vivos, que parecem tão bem ajustados ao ambiente em que vivem? Ao longo do tempo, as etapas de desenvolvimento de sistemas explicativos para esse fenômeno passaram por mudanças, tanto em seus elementos estruturantes como em suas bases fundamentais. Houve influência da mitologia, como nas cosmogonias elaboradas pelos filósofos pré-socráticos; da religião e da fé, percebidas nas defesas de Santo Agostinho e São Tomás; da descoberta de

novos mundos dada a expansão marítima no período das grandes navegações; da observação isenta de qualquer elemento metafísico; da organização social dividida em classes e do aumento populacional em desacordo com a produção de alimento, como defendeu Thomas Malthus (1766-1834), levando Darwin a propor a luta pela sobrevivência como um mecanismo de seleção.

Portanto, a adaptação é um conceito imbuído de um percurso Histórico por representar, nas estruturas mentais, o reflexo de um fenômeno real, que acontece na natureza independente da vontade de qualquer ente racional – seja ele humano ou metafísico. E o pensamento é o modo pelo qual visamos reproduzir um processo histórico, considerando toda sua complexidade, objetividade e contradição. Além disso, a adaptação pode ser compreendida segundo seu percurso Lógico, que é o meio pelo qual o pensamento realiza a tarefa de – a partir de apreensões através dos sentidos, da observação e da abstração – captar o fenômeno real e refletir todo seu Histórico de forma teórica. Ou seja, munido de todas as formas de explicação e tentativas de compreensão do fenômeno, o pensamento reproduz a essência (não o Histórico concreto) do objeto e seu desenvolvimento no sistema de abstrações de maneira teorizada e sistematizada. Para Kopnin (1978), o Histórico é primário em relação ao Lógico e a lógica reflete os principais períodos da história.

Segundo o autor “a lógica do movimento do pensamento tem como uma de suas leis principais a ascensão do simples ao complexo, do inferior ao superior” (KOPNIN, 1978, p. 184). Na busca pela compreensão de dado conceito, parte-se de seus aspectos mais básicos, adequando esse movimento à uma escala que tende a aumentar sua complexidade na medida em que novos elementos são inseridos. Contudo, para desvelar a essência de um objeto é necessário resgatar o desenvolvimento de seu processo histórico. Por exemplo, desvelar a essência da adaptação biológica pressupõe conhecer a história da evolução dos seres vivos enquanto fenômeno natural e suas elaborações explicativas, pois caso contrário, a adaptação reduz-se ao simples ajuste dos organismos ao ambiente devido alguma necessidade ou uso e desuso de suas partes.

Ao estudarmos a história do desenvolvimento de um objeto (conceito) criamos as premissas que são fundamentais à compreensão profunda de sua essência. E é a riqueza gerada pelo processo de conhecimento dessa história que permite o movimento de retornar à definição de sua essência e, assim, corrigir, completar e elaborar conceitos que o expressam. Nesse sentido, para elevar o conhecimento do objeto é fundamental conhecer sua história. De acordo com Kopnin (1978):

O lógico reflete não só a história do próprio objeto como também a história do seu conhecimento. Daí a unidade entre o lógico e o histórico ser premissa necessária para a compreensão do processo de movimento do pensamento, da criação da teoria científica (KOPNIN, 1978, p. 186).

Kopnin (1978) faz distinção entre ideias²⁹ acerca de um fenômeno, criadas a partir de observações do real, e o(s) conceito(s) que o estrutura teoricamente. Nesse contexto, a ideia é o conceito em formação; o processo que leva da ideia à elaboração de um conceito considera o esforço de pessoas dedicadas ao estudo do fenômeno ao longo do tempo, organizando as explicações em sistemas lógicos do pensamento. A soma e unificação das ideias resulta na dedução. Então, quando Aristóteles – enquanto residia na ilha de Lesbos – conversava com caçadores e criadores de animais domésticos, observava a relação entre animais selvagens e o ambiente, registrava o fato de golfinhos serem mamíferos ao invés de peixes por conta de características anatômicas e comportamentais, eram ideias acerca dos organismos que se acumulavam em seus registros. Todas as ideias sobre os fenômenos naturais, fundidas, formam os conceitos:

Efetivamente, o juízo e a dedução desempenham imenso papel na formação dos conceitos. Para encontrar nos fenômenos o universal que é refletido no conceito, é necessário abranger o objeto de todos os lados, emitir toda uma série de juízos sobre aspectos isolados do mesmo. O essencial no fenômeno não pode ser definido sem um sistema integral de deduções. Na formação dos conceitos cabe enorme papel à análise enquanto movimento que parte do concreto, dado nas sensações, ao abstrato, cabendo também à síntese enquanto movimento do abstrato a um novo concreto, que é o conjunto das definições abstratas. Constituído, o conceito leva implícitos, em forma original, todas as ideias e deduções que se verificaram no processo de sua formação. O conceito é a confluência, a síntese das mais diversas ideias, o resultado e um longo processo do conhecimento (KOPNIN, 1978, p. 191).

