UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA
INSTITUTO DE QUÍMICA
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

EDUARDO CREVELÁRIO DE CARVALHO

A CONTROVÉRSIA SOBRE A GERAÇÃO ESPONTÂNEA ENTRE NEEDHAM E
SPALLANZANI: IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE BIOLOGIA

SÃO PAULO
2013

EDUARDO CREVELÁRIO DE CARVALHO

A CONTROVÉRSIA SOBRE A GERAÇÃO ESPONTÂNEA ENTRE NEEDHAM E
SPALLANZANI: IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE BIOLOGIA

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Orientadora Prof.^a Dr^a Maria Elice Brzezinski Prestes

SÃO PAULO

2013

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Carvalho, Eduardo Crevelário

A controvérsia sobre a geração espontânea entre Needham e Spallanzani: implicações para o ensino de biologia. – São Paulo, 2013.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Profa. Dra. Maria Elice Brzezinski Prestes

Área de Concentração: Ensino de Ciências

Unitermos: 1. Biologia (Estudo e ensino); 2. Biologia – História ; 3. Geração espontânea; 4. Controvérsias científicas; 5. Ensino de ciências

USP/IF/SBI-032/2013

Autorizo reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Nome: CARVALHO, Eduardo Crevelário de

Título: A controvérsia sobre a geração espontânea entre Needham e Spallanzani: implicações para o ensino de biologia.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Aprovado em: ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr.: _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Dedicatória

À minha mãe Tercília e minha irmã Kamilla, que sempre acreditaram no meu potencial, estiveram sempre ao meu lado e nunca deixaram de me incentivar. Vocês são as grandes responsáveis pela realização deste sonho. Mais que minha família, são minhas melhores amigas.

Agradecimentos

À minha orientadora Maria Elice Brzezinski Prestes, pela compreensão, paciência, sabedoria e competência para escolher palavras tão delicadas para expressar nossas ideias e, acima de tudo, por todas as conversas inspiradoras, conselhos e críticas que contribuíram para que eu tivesse uma visão menos deformada das Ciências.

Ao Prof. Dr. Nélio Marco Vincenzo Bizzo e a Prof.^a Dr.^a Lilian Al-Chueyr Pereira Martins pelas valiosas observações e sugestões durante o Exame de Qualificação.

Ao Marcos Rodrigues da Silva, professor do departamento de Filosofia da Universidade Estadual de Londrina, pelas agradáveis conversas durante os Encontros de História e Filosofia da Biologia, mas principalmente por ter realizado a leitura do capítulo 3 desta dissertação, trazendo contribuições significativas à compreensão do papel das controvérsias para a construção do pensamento científico.

Aos meus colegas do Grupo de Pesquisa em História da Biologia e Ensino, Alan Dantas, Enios Duarte, Fabrício Barbosa Bittencourt, Gerda Máisa Jensen, João Paulo Di Monaco Durbano, José Franco Monte Sião, Luciana Nogueira, Marcelo Gilde, Miler Rodrigo Pereira, Rosa Andrea Lopes de Souza, Tatiana Tavares da Silva, Taysy Fernandes. A todos vocês agradeço pela parceria, pelas experiências compartilhadas, pela colaboração e, acima de tudo, pela amizade. Para lembrar a convivência ao longo desses três anos gostaria de parafrasear um antigo provérbio presente em um dos primeiros textos que discutimos no grupo: “Nós começamos confusos, e terminamos confusos num nível mais elevado”.

À minha irmã pelo carinho com que revisou meus textos e à minha mãe que “sempre” teve paciência para me escutar falando sobre geração espontânea e controvérsias científicas. Não importa que você quase sempre acabava dormindo antes de chegar à terceira página, o que realmente importa é que vocês participaram. Obrigado por tornar a minha vida mais feliz.

Aos meus colegas de trabalho, amigos e familiares que sempre perguntavam “e o mestrado, defende quando?”, mesmo sem saber o quanto isso me irritava... De qualquer maneira, esses incansáveis questionamentos me incentivaram a continuar pesquisando.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução desta Dissertação de Mestrado. Em especial, a Érica A. Palaria pelo incentivo, por todos os livros que me deu de presente e por me apoiar sempre; ao Frederico Guedes (Fred) – corintiano roxo – por ajudar com a tradução de diversos trechos das fontes primárias; ao Osni Nunes pela amizade e pelos conselhos; ao Felipe Almeida pelas agradáveis discussões sobre a Teoria dos Refúgios Florestais; ao Marcos Henrique dos Santos por me deixar ganhar sempre no vídeo game e me fazer dar risadas entre uma e outra leitura.

A todos vocês, meus agradecimentos mais sinceros.

A Ciência em si

Se toda coincidência
Tende a que se entenda
E toda lenda
Quer chegar aqui
A ciência não se aprende
A ciência apreende
A ciência em si

Se toda estrela cadente
Cai pra fazer sentido
E todo mito
Quer ter carne aqui

A ciência não se ensina
A ciência insemina
A ciência em si

Se o que se pode ver, ouvir, pegar, medir, pesar
Do avião a jato ao jaboti
Desperta o que ainda não, não se pôde pensar
Do sono eterno ao eterno devir
Como a órbita da Terra abraça o vácuo devagar
Para alcançar o que já estava aqui
Se a crença quer se materializar
Tanto quanto a experiência quer se abstrair

A ciência não avança
A ciência alcança
A ciência em si
(Arnaldo Antunes)

Resumo

CARVALHO, Eduardo Crevelário de. *A controvérsia sobre a geração espontânea entre Needham e Spallanzani: implicações para o ensino de biologia*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação – Programa Interunidade em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 2013.

Esta dissertação aborda a controvérsia entre o naturalista inglês John Turberville Needham (1713-1781) e o naturalista italiano Lazzaro Spallanzani (1729-1799) sobre o tema da “geração” dos seres vivos. Inscrita no âmbito da História da Ciência e inserida na linha de pesquisa História Filosofia e Cultura no Ensino de Ciências, tem os objetivos de contextualizar a controvérsia Needham-Spallanzani a partir de estudos realizados por contemporâneos que desenvolveram trabalhos temática e metodologicamente semelhantes e de apresentar uma discussão sobre a ciência e o papel das controvérsias no desenvolvimento do pensamento científico. Além disso, discute a sua aplicação no ensino de Biologia, com vistas a uma abordagem explícita de questões relacionadas à Natureza da Ciência (NdC). Os resultados experimentais apresentados por Needham à Royal Society em 1748 continham evidências favoráveis à geração espontânea e foram apoiados por Pierre-Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759) e Georges-Louis Leclerc de Buffon (1707-1788). Incentivado por Charles Bonnet (1720-1793) e René Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1754), Spallanzani repetiu os experimentos de Needham e publicou os resultados em sua obra mais conhecida, *Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione de' Signori di Needham e Buffon* (Ensaio de observações microscópicas sobre o sistema da geração dos Senhores Needham e Buffon) de 1765, em que refutou os resultados do naturalista inglês. A esse livro se seguiram comentários e objeções feitos por Needham em obra publicada em 1769, e uma tréplica de Spallanzani publicada em uma coletânea de trabalhos, *Opuscoli di fisica animale e vegetabile* (Opúsculos de Física animal e vegetal) de 1776. A análise da controvérsia permitiu concluir que nenhum dos dois autores mudou de posição em função dos experimentos realizados por estarem baseados em pressupostos teóricos distintos. Discutido à luz do papel das controvérsias científicas

na ciência, o episódio possibilitou delinear componentes epistêmicos e não-epistêmicos nas situações de conflito entre teorias científicas rivais, aspectos relevantes para a alfabetização científica almejada para o ensino de ciências.

Palavras-chave: História da Biologia – Filosofia da Ciência- geração espontânea – controvérsias científicas – Lazzaro Spallanzani – John Tuberville Needham - ensino de Ciências

Abstract

CARVALHO, Eduardo Crevelário de; *The controversy about spontaneous generation between Needham and Spallanzani: implications for the teaching of biology*. Dissertation (Master in Science Education – Biology Education), Physics Institute, Chemical Institute, Biosciences Institute and Education Faculty, University of São Paulo, 2013.

Abstract

This dissertation approaches the controversy between the english naturalist John Turberville Needham (1713-1781) and the Italian naturalist Lazzaro Spallanzani (1729-1799) on the theme of "generation" of living beings. As a work related to the History of Science and inserted in the search topic History, Philosophy and Culture in Science Teaching, it has the purposes to contextualize the Needham-Spallanzani controversy from studies carried out by contemporaries of these two naturalists who developed thematically and methodologically similar studies and to present a discussion about science and the role of controversies in the development of scientific thought. Furthermore, it discusses its application in the teaching of Biology with a view to an explicit approach on the Nature of Science (NOS) issues. The experimental results presented by Needham to the Royal Society in 1748 contained favorable evidences to spontaneous generation and were supported by Pierre-Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759) and Georges-Louis Leclerc of Buffon (1707-1788). Encouraged by Charles Bonnet (1720-1793) and René Antoine Ferchault of Reaumur (1683-1754), Spallanzani repeated Needham's experiments and published the results in his most famous work, *Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione dei Signori di Needham e Buffon* (Essay of microscopic observations about the generation system of Mr. Needham and Mr. Buffon) of 1765, which refuted the results of the English naturalist. Following that book, comments and objections made by Needham were published in 1769, and a reply made by Spallanzani was published in the collection of works *Opuscoli di fisica animale e vegetabile* (Booklets of animal and plants Physics) of 1776. The analysis of this controversy led to the conclusion that none of the two authors changed

position due to the experiments made since they were based on distinct theoretical assumptions. Discussed in light of the role of controversies in the development of scientific knowledge, this episode allow to outline epistemic and non-epistemic components in conflict situations between rival theories, relevant aspects to scientific literacy longed for science education .

Keywords: History of Biology - Philosophy of Science - spontaneous generation - scientific controversies - Lazzaro Spallanzani - John Tuberville Needham - teaching of Science

Lista de Figuras

Figura 1. Galhas nas folhas do salgueiro. Ilustração de Francesco Redi, 1668	27
Figura 2. Inseto gerado no interior de um fruto pela transformação da matéria vegetal em animal	28
Figura 3. <i>Hommunculus</i> de Hartsoecker	34
Figura 4. Grande escala dos seres naturais de Bonnet	37
Figura 5. Pólipos de água doce (hidra) observados por Trembley em 1744	38
Figura 6. Geração dos pólipos de água doce por brotamento observados por Trembley em 1744	39
Figura 7. Algumas observações microscópicas feitas por John Needham	46
Figura 8. Primeiras ilustrações feitas por Needham para registrar suas observações sobre as lulas (1745)	47
Figura 9. Animais espermáticos de sépia observados por Needham.	48
Figura 10. Folha de rosto do <i>Nouvelles observations microscopiques</i> de 1750	50
Figura 11. Microscópio utilizado por Needham	52
Figura 12. Animálculos observados por Needham	57
Figura 13. Microscópio original utilizado por Lazzaro Spallanzani	60
Figura 14. Pranchas reunidas do <i>Saggio</i>	71

Sumário

Dedicatória	6
Agradecimentos	7
Resumo	10
Abstract	12
Lista de Figuras	14
Introdução	17
Capítulo 1 Um panorama das pesquisas sobre a “geração” dos seres vivos até o século XVIII	23
1.1 A pré-formação prevalece	31
1.1.1 Os pólipos de Trembley	38
1.2 A reformulação epigenista	40
Capítulo 2 Needham e Spallanzani: a controvérsia sobre a origem dos animálculos nas infusões	45
2.1 Os experimentos e a “força vegetativa” de Needham	45
2.1.1 O “Homem da Enguia”	55
2.2 Os experimentos de Spallanzani	58
2.2.1 Saggio di osservazioni microscopiche	64
2.3 A réplica de Needham	67
2.4. A tréplica de Spallanzani	70
Capítulo 3 Ciência e controvérsia	76
3.1 Uma crítica anti-racionalista à ciência	76
3.2 Sobre a importância das controvérsias para a atividade científica	80
3.2. Classificação de controvérsias científicas	89
3.3 Controvérsias entre teorias rivais: o papel dos valores cognitivos na escolha entre teorias rivais	93
3.4 Como as controvérsias científicas são resolvidas?	101

Capítulo 4 Controvérsias científicas e História da Ciência: Implicações e desafios para o Ensino de Ciências	107
4.1 História e Filosofia da Ciência no Ensino: contribuições e desafios	110
4.2 Consequências decorrentes das distorções da ciência no ensino	114
4.3 As controvérsias científicas no ensino.....	117
4.3.1 Controvérsias científicas e a Natureza da Ciência (NdC)	118
4.3.2 Um breve panorama das pesquisas sobre controvérsias no ensino.....	120
Considerações Finais	125
Referências Bibliográficas	130

Introdução

Este estudo, inscrito no âmbito da História da Ciência, apresenta uma análise da controvérsia entre o naturalista inglês John Turberville Needham (1713-1781) e o italiano Lazzaro Spallanzani (1729-1799) sobre o tema da “geração”¹ dos seres vivos. Além de fornecer uma narrativa histórica deste episódio, o objetivo desta dissertação é discutir o papel das controvérsias na construção do conhecimento científico, tomando como referência histórica a contenda entre Spallanzani e Needham. Além desse, um segundo objetivo é o de fornecer reflexões que subsidiem a exploração dessa controvérsia histórica nas aulas de Ciências ou Biologia, em qualquer nível de ensino.