O conceito é mais sólido e mais constante em relação a ideia por ser ele o reflexo do geral e do essencial no fenômeno, que traz em si todas as propriedades, conexões e influências exteriores. É necessário ao conceito responder do que se trata o objeto e qual é sua essência, enquanto a ideia aponta seus aspectos gerais, propriedades e indícios que possui. Enquanto o movimento das ideias gera e fixa resultados no pensamento, o conceito considera o conhecimento produzido acerca do objeto como uma reunião das ideias em um todo, complexo e único. O conceito é uma redução das ideias, entretanto guarda o essencial no conteúdo dessas; e uma vez obtido, ele se traduz em um novo degrau no movimento do pensamento. “A ideia está presente em toda abstração, existe em toda parte: nos conceitos, nas deduções, nas teorias, etc. Todo conhecimento, se existe em realidade para o homem, tem a forma de ideia ou de

²⁹ Em sua obra, Kopnin chama de juízo o que entendemos por ideia. Juízo é a forma mais simples e mais importante de abstração, que constitui simultaneamente o traço característico de todo o processo de pensamento (KOPNIN, 1978).

sistemas de ideias” (KOPNIN, 1978, p. 196). Portanto, quando falamos em desvelar os fundamentos de uma ideia para a compreensão de uma teoria – como traz o título desta pesquisa – buscamos compreender a historicidade de um conceito muito caro para a teoria da evolução das espécies, a adaptação biológica, e seus principais elementos e aspectos que traduzem o essencial do fenômeno, que é histórico e lógico.

3.2 A FORMAÇÃO DE PROFESSORES E UM DIÁLOGO COM O PROJETO PEDAGÓGICO DE CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DA UFG

O Projeto Pedagógico de Curso (PPC) é um documento que organiza o curso de formação com base em discussões e debates entre aqueles – professores, técnicos administrativos e alunos – que estão profundamente inseridos no processo de capacitar e habilitar os profissionais que atuarão no mercado de trabalho como professores de ciências e biologia. O PPC é o instrumento de gestão mais utilizado pelas coordenações de curso, pois ao passo em que define as concepções para a formação do aluno, também se caracteriza como um projeto de vida, por definir qual modelo de sociedade pretende construir, onde o profissional formado atuará. É o desenho do que o curso oferta, trazendo em si o reflexo da intenção e o tipo de formação a que se espera.

O presente diálogo considerou o PPC³⁰ da Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás não por ter sido a instituição onde construímos nossa jornada acadêmica, mas por ser um documento cujos pressupostos para a organização do curso de formação de professores se alinham aos objetivos desta pesquisa. O texto é resultado da articulação entre os integrantes do Núcleo Docente Estruturante do curso que, entre os anos de 2011 e 2013, promoveram reuniões para discutir a proposta formativa do Instituto de Ciências Biológicas para o professor de ciências e biologia, culminando na aprovação do texto e na instituição da Resolução – CEPEC N° 1527 que “aprova o Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Ciências Biológicas, grau acadêmico Licenciatura, modalidade presencial, do Instituto de Ciências Biológicas da Regional Goiânia, para os alunos ingressos a partir de 2015” (UFG, 2017, p. 1).

Uma demarcação importante, presente no documento, diz respeito a importância da valorização da identidade do professor enquanto profissional. Os autores ressaltam a dicotomia

³⁰ Disponível em:

https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/99/o/PPC_Licenciatura_Ci%C3%A7ncias_Biol%C3%B3gicas_.pdf?1427467963

histórica entre bacharelado e licenciatura, em que esta última tradicionalmente não constitui uma habilitação com especificidades próprias, mas resume-se a uma extensão do bacharelado, mais valorizado e prestigiado. A habilitação em licenciatura deve se pautar em uma atuação profissional docente considerando marcos conceituais e epistemológicos específicos à identidade do professor (UFG, 2017). Apesar do debate bacharelado/licenciatura defendemos que para ambas as habilitações é fundamental, a princípio, um profundo domínio acerca da natureza dessa ciência e seu processo de elaboração e desenvolvimento.

Pesquisas apontam que nos cursos de formação de professores de biologia há a concepção de que a atuação docente pode ser construída estritamente mediante a prática, como se para lecionar bastasse o professor ter domínio dos conteúdos específicos da biologia, e que ensinar reduz-se à mera transmissão desse conhecimento (MIRANDA et al., 2012). Resultados como esses chamam atenção para a necessidade de haver PPCs que visem a formação de profissionais críticos e conscientes, professores que dominem e tenham propriedade da biologia, suas teorias fundamentais e seus conceitos estruturantes; ao invés de cancelar a função de ensinar ao “biólogo que sabe dar aula” (UFG, 2014, p. 6).