A escolha da controvérsia entre Needham e Spallanzani se deu, por um lado, por ter sido uma contenda que se tornou pública – sendo este aspecto fundamental para se caracterizar uma “controvérsia científica” (McMullin, 1987; Czubaroff, 1997, p. 52; Narasimhan, 2001, p. 299). Por outro lado, representa um tópico de grande relevância para o ensino de Biologia, tendo em vista que esta polêmica está inserida nos debates sobre a origem da vida, recomendado pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) como um dos temas estruturadores no ensino de biologia (Brasil, 2003, p. 41).

Inserido na linha de pesquisa *História, Filosofia e Cultura no Ensino de Ciências*, este estudo empregará a metodologia de pesquisa em História da Ciência, que compreende a análise de obras originais de pesquisadores do passado em seu contexto, cotejando-as com fontes secundárias relevantes.

Do ponto de vista historiográfico, este trabalho se insere numa perspectiva que foi expandida a partir dos anos 1990 na história das ciências da vida, segundo a qual, desde as origens das ciências modernas, a investigação empírica dos seres vivos ocorreu em interligação íntima com construções teóricas e preocupações metodológicas. Desse modo, afasta-se da tradição pautada pela noção de *Revolução Científica*, caracterizada a partir da história da física, que interpretou a pesquisa de seres vivos dos séculos XVI ao XIX como um mero acúmulo de dados

¹ O termo “geração” não possuía uma conotação única no século XVIII, mas englobava a reprodução, os processos de regeneração e origem dos seres vivos. (Prestes, 2003, p. 100).

empíricos, desprovida, ou mesmo incapaz de formar “qualquer estrutura interpretativa vasta e estável” do vivo (Prestes, 2007, p. 27).

Nesse sentido é que ganha relevância a contenda entre Needham e Spallanzani sobre “a geração dos seres vivos”², em que o primeiro defende a tese de que a vida poderia ser gerada espontaneamente e o segundo contraria tal hipótese.

No início, essa crença, na geração espontânea, abrangia de vermes e insetos a animais maiores (peixes e salamandras, por exemplo), mas paulatinamente foi sendo restringida a animais cada vez menores (como vermes e alguns insetos). Com o tempo, a tese da geração espontânea passou a ser aplicada somente para explicar o surgimento de infusórios e a presença de vermes intestinais no homem e em outros animais (Martins L. e Martins R., 1989, p. 8).

É bastante citada no ensino de biologia a crença de que a tese da geração espontânea perdeu crédito após os experimentos realizados por Francesco Redi no século XVII, sendo retomada apenas para explicar a origem dos infusórios, descobertos após a invenção e uso do microscópio. Esta generalização carrega, contudo, alguns equívocos, conforme serão discutidos mais pormenorizadamente no capítulo 1. Primeiro, os experimentos realizados por Redi mostraram que a geração espontânea não ocorria em muitos casos de insetos, mas foi observada em outros, como o das galhas em certas plantas e o dos vermes intestinais. Segundo, a contenda envolvendo o tema da geração espontânea não foi resolvida no século XVII com Redi, nem no XVIII ou mesmo XIX, ainda que os naturalistas desse período tenham idealizado e realizado experimentos engenhosos, conforme veremos no capítulo 2.

De todo modo, conforme François Jacob, é certo que “no final do século XVII, os vermes, as moscas ou as enguias nascem de vermes, moscas e enguias. Onde quer que apareça um ser vivo, havia um ser semelhante para engendrará-lo” (Jacob, 1983, p. 62). O autor acrescenta: “Pela lógica, a geração espontânea deveria desaparecer. Mas imediatamente ela se refugia neste mundo invisível e um pouco grotesco dos animálculos, percebidos repentinamente, com a ajuda dos

² Livros didáticos costumam situar o debate entre Needham e Spallanzani como uma discussão sobre a origem da vida. No entanto, o primeiro aparecimento da vida na Terra não era uma preocupação dos filósofos naturais do século XVIII, uma vez que se atribuía a sua origem à Criação divina. Os estudos do período sobre a geração eram dedicados aos fenômenos da reprodução e do subsequente desenvolvimento, que hoje denominamos Embriologia.

microscópios, na água das calhas, na infusão de plantas, na saliva” (Jacob, 1983, p. 62).

Com a invenção e uso do microscópio e da lupa, na segunda metade do século XVII e início do século XVIII, a doutrina da geração espontânea, que não havia sido abandonada com os experimentos de Redi, ganhou força para explicar a origem dos variados microrganismos³ que surgiam nas infusões das matérias animais e vegetais (Martins L. e Martins R., 1989, p. 8). A partir das observações efetuadas pelos microscopistas do século XVII, em particular as àquelas realizadas pelo holandês Anton van Leewenhoek⁴ (1632-1723), os defensores da geração espontânea – os “espontaneístas” – depararam-se com um novo campo de investigação (Martins, 2007, p. 101; Prestes e Martins, 2010, p. 80). É neste cenário que se desenvolve a controvérsia entre Needham e Spallanzani.

Embora, nesse período, a maioria das opiniões dos filósofos e naturalistas se pronunciasse contra a geração espontânea desses animálculos, que acreditavam ser provenientes de germes ou de “sementes” dispersas pelo ar, a situação mudou totalmente com as experiências realizadas por Needham (Martins, 2007, p. 101; Prestes e Martins, 2010, p. 82).

Os resultados experimentais apresentados por Needham à *Royal Society* em 1748 continham evidências favoráveis à geração espontânea e foram apoiados por naturalistas importantes como Pierre-Louis Moreau de Maupertuis e Georges-Louis Leclerc de Buffon. Incentivado por naturalista como Charles Bonnet e René Antoine Ferchault de Réaumur, Lazzaro Spallanzani repetiu os experimentos de Needham e publicou os resultados em sua obra mais conhecida *Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione de' Signori di Needham e Buffon* (Ensaio de observações microscópicas sobre o sistema da geração dos Senhores Needham e Buffon), de 1765, no qual refutou os resultados do naturalista inglês. A esse livro se seguiram comentários e objeções feitos por Needham publicados em 1769. Spallanzani deu continuidade a suas contestações, que foram publicadas em uma coletânea de trabalhos em 1776, *Opuscoli di fisica animale e*

³ O termo microrganismo ainda não era utilizado nesse período. Para se referir ao que hoje chamamos de microrganismos eram utilizados termos como “animálculos”, “infusórios”, entre outros.

⁴ De acordo com Maria Elice B. Prestes, esta grafia do nome é a das edições francesas (nos livros e nas referências bibliográficas dos catálogos da Biblioteca Nacional de França, BNF). As cópias *fac-símiles* trazem Antonio à Leeuwenhoek e Antonii à Leeuwenhoek (esta aparece na capa do livro digitalizado e disponível no acervo Gallica da BNF) (Prestes, 2003, p. 97).

vegetabile (Opúsculos de Física animal e vegetal). É principalmente sobre a análise deste último trabalho que se encontra a análise mais detida desta dissertação.