Diante dessa realidade, um dos principais objetivos da reformulação do PPC foi construir uma identidade docente nos acadêmicos, uma vez que o próprio Conselho Federal de Biologia estabeleceu uma carga horária mínima de 3.200 horas de componentes curriculares das Ciências Biológicas para que bacharéis possam exercer a profissão de biólogo. Apesar de não possuir competência para normatizar a profissão de professor de Biologia, o Conselho Federal de Biologia – via resolução nº 300/2012 – denota a importância de considerar licenciatura e bacharelado em biologia como profissões distintas e específicas, separando também as propostas pedagógicas de cada curso, apesar de se tratar da mesma ciência. Segundo o documento:

Considerando o fazer docente, o termo “Biologia” indica as discussões que o professor realizará na Educação Básica ao ensinar os conceitos. Contudo, a Biologia por si só, não garante a abordagem da dimensão complexa do que é ser professor no cenário educacional brasileiro. Assim, este mesmo professor, necessita compreender as dimensões multifacetadas da inserção do conhecimento biológico no contexto educacional e social, considerando os condicionantes de sua produção na perspectiva das inter-relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (UFG, 2014, p. 7).

Norato (2019, p. 20) afirma que “pensar uma proposta de ensino que se fundamente nos aspectos internos e externos da ciência para o ensino de Ciências é um desafio, já que esta é uma área que foi construída historicamente na dissociação entre forma e conteúdo”. Ao apresentarmos a historicidade do conceito de adaptação biológica mostramos, a partir de uma

perspectiva sincera da História e Filosofia da Ciência, como os fatores internos e externos à biologia influenciaram no desenvolvimento desse conceito. O professor de biologia, no exercício da docência, não necessariamente discutirá com estudantes do ensino básico que a disputa por rotas comerciais marítimas, insuflada pela coroa britânica, estimulava expedições científicas pelos oceanos.

Contudo, ter consciência de que Charles Darwin foi escolhido para compor a tripulação do HMS Beagle por ser neto de Erasmus Darwin (que participou ativamente da Revolução Industrial na Inglaterra no final do século XVIII), e por ser um destacado estudante de história natural; dá ao professor maior autonomia tanto no planejar como no conduzir a mediação de seus conteúdos. Nesse sentido, o resgate do percurso lógico-histórico do desenvolvimento do conceito de adaptação biológica avança na problemática apresentada, uma vez que a autora aponta que em cursos de formação de professores, ou há maior valorização de aspectos internalistas, ou o privilégio de aspectos externalistas (NORATO, 2019).

Nesse contexto, entendemos que formar professores de biologia é uma atividade complexa, uma vez que para a prática docente não basta apenas ter o domínio conceitual do conhecimento biológico a fim de “aplicá-lo”. O PPC do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFG traz que para ensinar biologia na educação básica é necessário ao docente: a) compreender a natureza do conhecimento biológico, traduzido na epistemologia da ciência; b) ter consciência, domínio e propriedade do que ensinar, ou seja, os conteúdos específicos de biologia; c) demarcar o papel social da escola; d) considerar a prática de ensino, os modos pedagógicos capazes de mediar os conhecimentos biológicos no processo de ensino-aprendizagem; e e) compreender para quem ensinar biologia, os sujeitos da aprendizagem (UFG, 2014). Esses elementos estão diretamente relacionados aos aspectos externalistas e internalistas da biologia.

Entendemos que a presente pesquisa apresenta o “como” materializar os dois primeiros aspectos que o documento sinaliza. Uma vez que desvelar a historicidade do conceito de adaptação biológica parte do estudo da ciência na busca de sua origem, natureza e limites, compreendê-lo é também resgatar a epistemologia da biologia. Significa apresentar as diferentes formas de explicar dado fenômeno, contrapor sistemas explicativos que passam por processos de ruptura e permanência ao longo do tempo, e discutir as concepções de mundo, homem e natureza de filósofos, naturalistas e cientistas. Com tal apropriação, mais do que conhecer conteúdos específicos, o professor de biologia tem condições de pautar sua prática pedagógica segundo um olhar sobre a totalidade da ciência a que pertence, tendo clareza de

seus limites e intersecções com outras áreas do saber, bem como promover a interdisciplinaridade não somente no campo teórico, mas também em sua realidade profissional.

Ter domínio e propriedade do que ensinar significa apropriar-se dos conteúdos biológicos para além de definições que reduzem todo um arcabouço teórico-conceitual a técnicas de ensino. É compreender os elementos que estão na origem dos sistemas explicativos e como esses se desenvolveram em conceitos que estruturam teoricamente os conteúdos biológicos. Sendo a adaptação uma questão central na teoria da evolução das espécies, teoria que unifica os conhecimentos biológicos, é imprescindível ao professor de biologia ter consciência de como, historicamente, as abstrações resultantes de ideias acerca deste fenômeno se estruturaram no pensamento a partir de um movimento lógico, criando, assim, os sistemas explicativos chancelados pela comunidade científica.

Quanto aos demais aspectos apontados pelo PPC (demarcar o papel social da escola, considerar a prática de ensino e compreender para quem ensinar biologia), este trabalho não traz elementos suficientes para sustentar tais discussões. Contudo, “no tocante ao ‘o que ensinar’, é fundamental considerar que o conhecimento biológico não é produzido desvinculado de seu contexto sócio-histórico. Por isso, faz-se necessárias discussões epistemológicas durante a formação inicial do professor de Biologia” (UFG, 2017, p. 6). Assim, nosso empenho em desvelar a historicidade do processo de desenvolvimento da ideia de adaptação em conceito justifica-se pelos resultados de outras pesquisas, como a de Cachapuz et al. (2005), que defende que a ausência dessas discussões permite a primazia de visões distorcidas da atividade científica, desconsiderando-a como resultado de processos históricos, falíveis e contraditórios.

A partir da análise do ementário de disciplinas contido no PPC e suas respectivas bibliografias, o quadro 9 apresenta o número de vezes em que as palavras “evolução” e “adaptação” aparecem; chamando atenção para a valorização de uma em detrimento da outra.

Buscar nas raízes do conhecimento o modo como foi produzido ao longo do tempo é considerar que um ensino propedêutico baseado no conteudismo, cujo foco aponta apenas para os produtos da atividade científica, precisa ser superado. Pois, ao considerar a transposição de conceitos resultantes da produção do conhecimento científico, a formação de professores não pode desvincular-se das questões que estabelecem as relações entre os conceitos que estruturam a biologia, dos períodos históricos nos quais foram elaborados, dos vínculos com as pessoas que os produziram, e das práticas científicas que permearam todo o processo. Mais do que sinalizar mudanças no processo formativo do professor, esta pesquisa lança mão de um movimento que considera aspectos sócio-históricos-culturais, conceituais e epistemológicos

como uma perspectiva balizadora para propostas pedagógicas de cursos de licenciaturas em ciências biológicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Kopnin (1978, p. 192) defende que “para o juízo³¹ não é absolutamente obrigatório que seu predicado seja o reflexo do universal no objeto. Mas tão logo o desenvolvimento do juízo atinge o ponto em que o conteúdo do seu predicado é constituído pelo reflexo do geral e do essencial, o juízo se converte em conceito”. As palavras do autor denotam o objetivo principal desta pesquisa, que foi desvelar o movimento do pensamento, na produção do conhecimento científico, que levou ideias simples acerca de um fenômeno natural – adaptação biológica – à elaboração de um conceito central para a teoria da evolução das espécies.

A abordagem escolhida para tal empreitada partiu da História e Filosofia da Ciência, uma vez que, como perspectiva, nos permite buscar nas raízes da produção científica os caminhos que levaram o ser humano a sair de sua condição primitiva e submissa na relação com a natureza para, então, assumir lugar de domínio e controle sobre a realidade a fim de transformá-la e, conseqüentemente, por ela ser transformado.

Seguindo o movimento da lógica dialética, que parte do particular para o universal para depois retornar ao particular, o conceito de adaptação biológica é aquele do qual é possível compreender a historicidade da teoria que unifica os conhecimentos biológicos, a teoria da evolução. Charles Darwin, em suas teorias evolutivas, já elencava a adaptação dos seres vivos como um mistério a ser resolvido, sendo que qualquer teoria evolutiva que não propusesse explicações satisfatórias acerca do problema, não poderiam ser verdadeiras (DARWIN, 2018). De igual forma, Futuyma (2002) e Ridley (2006) colocam a adaptação como elemento central a ser compreendido. Nesse sentido, buscamos resgatar seu percurso lógico e histórico, pois desde o princípio da ciência Ocidental (com os filósofos pré-socráticos) têm-se sistema explicativos que se propõem a compreender o fenômeno. Além disso, Kopnin (1978) defende que a produção do conhecimento é dinâmica, e se dá na relação entre ideias, juízos e conceitos; pensamento, deduções e elaborações; lógica e história. Kopnin (1978) diz que:

Para formar uma dedução e através desta adquirir novo conhecimento, é necessário partir dos juízos e conceitos já existentes. Os novos conceitos e juízos obtidos como resultado da dedução se constituem no ponto de partida para a formação de novas deduções, que levam a um novo conhecimento (KOPNIN, 1978, p. 191).

Todos os trabalhos utilizados como *corpus* de análise da presente pesquisa concordam que a teoria da evolução das espécies é o eixo integrador dos conhecimentos biológicos. Além disso, defendem que uma abordagem histórica da construção do conhecimento científico na

³¹ Ao longo desta pesquisa chamamos de “ideia” o que o autor entende por “juízo”.

formação de professores de biologia surge como alternativa de superação de um ensino tradicionalmente conteudista. De igual forma, os documentos oficiais que direcionam a educação brasileira, como a Base Nacional Comum Curricular (2016) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (2019), apontam para a evolução das espécies, enquanto sistema teórico, como princípio integrador dos componentes curriculares e seus conteúdos na prática pedagógica do professor. No entanto, nenhum deles apresentam o “como” ou “o que” de histórico e filosófico deve ser considerado, que é o oposto do objetivo desta pesquisa. O resgate da historicidade do conceito de adaptação busca responder à pergunta/problema: **quais elementos da historicidade do conceito de adaptação biológica podem ser considerados como centrais para a compreensão da teoria da evolução das espécies na formação de professores de biologia?**

Longe de criar a receita cabal para esse movimento, nosso trabalho é a sugestão de uma proposta para a abordagem histórica no processo de ensino e aprendizagem durante a formação de professores de biologia. Evidentemente, no espaço de uma pesquisa de mestrado seria impossível abarcar todos os lados de uma ciência tão complexa, por isso foram feitos recortes, tanto em relação ao objeto de estudo, como “o que” dele estudar. Para apreender a historicidade do conceito de adaptação, optamos por trazer filósofos e naturalistas que de alguma maneira abordaram esse fenômeno, sendo importantes representantes da construção do conhecimento de seu tempo. Por ser um processo histórico, nossa apresentação teve caráter linear, cabendo ressaltar, porém, a valorização dos elementos de permanência e ruptura ao longo dos períodos discutidos.