Vale dizer que o debate sobre a geração espontânea não se encerrou no século XVIII, e a contenda se estendeu ao longo do século XIX. Foi “revivida” por Félix Pouchet (1800-1876) e Louis Pasteur (1822-1895), sendo que este último costuma ser lembrado por ter realizado uma série de experimentos “brilhantes” que teriam mostrado que a geração espontânea não é possível. Sobre esta questão cabe esclarecer que o aparato experimental montado por Louis Pasteur seguiu de perto aqueles realizados por Spallanzani no século XVIII. Além disso, é importante reconhecer que a controvérsia sobre a geração espontânea não foi resolvida nem mesmo com Pasteur, pois outros pesquisadores continuaram se dedicando ao tema, como o médico escocês Charlton Bastian (1837-1915) (Martins, 2009, p. 96). Esses estudos experimentais são discutidos no capítulo 1 e 2 de modo a ilustrar como observações e experimentos não são suficientes para decidir sobre teorias científicas. Precisamente esse aspecto, da controvérsia entre teorias rivais, merece atenção especial.

A História da Ciência é pontuada por controvérsias científicas⁵. Os episódios históricos aqui discutidos oferecem elementos de análise valiosos, com grande potencial para aplicação da História da Ciência no ensino, uma vez que permitem que sejam explicitamente discutidos elementos não-epistêmicos inerentes à atividade científica, mais evidentes em situações de conflito do que nas de consenso. O conhecimento científico costuma ser apresentado aos estudantes, nos diferentes níveis de ensino, como um produto pronto, livre de qualquer conotação subjetiva, histórica e social, associado à ideia de um suposto método científico universal. Dentro desse panorama, os conflitos são vistos como algo negativo e que devem ser evitados, enquanto a ordem e o consenso são vistos como algo positivo a serem alcançados. Segundo Michael Apple, “pelo fato de o consenso científico ser continuamente demonstrado, não se permite que os estudantes vejam que, sem desacordo e controvérsia, a ciência não progrediria ou progrediria em ritmo muito

⁵ O historiador que se propõe a analisar interações humanas complexas deve atentar para muitos tipos de pistas: as crenças individuais, sentimentos, desejos, a influência das instituições sociais, as circunstâncias em que as pessoas envolvidas moldam suas relações, e assim por diante. Quando o objeto de interesse do historiador é uma controvérsia científica, o foco muitas vezes restringe aos fatores cognitivos, tais como crenças, os métodos seguidos e os argumentos construídos (McMullin, 1987, p. 58).

mais lento” (Apple, 2006, p. 132). Michael Apple enfatiza que a argumentação e contra-argumentação são componentes importantes do empreendimento científico e que conflitos e controvérsias não deveriam ser ocultados dos estudantes (*Ibid.*, p. 133). Além disso, a apresentação do conhecimento científico associado à discussão de controvérsias pode contribuir para que os estudantes compreendam como a ciência funciona, ou como tem sido definido pela literatura, fornece uma aprendizagem acerca da *Natureza da Ciência* (NdC), proporcionando uma alfabetização científica.

Para organizar a discussão e facilitar sua compreensão esta dissertação foi dividida em quatro capítulos. O primeiro capítulo traz um panorama histórico das ideias sobre a “geração” dos seres vivos até meados do século XVIII. Inicialmente, discute os diferentes modos pelo qual a geração espontânea foi entendida ao longo da História da Ciência. Aristóteles (384-322 a.C.) e Francesco Redi (1626-1697) ganham destaque nessa discussão uma vez que são dois personagens que costumam ser mais citados em livros didáticos, infelizmente, na maioria das vezes, sujeitos a distorções derivadas de relatos anacrônicos. Por se tratar de uma teoria que foi abandonada pela ciência contemporânea, a geração espontânea costuma sofrer muitas simplificações em relatos históricos que a deformam de maneira significativa. Nesses relatos, os defensores da geração espontânea (por exemplo, Aristóteles), quando são lembrados, são tidos como ingênuos ou tolos, enquanto aqueles que se opunham a tal doutrina são mostrados como à frente de seu tempo. O capítulo segue sendo subdividido em duas seções. A primeira inicia a contextualização do famoso debate do período entre os defensores da epigênese e os da pré-formação, indicando a prevalência da pré-formação decorrente de descobertas como as de Regnier de Graaf (1641-1673) e Charles Bonnet (1720-1793). Entre os estudos do período, é dado destaque aos realizados por Abraham Trembley (1720-1784) e os desdobramentos que ocasionaram junto aos defensores das duas teorias. A segunda seção discute a reformulação epigenista, destacando-se Pierre-Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759) e Georges-Louis Leclerc de Buffon (1707-1788).

No capítulo 2 é particularizada a controvérsia sobre o tema da “geração” dos seres vivos entre o naturalista inglês John Turberville Needham (1713-1781) e o naturalista italiano Lazzaro Spallanzani (1729-1799). Needham, juntamente com

Georges-Louis Leclerc de Buffon (1707-1788), foi um dos principais defensores da epigênese. Em 1748, apresentou resultados experimentais favoráveis ao surgimento espontâneo dos seres. Spallanzani, incentivado por Charles Bonnet (1720-1793), promoveu variações nos experimentos de Needham e procurou interpretar seus resultados com base na doutrina pré-formacionista. A partir daí, desenvolve-se um longo debate que se tornou público, em que ambos procuraram fortalecer suas concepções teóricas a partir de vasta experimentação e argumentação persuasiva.

Com base nos episódios históricos discutidos, o capítulo 3 aprofunda uma discussão crítica sobre as controvérsias científicas. Após uma breve apresentação de uma concepção racionalista da ciência, discute a posição anti-racionalista defendida por Paul K. Feyerabend (1924-1994), adotando-a em certa medida. O capítulo segue sendo subdividido em 3 seções, a primeira voltada à importância das controvérsias para o desenvolvimento científico; a segunda, à classificação dos diferentes tipos de controvérsias científicas e a terceira, ao modo como as controvérsias são resolvidas. Nesta terceira seção é enfatizado, à luz do pensamento de Thomas Kuhn e Hugh Lacey, o papel dos valores cognitivos na escolha entre teorias rivais, bem como, à luz de Ernan McMullin e Tom Beauchamp, demais aspectos pelos quais as controvérsias são resolvidas ou encerradas.

A partir da incursão teórica sobre as controvérsias científicas, em particular a controvérsia histórica entre Needham e Spallanzani, o capítulo 4 discute a sua aplicação no ensino de Biologia, com vistas a uma abordagem explícita de questões relacionadas à Natureza da Ciência (NdC). As controvérsias científicas permitem conhecer como a ciência funciona e revelam o papel desempenhado por componentes não-epistêmicos nas situações de conflito entre teorias rivais.

As considerações finais trazem reflexões sobre o conjunto dos temas abordados.

Capítulo 1 Um panorama das pesquisas sobre a “geração” dos seres vivos até o século XVIII

O que parece o auge do absurdo numa geração, muitas vezes torna-se o auge da sensatez na seguinte.

Adlai Stevenson

A ideia de que alguns seres vivos podem ser gerados, sem progenitores, por meio de alguma força presente na matéria bruta – portanto, gerados espontaneamente⁶ – é hoje considerada não-científica. Por se tratar de uma doutrina que foi abandonada pela ciência contemporânea, a teoria da geração espontânea é, frequentemente, descrita de maneira anacrônica e os naturalistas que a defenderam costumam ser ridicularizados, apontados como ingênuos ou tolos. Entretanto, ao longo da história da biologia, essa hipótese foi aceita por pensadores e naturalistas durante muitos séculos. “Desde a Antiguidade até o último terço do século XVII, essa doutrina era tão difundida que se pode considerá-la praticamente unânime” (Martins e Martins, 1989). Por mais estranha que a ideia de organismos gerados espontaneamente possa parecer atualmente, à luz dos conhecimentos daquele período sobre reprodução e desenvolvimento, a geração espontânea era uma explicação plausível para a origem dos seres.

Aristóteles (384-322 a.C.) sabia que a maioria dos animais eram gerados sexuadamente, “como os animais vivíparos (cachorro, gato, elefante, foca, camelo, ovelha, hiena, lobo), ovíparos quadrúpedes (crocodilo, tartaruga do mar), serpentes, pássaros, peixes ovovivíparos e ovíparos, moluscos (lulas, calamares, crustáceos) e muitos insetos” (Martins, 1990, p. 215). “Para Aristóteles, eram gerados espontaneamente apenas alguns peixes como a tainha e a enguia, os testáceos⁷,

⁶ A maioria dos livros didáticos de Biologia que aborda o problema da geração espontânea inicia com um debate intitulado abiogênese *versus* biogênese, em que a primeira é apresentada como um sinônimo de geração espontânea e a segunda representa a geração a partir de outras formas de vida. Entretanto, falar em termos de abiogênese e biogênese só faria sentido ao se referir às pesquisas desenvolvidas a partir do século XIX, normalmente representadas pelo debate entre Félix Pouchet e Louis Pasteur. Portanto, uma narrativa histórica preocupada em tratar do tema em períodos anteriores, como, por exemplo, o século XVIII, sem incorrer nesse tipo de anacronismo deveria usar os termos geração *unívoca* e geração *equívoca*, ao invés de biogênese e abiogênese, respectivamente.

⁷ Aristóteles considerava quatro classes para os animais invertebrados: crustáceos, cefalópodes, insetos e testáceos (Aristóteles, *Geração dos Animais*, Livro I, cap. 14, 720b 3-5). A classe dos testáceos, que segundo ele não era copulativa, passando a existir por geração espontânea,

esponjas e alguns insetos. Em relação à geração das lesmas, ele tinha dúvidas” (*Ibid.*). Isso pode ser lido em trechos como o que se segue:

E dos insetos, alguns são derivados de insetos congêneres [...]. Outros insetos não são derivados de pais vivos, mas são gerados espontaneamente: alguns do orvalho que cai sobre as folhas, comumente na primavera, mas não raramente no inverno, quando há um período de tempo bom e ventos do sul; outros crescem na lama ou esterco em decomposição; outros sobre a madeira, verde ou seca; alguns no pelo dos animais; alguns na carne dos animais; alguns nos excrementos: e alguns a partir de excrementos após terem sido eliminados do corpo, e alguns a partir de excrementos ainda dentro do animal vivo, como os vermes helmintos ou intestinais. (Aristóteles, *The history of animals*, book V, chapter 19, 551^a 1 – 5)

Sobre as enguias Aristóteles afirmou não ter encontrado evidências de reprodução sexuada, pois, mesmo realizando a dissecação, não encontrou líquidos seminais nem as passagens por onde o sêmen ou ovos pudessem ser expelidos para o meio exterior. Desse modo, concluiu serem as enguias geradas espontaneamente nos charcos, uma vez que mesmo após estes terem secado, a água ter sido drenada e a lama dragada, as enguias voltavam a aparecer após as chuvas. Segundo Aristóteles, em tempos de seca elas não apareciam mesmo em poças estagnadas, pela simples razão de que sua existência e sustento dependerem da água da chuva (Aristóteles, *The history of animals*, book VI, chapter 16, 570^a 10 - 15). Assim, o autor se expressa a respeito:

As enguias não se originam de uma cópula, nem são ovíparos; nem uma enguia foi jamais encontrada contendo seja sêmen ou ovos, nem quando abertas em corte, mostraram possuir passagens para o sêmen ou para os ovos. Não há dúvida de que seja assim. Pois em alguns charcos, depois de a água ter sido drenada e a lama ter sido dragada, as enguias aparecem novamente após a chuva. Em tempos de seca elas não aparecem nos tanques parados, pelo simples motivo de que sua existência e sustento são derivados da água da chuva. (Aristóteles, *The history of animals*, book VI, chapter 16, 570^a 3-13)

Em relação às plantas Aristóteles acreditava que algumas eram produzidas por sementes e outras eram geradas espontaneamente, surgindo por decomposição da terra ou de algumas partes de outras plantas, sendo algumas produzidas sobre outras plantas como o musgo (Aristóteles, *The history of animals*, book I, chapter 1, 715b 25 – 716a 1).

compreendia a maioria dos animais que hoje estão colocados no filo *Mollusca* e no filo *Echinodermata* (Martins, 1990, p. 215).

Para explicar a geração espontânea, Aristóteles admitiu uma teoria que relacionava a vida a um componente especial que estava presente em todos os animais, no coração e sangue, e que era essencial para a geração: o *pneuma*. O *pneuma* seria semelhante ao quinto elemento, o éter⁸. No caso dos seres vivos que se reproduzem sexuadamente, o *pneuma* se encontra no sêmen. Mas no caso dos seres produzidos por geração espontânea, ele provém ou do Sol ou de outro ser vivo que esteja em decomposição (Martins, 1990, p. 217). Para Aristóteles, “a putrefação é a destruição do calor interno, pela influência do calor externo, que ocasiona a passagem do estado úmido (vivo) ao seco [...]. Quando ocorre a putrefação, o calor interno escapa e pode gerar novos seres vivos” (Martins, 1990, pp. 219-220).

Além de Aristóteles, a crença na geração espontânea aparece também pensadores importantes da Antiguidade como Theophrastos de Eresos (372 a.C.-287 a.C.) Plínio o Velho (23 d.C.-79 d.C.), Plutarco (45 d.C.-120 d.C), Lucrécio (99 a.C.-55 a. C.) e períodos posteriores como Avicena (980-1037), até o Renascimento como Fracastor (1478-1553), Francis Bacon (1561-1626), Van Helmont (1579-1644), entre outros.

É importante enfatizar, no entanto, que desde Aristóteles se conhecia muito bem o processo de reprodução sexual da maioria dos animais. A geração espontânea, portanto, explicava o nascimento daquelas espécies para as quais não tinham sido identificados os machos (ou fêmeas), ou para os casos em que não se conheciam os órgãos sexuais e o processo de reprodução (McCartney, 1920 *apud* Martins, 2009, p. 83).