Esperamos que o conteúdo desta pesquisa venha subsidiar tanto o professor em formação no que diz respeito à historicidade, ou seja, o que é preciso conhecer, em relação a teoria da evolução das espécies enquanto eixo unificador dos conteúdos biológicos; bem como dar condições para que possa buscar a historicidade de outros conceitos estruturantes da biologia, como a transmissão, interação, organização e equilíbrio (NASCIMENTO JR., 2010). Além disso, esperamos também que nosso movimento, pautado na História e Filosofia da Ciência enquanto abordagem, sirva de referência para que os cursos de formação de professores sejam (re)pensados conforme traz os objetivos do PPC da Licenciatura em Ciências Biológicas da UFG:

Proporcionar uma visão histórico-filosófica da construção do pensamento e do conhecimento biológico que auxilie a contextualização dos processos científicos e de seu ensino na Educação Básica. [...] Fornecer os elementos teóricos e práticos relacionados as ciências biológicas e as ciências da educação proporcionando sólida

competência conceitual, que capacite o licenciando para trabalhar na formação científica dos alunos na Educação Básica (UFG, 2014, p. 10).

Por fim, agradecemos a todos os que venceram essa leitura carregada de dados históricos, visões filosóficas e discussões acerca do lugar da biologia enquanto ciência na formação de professores. Reconhecemos que o trabalho é árduo e não se encerra aqui, ao contrário, ainda há muito o que pesquisar. Por hora, ficamos satisfeitos com o resultado construído ao buscarmos na historicidade do conceito de adaptação muito mais que um conjunto reduzido de definições e equações de genética populacional.

Acreditamos também que só uma mudança de postura radical frente a concepção de educação no Estado brasileiro – principalmente em tempos de obscurantismo e incertezas – pode tornar a escola aquilo que ela é essencialmente: lugar de transformação, de tornar o sujeito que aprende consciente de seu papel numa sociedade inserida em um ambiente natural, e ao sujeito que ensina ratificar sua responsabilidade e autoridade como agente transformador. E isso só é possível mediante a apropriação de todos os aspectos do fazer docente, inclusive o profundo e consciente domínio da ciência que ensina.

REFERÊNCIAS

- AGOSTINHO, Santo. **Comentário ao Gênesis**. São Paulo: Paulus, (Coleção Patrística, n. 21), 2005.
- ALMEIDA, E. R.; CHAVES, A. C. L. O ensino de biologia evolutiva: as dificuldades de abordagem sobre evolução no ensino médio em escolas públicas do estado de Rondônia. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA*, 4., 2014, Paraná. Disponível em: <http://sinect.com.br/anais2014/anais2014/artigos/ensino-de-biologia/01408135602.pdf> Acesso em: 10/06/2019.
- ARAÚJO, A. M. Síntese evolutiva, constrição ou redução de teorias: há espaço para outros enfoques? **Filosofia e História da Biologia**, v.1, p. 5-19, 2006.
- ARISTÓTELES. **Física I-II**. Campinas-SP: Editora Unicamp, 2009.
- ARISTÓTELES. **Partes dos animais**. Lisboa: Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa, 2010.
- ASIMOV, I. **Conquistas da ciência**. Rio de Janeiro: Distribuidora Record (Enciclopédia Juvenil, v. 37), 1964.
- BATTISTI, C. A. O método de análise cartesiano e o seu fundamento. **Scientia e Studia**, São Paulo, v. 8, n. 4, p. 571-96, 2010.
- BORDIN, R. A.; MELO, J. J. P. Parmênides de Eleia, um convite à instrução e ao saber. *In: JORNADA DE ESTUDOS ANTIGOS E MEDIEVAIS*, 12., Maringá-PR, 2013. Disponível em: <http://www.ppe.uem.br/jeam/anais/2013/pdf/06.pdf>. Acesso em: 12/05/2019.
- BORNHEIM, Gerd. **Os filósofos pré-socráticos**. São Paulo: Editora Cultrix, 1998.
- BOWLER, Peter. **The eclipse of Darwinism: anti-Darwinian theories in the decades around 1900**. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1992.
- BRANDÃO, R. E. A beleza ontológica na cosmologia filosófica de Santo Agostinho. **Revista Ética e Filosofia Política**, v. I, n. XVIII, p. 53-73, ago. 2015.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: Ministério da Educação e Cultura, 2016.
- BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais (Ensino Médio)**. Brasília, DF: Ministério da Educação e Cultura, 2000.
- BRASIL. **Orientações curriculares para o ensino médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias (volume 2)**. Brasília, DF: Ministério da Educação e Cultura, 2006.
- BUFFON, George Louis Leclerc. **De la dégénération des animaux**. Norp-Nop Editions, 2011.
- BUFFON, George Louis Leclerc. **Histoire et théorie de la terre**. Norp-Nop Editions, 2011.