⁸ Aristóteles admitiu que toda matéria é composta por quatro substâncias básicas (elementares): terra, fogo, água e ar, às quais Aristóteles atribuiu quatro qualidades (ou princípios): quente, frio, úmido e seco. Esses “princípios”, no entanto, eram anteriores a Aristóteles. Agrupados dois a dois, tais princípios produziram, por sua vez, os quatro elementos de Empédocles (490 a.C. – 430 a.C.). Portanto, a terra é seca e fria, enquanto o fogo é seco e quente. A água, por sua vez, é fria e úmida, enquanto o ar é quente e seco. Essa formulação estava perfeitamente alinhada com a visão de mundo aristotélica. Segundo Aristóteles, existem dois tipos possíveis de movimento, o movimento “natural” e o movimento “forçado”. Uma pedra largada de certa altura cai espontaneamente para baixo em um trajeto vertical porque ela procura seu lugar natural. Para fazer correspondência à sua concepção do cosmos, Aristóteles postulou a existência de um quinto elemento, o éter. O Universo aristotélico era dividido em dois domínios, o sublunar, onde o movimento “natural” era linear e os fenômenos naturais, que envolviam mudanças e transformações materiais, eram possíveis, uma vez que tudo era composto pelos quatro elementos; e o celeste, onde o movimento “natural” era circular e todos os corpos celestes eram imutáveis e compostos de éter.

No entanto, no final do século XVII e início do século XVIII, a crença na geração espontânea começou a diminuir, principalmente em decorrência de novas observações e experimentos que revelavam os mecanismos de reprodução e desenvolvimento de “insetos”⁹ que antes se acreditava serem gerados espontaneamente.

Nesse sentido, são frequentes as referências aos experimentos realizados pelo padre italiano Francesco Redi (1626-1697). Em 1668, Redi publicou um trabalho intitulado *Esperienze intorno ala generazione degl'insetti* (Experiências sobre a geração dos insetos) contendo uma série de observações e experimentos que revelaram a geração desses animais a partir de ovos. Os experimentos de Redi consistiram, basicamente, em isolar pedaços de carnes de diferentes animais e partes de vegetais, em diferentes recipientes, alguns fechados com gaze e outros abertos. Com o tempo, moscas eram atraídas pela carne em decomposição, sobrevoando os frascos cobertos com gaze e pousando sob os pedaços de carne dos frascos abertos. As moscas depositavam seus ovos sobre o tecido e sobre a carne contida nos frascos abertos. Estes ovos se transformavam em larvas que eram visíveis e que originavam insetos adultos. Redi mostrou que não havia geração espontânea de moscas a partir da carne em decomposição, mas sim a partir dos ovos ali depositados.

Eu me sinto inclinado a acreditar que todos esses vermes são gerados a partir da semente paterna, e que a carne, as ervas e todas as outras coisas em putrefação não têm qualquer participação no ofício da geração dos insetos, servindo apenas como um lugar ou um ninho proporcionado aos insetos que, no momento do nascimento, encontram nesse ninho alimentos qualificados o suficiente para nutrir-se. (Redi, 1668, p. 12)

⁹ No início do século XVIII, um inseto não representava apenas os animais com corpo segmentado em cabeça, tórax e abdome, e dotados de três pares de pernas articuladas, como designamos hoje, mas referia-se a quase todo pequeno animal (invertebrado). Maria Elice B. Prestes destaca um trecho presente na primeira memória do volume um da *História dos insetos* de Réaumur, intitulada “Da história dos insetos em geral: e dos aspectos pelos quais se propõe tratá-la nesta obra”, em que Réaumur propõe uma concepção desvinculada da origem do nome: “Os anéis que compõem o corpo de uma infinidade de pequenos animais, as espécies de incisões que se encontram na junção de dois anéis, lhes deram, aparentemente, o nome de insetos, que hoje não se restringe mais àqueles que possuem tais incisões” (Réaumur, 1734, vol. 1, p. 57 *apud* Prestes, 2008, p. 270). Assim, sem possuírem qualquer coisa parecida com tal tipo de incisão em seu corpo, Réaumur considera pertencentes ao grupo dos insetos as lesmas, as estrelas do mar, os ouriços. Considerando ainda que os caramujos nada mais são que lesmas com conchas, conclui que as espécies dotadas de conchas são também um ramo do grupo dos insetos (*Ibid.*).

No entanto, é preciso ter cuidado na análise dessa obra de Redi. Após o relato dos experimentos acima mencionados, ele faz diversas observações em que aventa a possibilidade de outros tipos de geração, em que animais são gerados a partir de outros animais ou plantas. Além de mencionar o caso dos vermes intestinais, Redi discute que alguns tipos de árvores produzem lagartas, que depois se transformam em crisálidas e, posteriormente, em borboletas (Figura 1).

Figura 1. Na figura pode-se observar nas folhas de salgueiro pequenos corpúsculos [hoje denominados galhas] que continham sempre lagartas em seu interior, segundo o relato de Francesco Redi (Redi, 1688).

Eu não afirmo [a geração espontânea] e nem a nego, e para que cada um possa acreditar naquilo que mais lhe agrada, vou relatar que nesse mesmo ano, mas no início de maio, observei que sob folhas de salgueiro, na parte mais áspera e voltada para a terra, nasceram algumas bolotas, ou pelotas verdes maiores que um caroço de cereja, e que ao final de maio tornaram-se avermelhadas e polvilhadas de branco, estando ligadas à folha por uma pequena união; esta pelota era amarelada na parte interna e possuía uma cavidade na qual uma lagarta fina e branca era sempre encontrada [...]. Do início de junho até outubro continuei a investigar se realmente aquelas lagartas saíam daquelas pelotas e se transformavam em borboletas, e não tive a sorte de encontrar uma única que estivesse perfurada; mesmo possuindo muitas [pelotas] fechadas em frascos não pude ter certeza, pois sempre após dez ou doze dias eu encontrei as lagartas mortas no interior das pelotas. Existe outro tipo de salgueiro em que esse tipo de bolotas avermelhadas não germina nas folhas, mas surgem em certos ramos verrugas e calos que são gerados por larvas brancas semelhantes à mencionada acima; ainda não fui capaz de descobrir como ocorre sua transformação. (Redi, 1668, pp. 134-135)

A respeito da geração de insetos a partir de plantas, Redi afirma não conhecer outros casos, mas faz referência à crença de que a amoreira produz o bicho-da-seda ao ser impregnada pela semente de algum animal que penetre as seivas da árvore.

Comenta ainda que, apesar de Aristóteles ter afirmado que os repolhos produzem lagartas, nunca conseguiu testemunhar essa notável reprodução, embora tenha visto muitos ovos postos por borboletas próximos aos repolhos e, posteriormente, tais ovos desenvolveram lagartas e borboletas (Redi, 1668, pp. 109-113).

Assim, embora Francesco Redi tenha mostrado, por meio de uma longa série de observações e experimentos, que diversos “insetos” nascem a partir dos ovos de progenitores, continuou considerando a geração espontânea para explicar outros casos. Dentre eles, o surgimento de larvas de alguns insetos que, sob certas condições, podem formar-se no interior de frutos e galhos, pela transformação da matéria vegetal em animal, como mencionado acima (Figura 2).

Figura 2. Inseto gerado no interior de um fruto pela transformação da matéria vegetal em animal (Redi, 1668, p.122).

Redi chegou a considerar que, nesses casos, os frutos não teriam a função primária de abrigar as sementes, mas, sim, de gerar animais, como se nota no trecho a seguir:

Penso não ser inadequado crer que aquela alma ou aquela virtude que gera as flores e frutos nas plantas vivas, seja a mesma que gera os insetos nessas plantas. E quem sabe se muitos frutos de árvores não sejam produtos, por um fim primário ou principal, mas, sim, por uma função secundária e servil destinada à geração daqueles vermes, servindo a eles, ao invés de serem a matriz em que habitam por um determinado tempo [...]. Percebe-se evidentemente, que a primeira e principal intenção da natureza é formar dentro deles [galhos e frutos] um animal voador. (Redi, 1688, p. 109)

No final do século XVII, a teoria da geração espontânea havia caído em descrédito, em grande medida por conta de contribuições como as de Francesco Redi. Restavam, contudo, casos ainda não explicados, como, por exemplo, o do surgimento dos vermes intestinais nos homens e em outros animais. Além disso, com o início da utilização dos microscópios, fez-se conhecer um novo tipo de organismo, e com eles um novo campo de investigação, os chamados “animálculos” das infusões, ou seja, de preparados de vegetais ou animais em água. Tratava-se de explicar qual seria a origem desses animálculos, e a geração espontânea voltava a ser uma possibilidade razoável. Assim, observações realizadas por microscopistas como os holandeses Anton van Leeuwenhoek (1632-1723)¹⁰ e Nicolas Hartsoeker (1656-1725) trouxeram um novo fôlego aos defensores da geração espontânea (espontaneístas).

O modo pelo qual a geração espontânea era compreendida variou conforme as diferentes épocas e os países considerados. Maria Elice B. Prestes e Lilian Al-Chueyr P. Martins salientam que em meados do século XVIII – período em que se desenvolveu a contenda que é objeto de estudo nesta dissertação – essa ideia era bastante criticada, especialmente por estar relacionada à doutrina pagã que atribuía forças e poderes à natureza. Além disso, de acordo com o exposto pelas autoras, “a Igreja católica apoiava justamente o oposto, a geração unívoca¹¹, ou seja, que todos os organismos estão presentes no germe de um dos progenitores” (Prestes e Martins, 2010, p. 81).

¹⁰ Embora as observações microscópicas do final do século XVII tenham fornecido condições para o estabelecimento de um novo campo de investigação aos defensores da geração espontânea, é importante mencionar que o próprio Leeuwenhoek se pronunciou declaradamente contra essa doutrina. Segundo Ruestow (1984), as cartas de Leeuwenhoek falam explicitamente de sua determinação para livrar o mundo da crença na geração espontânea e do erro de acreditar que um ser vivo poderia surgir de putrefação (Ruestow, 1984, p. 227).

¹¹ Na época utilizava-se o termo geração “unívoca” para a doutrina que explicava a origem dos seres vivos a partir de germes ou progenitores semelhantes a eles. O oposto era chamado geração “equívoca”, onde a geração desses animálculos era espontânea (Prestes e Martins, 2010, p. 81).

No século XVIII, o debate sobre a geração espontânea se desenvolveu em meio à contenda epigênese *versus* pré-formação, principalmente porque os desdobramentos da teoria epignética implicavam que os organismos pudessem ser gerados espontaneamente a partir da matéria inanimada, enquanto os pré-formacionistas a negavam.

Antes de examinarmos essas questões, é importante nos determos sobre uma questão historiográfica recorrente na história da geração espontânea e que está relacionada ao papel atribuído aos experimentos. Segundo John Farley, na maioria dos relatos sobre a geração espontânea, existe dois aspectos básicos inválidos: o primeiro é que a controvérsia se desenvolveu principalmente sobre a origem dos microrganismos¹² e o segundo é a crença de que a geração espontânea foi refutada por meio da experimentação. Quanto ao primeiro, Farley lembra que o tema era investigado em diferentes tipos de animais e vegetais; quanto ao segundo, ressalta que houve diferenças fundamentais entre o papel dos experimentos sobre organismos de vida livre e sobre vermes parasitas. Enquanto no caso dos microrganismos de vida livre, uma tradição experimental foi estabelecida pelos defensores da geração espontânea, no caso dos parasitas intestinais a situação era bastante diferente uma vez que nem os defensores, nem aqueles que se opunham à geração espontânea podiam esperar provar experimentalmente seu ponto de vista (Farley, 1972, p. 97). Segundo o autor, essas hipóteses refletem a tendência em escrever a história da ciência como uma história de sucesso (Farley, 1972, p. 96), hoje amplamente denunciada como uma historiografia *whig*¹³.

¹² Houve diferenças fundamentais entre o papel dos experimentos nos organismos de vida livre e aqueles em vermes parasitas. No caso dos microrganismos de vida livre, uma tradição experimental foi estabelecida pelos defensores da geração espontânea, no caso dos parasitas intestinais a situação era bastante diferente uma vez que nem os defensores, nem aqueles que se opunham à geração espontânea podiam esperar provar seu ponto de vista (Farley, 1972, p. 97).

¹³ O historiador inglês Herbert Butterfield (1900-1979), professor da Universidade de Cambridge, cunhou o termo em 1931, em um livro intitulado *The whig interpretation of history*, uma obra de caráter historiográfico, isto é, voltada à discussão de como se produz o relato histórico. Nesse trabalho, Butterfield chama de *whiggish* a “tendência de muitos historiadores escreverem em favor de protestantes e *Whigs*, de exaltarem revoluções bem sucedidas, de enfatizarem certos princípios de progresso no passado e de produzirem uma história que seja a ratificação, se não a glorificação, do presente” (Butterfield, 1931, p. 1). Segundo John Henry, a historiografia continuísta desempenhou um importante papel ao chamar a atenção dos historiadores para os perigos do *whiggismo*, pois, ao apresentar apenas os aspectos históricos como antecipações da ciência que hoje prevalece, a história resultante seria uma lamentável distorção do modo como as coisas ocorreram (Henry, 1998, p. 14). Em 2010, durante o Encontro de História e Filosofia da Biologia organizado anualmente pela Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia (ABFHiB), o *whiggismo* foi tema da Mesa Redonda em que historiadores apresentaram suas reflexões sobre o seguinte tema “Afinal, o que é o

1.1 A pré-formação prevalece

Os homens são como as ondas, quando uma geração floresce, a outra declina.