BUFFON, George Louis Leclerc. **Les époques de la nature**. Norp-Nop Editions, 2011.

BUCHWALD, J. H. Darwin and the dilemma of geological time. *Isis*, v. 65, n. 3, p. 301-321, set. 1974.

BURKHARDT, Richard. **The spirit of system: Lamarck and evolutionary biology**. Cambridge, MA: Belknap of Harvard University, 1963.

CACHAPUZ, Antônio; GIL-PEREZ, Daniel; CARVALHO, Ana Maria; PRAIA, João; VILCHES, Amparo. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo – SP: Cortez Editora, 2005.

CAMPOS, R. D. da S. O Conde de Buffon e a Teoria da Degenerescência do Novo Mundo no Século XVIII. In: FÓRUM DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM HISTÓRIA DA UEM, 5., Maringá-PR, 2010. Disponível em: <http://www.ndh.ufms.br/wp-anais/Anais2010/Aceitos%20em%20ordem%20alfabetica/Rafael%20Dias%20da%20Silva%20Campos.pdf>. Acesso em 12/05/2019.

CAPONI, G. Unidad de tipo y degeneración em la *Historia Natural de Buffon*. **Filosofia e História da Biologia**, v. 3, p. 179-194, 2008.

CAPONI, Gustavo. **Buffon**. México: UAM, 2010.

CAPONI, G. La discontinuidad entre lo humano y lo animal em la Historia natural de Buffon. **História, Ciências, Saúde**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 1, p. 59-74, 2017.

CARVALHO, Ana Maria; GIL-PEREZ, Daniel. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. São Paulo: Cortez, 7 ed. (Coleção Questões da Nossa Época; v. 26), 2003.

CARVALHO, Cláudio; ALMEIDA, Eduardo. **Biogeografia da América do Sul: padrões e processos**. São Paulo: Roca, 2010.

CASTAÑEDA, Luzia. **Caracteres adquiridos: a história de uma ideia**. São Paulo: Editora Scipione, 1997.

CHERNI, Amor. **Buffon: la nature et son histoire**. Paris: PUF, 1998.

CICILLINI, G. A. A formação de professores: revisitando a própria prática. **Ensino Em Re Vista**, Uberlândia-MG, v. 02, n. 02, p. 31-39, 1993.

CICILLINI, G. A. A história da ciência e o ensino de biologia. **Ensino Em Re-Vista**, Uberlândia-MG, v.1, n.01, p. 7-14, 1992.

DAMIÃO, A. P. O Renascimento e as origens da ciência moderna: interfaces históricas e epistemológicas. **História da Ciência e Ensino**, v. 17, p. 22-49, 2018.

DARWIN, Charles Robert. **A evolução: cartas seletas de Charles Darwin 1860-1870**. São Paulo: Editora UNESP, 2009.

DARWIN, Charles Robert. **A origem das espécies**. São Paulo: Edipro, 2018.

DELAGE, Yves.; GOLDSMITH, Marie. **As teorias da evolução**. Lisboa: Livrarias Aillaud e Bertrand, 1922.

DELUMEAU, Jean. **A civilização do Renascimento**. Lisboa: Editorial Estampa, 1983.

DESMOND, Adrian; MOORE, James. **Darwin**: A vida de um evolucionista atormentado. São Paulo: Geração Editorial, 3 ed., 2000.

DIAS, F. M. G.; BORTOLOZZI, J. Como a evolução biológica é tratada nos livros didáticos do ensino médio. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis-SC. Disponível em: <http://www.posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienepec/pdfs/670.pdf>. Acesso em: 23/05/2019.

DOBZHANSKY, T. Nothing in biology makes sense except in the light of Evolution. **The American Biology Teacher**, v. 35, n. 3, mar. 1973. Disponível em: <https://biologie-lernprogramme.de/daten/programme/js/homologer/daten/lit/Dobzhansky.pdf>. Acesso em: 20/10/2019.

FERREIRA, R. A.; OLIVEIRA, M. C. A. Jean Baptiste Lamarck: equívocos históricos e implicações para o ensino de Biologia. *In*: ENCONTRO REGIONAL DE ENSINO DE BIOLOGIA DO NORDESTE, 5., 2013, Natal -RN. Disponível em: https://www.academia.edu/5759549/Jean_Baptiste_Lamarck_equ%C3%ADvocos_hist%C3%B3ricos_e_implica%C3%A7%C3%B5es_para_o_ensino_de_Biologia. Acesso em: 17/03/2019.

FOUREZ, G. Crise no ensino de ciências. **Investigação em Ensino de Ciências**, v.8(2), p. 109-123, 2003.

GAGLIARDI, R. Cómo utilizar la historia de las ciencias em la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y exoerencias didácticas**, v. 6, n. 3, 6(3), 1988.

GOEDERT, L.; DELIZOICOV, N. C.; ROSA, V. L. A formação de professores de biologia e a prática docente: o ensino de evolução. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2004, Porto Alegre - RS. Disponível em: <http://www.fep.if.usp.br/~profis/arquivos/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL012.pdf>. Acesso em: 03/06/2019.

GOMES, Gustavo Laet. **A química atomista de Leucipo e Demócrito no tratado Sobre a geração e a corrupção de Aristóteles**. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-AWGL87/1/disserta__o_gomes_gustavo.pdf. Acesso em: 4 set. 2019.

GIL PEREZ, D. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência e Educação**, v.7, n.2, p. 125-153, 2011.

GILSON, Étienne. **La filosofía en la Edad Media**. Madrid: Ed. Gredos, 1985.

HENRY, John. **A revolução científica e as origens da ciência moderna**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.

HOBUSS, João Francisco Nascimento. **Introdução à história da filosofia antiga**. Pelotas: NEPFIL online, 2014. Disponível em: <http://nepfil.ufpel.edu.br/publicacoes/1-introducao-a-historia-da-filo-antiga.pdf>. Acesso em: 10/07/2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. **Projeto Pedagógico de Curso**: Licenciatura em Ciências Biológicas. [Goiânia: UFG], 2014. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/99/o/PPC_Licenciatura_Ci%C3%A4ncias_Biol%C3%B3gicas_.pdf?1427467963. Acesso em: 23 fev. 2020.

JAEGER, Werner. **PAIDÉIA: A formação do homem grego**. São Paulo: Martins Fontes, 1995.

JOHNSON, Monte Ransome. **Aristotle on teleology**. Oxford: Clarendon Press, 2005.

KLEPKA, V.; CORAZZA, M. J. O essencialismo na classificação de Lineu e a representação dessa controvérsia na Biologia. **História da Ciência e Ensino**, v. 18, p. 73-110, 2018.

KOPNIN, Pável Vasílievich. **A dialética como lógica e teoria do conhecimento**. Rio de Janeiro: Editora Civilização Brasileira (Coleção Perspectivas do Homem), 1978.

KOSIK, Karel. **Dialética do concreto**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.

LAMARCK, Jean-Baptiste Pierre Antoine Monet. **Zoological philosophy**. New York and London: HAFNER PUBLISHING COMPANY, 1963.

LAMARCK, Jean-Baptiste Pierre Antoine Monet. **Histoire naturelle des animaux sans vertèbres**. Paris: Verdière, 1822.

LAMARCK, Jean-Baptiste Pierre Antoine Monet. **Système analytique des connaissances positives de l'homme**. Paris: Chez l'Auteur, au Jardin du Roi, 1820.

LARCHER, Pierre Henri. **História de Heródoto**. eBooksBrasil, 2006. Disponível em: <http://www.ebooksbrasil.org/adobeebook/historiaherodoto.pdf>. Acesso em: 15/06/2019.

LICATTI, Fábio. **O ensino de evolução biológica no nível médio: investigando concepções de professores de biologia**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2005. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90884/licatti_f_me_bauru.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 23 ago. 2019.

LOPES, M. M. Culturas das ciências naturais. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 3, p. 457-470, 2005.

MARANDINO, Martha; SELLES, Sandra Escovedo; FERREIRA, Marcia Serra. **Ensino de biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. São Paulo: Cortez, 2009.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. **Nos tempos de Lamarck: o que ele realmente pensava sobre evolução orgânica.** Programa de Estudos Pós-Graduados em História da Ciência, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo; Grupo de História e Teoria da Ciência, Universidade Estadual de Campinas, 2000.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. **A teoria da progressão dos animais, de Lamarck.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Cmapinas, Campinas, 1993. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/317264>. Acesso em: 10 jul. 2019.

MARTINS, R. de A. A doutrina das causas finais na Antiguidade: a teleologia na natureza, segundo Aristóteles. **Filosofia e História da Biologia**, v.8, n.2, p. 167-209, 2013.

MARVILLA, Miguel. **O Império Romano e o Reino dos Céus: a construção da imagem sagrada do imperador “De laudibus Constantini”,** de Eusébio de Cesaréia (séc. IV d.C.). Vitória: Flor&cultura, 2007.

MAYR, Ernst. **O que é a Evolução.** Rio de Janeiro: Rocco, 2009.

MAYR, Ernst. **Isto é Biologia: a ciência do mundo vivo.** São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

MAYR, Ernst. **Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica.** São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

MAYR, Ernst. **O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança.** Brasília: UnB, 1998.

MAYR, E. Cause and effect in biology. **Science**, New Series, v.134, n.3489, 1961.

MEDEIROS, T. de A.; MAIA, E. D. A teoria da evolução: as dificuldades encontradas na relação ensino-aprendizagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindóia - SP. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R1132-1.pdf>. Acesso em: 21/07/2019.

MIRANDA, M. H. G.; FREITAS, B. S. P.; SILVA, K. M. A.; PARANHOS, R. D.; GUIMARÃES, S. S. M. Professor: quem sou eu? **Revista da SBEnBIO**, v. 5, set. 2012.

MOSSÉ, Claude. **Dicionário de Civilização Grega.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editora, 2004.

NASCIMENTO Jr., A. F. O conhecimento biológico nos documentos curriculares nacionais do ensino médio: uma análise histórico-filosófica a partir dos estatutos da biologia. **Investigações em Ensino de Ciências**, v16(2), p. 223-243, 2011.

NASCIMENTO JR, Antônio Fernandes. **Construção de estatutos de ciência para a biologia numa perspectiva Histórico-Filosófica: uma abordagem estruturante para seu ensino.** Tese (Doutorado em Educação para Ciência), Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2010. Disponível em:

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/102048/nascimentojunior_af_dr_bauru.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 12 jan. 2018.

NORATO, Anita Gabriella Ferreira. **História e Filosofia da Ciência no ensino de Biologia: a relação forma e conteúdo em teses e dissertações**. 2019. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.

NETO, N. R. M. Uma introdução ao pensamento de Anaxágoras de Clazômenas. **PHRONESIS: Revista do Curso de Direito da FEAD**, n. 9, p. 23-59, jan./dez. 2013.

OLIVEIRA, C. L. C.; MENEZES, M. C. F.; DUARTE, O. M. P. O ensino da teoria da evolução em escolas da rede pública de Senhor do Bonfim: análise da percepção dos professores de ciências do ensino fundamental II. **Revista Exitus**, Santarém-PA, v. 7, n. 3, p. 172-196, 2017.

PAPVERO, Nelson; PUJOL-LUZ, José. **Introdução histórica à biologia comparada, com especial referência à biogeografia**. Rio de Janeiro: Editora da Universidade Federal do Rural do Rio de Janeiro, 1997.

PAPAVERO, N.; TEIXEIRA, D. M.; LLORENTE-BOUSQUETS, J. **História da biogeografia no período pré-evolutivo**, São Paulo: FAPESP, 1997.

PAPAVERO, N.; TEIXEIRA, D. M. Os viajantes e a biogeografia. **História, Ciências, Saúde**, Manguinhos, v. 8, p. 1015-37, 2001.

PINTO, Álvaro Vieira. **Ciência e Existência: problemas filosóficos da pesquisa científica**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

PORTO, C. M. O atomismo grego e a formação do pensamento físico moderno. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 4, 2013.

PRESTES, M. E. B.; OLIVEIRA, P.; JENSEN, G. M. As origens da classificação de plantas de Carl von Linné no ensino de biologia. **Revista Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 101-137, 2009.

REALE, Giovanni; ANTISERI, Dario. **História da Filosofia: Antiguidade e Idade Média**. São Paulo: Paulus (Coleção filosofia), 1990.

REALE, Giovanni. **História da filosofia: do humanismo a Kant**. São Paulo: Paulus, 1990.

REBOLLO, R. A. O legado hipocrático e sua fortuna no período greco-romano: de Cós a Galeno. **Scientia e Studia**: São Paulo, v. 4, n. 1, p. 45-82, 2006.

REBOLLO, R. A. A difusão da doutrina da circulação do sangue: a correspondência entre William Harvey e Caspar Hofmann em maio de 1636. **História, Ciências, Saúde**, Manguinhos, v. 9(3): p. 479-513, set./dez. 2002.

RIDLEY, Mark. **Evolução**. Porto Alegre, Artmed: 2006.

ROSSI, Paolo. **A ciência e a filosofia dos modernos**: aspectos da Revolução Científica. São Paulo: Editora UNESP, 1992.

SANTOS, Bento Silva; COSTA, Ricardo. **História da filosofia medieval**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2015.

SANTOS, M. C. A. dos. A Lição de Heráclito. **Trans/Form/Ação**, São Paulo, v. 13, p. 1-9, 1990.

SARTON, George. **Introduction to the History of Science**. New York: Publishing Company, 1975. ISBN-10:0882751727.

SILVA, M. G. B. da. A evolução biológica na formação de professores de biologia. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas – SP. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiienpec/resumos/R1457-1.pdf. Acesso em: 15/02/2019.

STOEVEER, Dietrich Heinrich. **The life of sir Charles Linnaeus**. LONDON: For B. and J. White, Fleet-Street, 1794.

TOULMIN, Stephen; GOODFIELD, June. **The Discovery of Time**. Nova York: Harper & Row, 1965.

TVVEEDALE, Michaele. **Vulgatam clementinam**. Londini, MMV. CBCEW, jan. 2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. **Resolução – CEPEC N° 1527**. [Goiânia: UFG], 2017. Disponível em: https://sigaa.sistemas.ufg.br/sigaa/public/curso/ppp.jsf?lc=pt_BR&id=69678358. Acesso em: 10 jan. 2020.

VERDAN, André. **O ceticismo filosófico**. Florianópolis: Editora da UFCS, 1998.

WATSON, J. D.; CRICK, F. H. C. Uma estrutura para o ácido desoxirribonucleico. **Nature**, v. 171, n. 4356, p. 737-738, 1956. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/veiculos_de_comunicacao/FIE/FIE04N1/FIE04N1_03.PDF. Acesso em: 25/10/2019.

WOODARD, Roger. Greek dialects. In: **The Ancient Languages of Europe**. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.