Homero

Na segunda metade do século XVIII, o debate sobre a origem dos animálculos que surgiam nas infusões tornou-se bastante intenso entre filósofos e naturalistas que investigaram o problema da geração.

Naquele momento, as opiniões sobre o modo pelo qual os organismos vivos se reproduziam oscilavam entre duas correntes antagônicas que procuravam explicar o fenômeno: a epigênese e o preformismo ou preexistência. A epigênese apoiava-se na ideia de que os organismos são formados gradualmente *após* a fecundação, a cada instante do próprio processo reprodutivo. O preformismo baseava-se em que todas as partes e a estrutura do organismo vivo já existiam nos “germes” que lhes dão origem. O germe poderia estar no “ovo” (óvulo) da fêmea ou nos “vermes espermáticos” (espermatozoides) do macho, subdividindo seus adeptos em duas correntes de pensamento, respectivamente, o ovismo e o animalculismo.

Na história das teorias sobre a geração, o termo epigênese é usado de modo geral para contrapor-se à noção de pré-formação ou preexistência. Porém, de acordo com o filósofo da biologia Maurício de Carvalho Ramos, ao situar um

whiggismo da História da Ciência?”. Nessa ocasião, o historiador da ciência Roberto de Andrade Martins explicou que diante das dificuldades impostas pela enorme quantidade de variáveis presentes em um episódio histórico é praticamente inevitável ao historiador deixar de cometer algum tipo de *whiggismo*. “De acordo com essa visão, temos no passado uma situação complexa, que se transforma gradualmente em outra situação complexa que é o presente. O papel do historiador é descobrir como se dá essa transformação e não procurar heróis e precursores [...]. Temos, porém, um grande problema: em cada instante, há um número praticamente infinito de circunstâncias que poderiam ser estudadas. É impossível estudar tudo o que ocorre em cada instante [...]. Além disso, é necessário procurar conexões ou influências entre os diferentes fatos. Como poderia ser feita a seleção e busca de conexões e influências de uma forma neutra? [...]. A partir do caos histórico, o historiador cria uma ordem compreensível, através de um processo de seleção daquilo que é descrito e pelas conexões que ele próprio inventa. Mesmo se sua seleção não levar a uma história linear, houve uma omissão de inúmeros aspectos, e uma grande simplificação da complexidade histórica”. Deixar de selecionar e resumir é impossível. Mas este é exatamente um dos problemas da historiografia *whig* (Martins, 2010, pp. 4-7). Tendo em vista as dificuldades enfrentadas por historiadores da ciência, é possível “aceitar” que aspectos *whig* estejam presentes em um relato histórico, desde que, como explica Roberto Martins, o historiador deixe explícito, para o leitor, que se trata de um resumo de uma história mais complexa, e que a seleção e as conexões apresentadas são fruto da mente do historiador (Martins, 2010, pp. 4-7). O fato de o *whiggismo* ter sido tema de um evento recente mostra que esta ainda é uma questão de debate atual para a historiografia da ciência.

determinado autor na corrente epigenética¹⁴, é preciso explicitar a forma de epigênese envolvida, uma vez que a epigênese de Aristóteles e William Harvey (1578-1657), que o autor classifica como epigênese clássica, opõe-se a qualquer forma de pré-formação, enquanto a epigênese atomista, como seria a de Pierre-Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759), implica a aceitação de uma pré-formação de partes, mas opor-se-ia à pré-formação do todo (Ramos, 2009, p. 138)¹⁵.

O modo pelo qual os organismos se reproduzem e se desenvolvem suscitou investigações sistemáticas que procuravam determinar onde se localiza o embrião e como ele se desenvolve. À luz dos conhecimentos anatômicos daquele período, elaborados a partir de inúmeras dissecções, acaba-se descobrindo, nos “testículos” das fêmeas, pequenas massas repletas de um líquido semelhante à clara de ovo e que amarelece após a cópula¹⁶ (Jacob, 1983, p. 62). De acordo com Jensen e Prestes (2011), a presença de “ovos” nos órgãos reprodutores das fêmeas de diferentes espécies de animais, incluindo a espécie humana, era um fato presumido por diversos anatomistas, embora muitos estudiosos daquela época buscassem maiores evidências:

Após o médico italiano Fabrizio ab Aquapendente (1537-1619) ter mostrado que havia um órgão produtor dos ovos na galinha, que ele chamou *ovarium* (ovário), começou a ser defendida pelos anatomistas do século XVII a ideia de que os “testículos” das fêmeas de mamíferos pudessem ser órgãos

¹⁴ O termo epigenética é utilizado aqui como uma derivação da teoria da epigênese. É importante evitar confusão com o termo epigenética utilizado pela biologia atual, que se refere a todas as mudanças reversíveis e herdáveis no genoma funcional que não alteram a sequência de nucleotídeos do DNA. Inclui o estudo de como os padrões de expressão são passados para os descendentes; como ocorre a mudança de expressão espaço temporal de genes durante a diferenciação de um tipo de célula e como fatores ambientais podem mudar a maneira como os genes são expressos. A pesquisa na área da epigenética alcança implicações na agricultura, na biologia e doenças humanas, incluindo o entendimento sobre células tronco, câncer e envelhecimento.

¹⁵ O historiador da ciência Peter Bowler afirma que para William Harvey a alternativa à epigênese não era necessariamente a pré-formação, mas sim um tipo de metamorfose em que todas as partes aparecem simultaneamente após a concepção (Bowler, 1972, p. 223). O autor adverte sobre a importância para que a relação entre metamorfose, pré-formação e preexistência não sejam confundidos um com o outro.

¹⁶ A descoberta dos “testículos” das fêmeas costuma ser atribuída a Régnier de Graaf. A obra *De mulierum organis generatione inservientibus tractatus novus, demonstrans tam homines et animalia caetera omnia, quae vivipara dicuntur, habere minus quam ovipara, ab ovo originem ducere* (História anatômica das partes genitais do homem e da mulher usados para a geração, com um tratado do suco pancreático, dos clísteres e do uso do sifão) do médico e anatomista holandês Regnier de Graaf (1641-1673) contribuiu com evidências para a presença de “ovos” reprodutores nas fêmeas. A partir dessa obra, ficou estabelecido que as fêmeas de diversos animais, incluindo os “quadrúpedes” (mamíferos), assim como as aves, produziam “ovos” no interior de seus “testículos” – que de Graaf propôs passarem a ser chamados ovários. Hoje sabe-se que de Graaf não observou os óvulos dentro dos ovários, mas, como os demais anatomistas da época, os folículos no qual o óvulo está contido. Por isso é que esses folículos são chamados “folículos de Graaf” (Jensen e Prestes, 2011, p. 15).

semelhantes. O naturalista dinamarquês Nicolas Steno (1638-1686) mostrou, em 1667, que os ovos de um peixe vivíparo provinham do “testículo” da fêmea e que se desenvolviam no seu útero, assim como ocorria em várias fêmeas de mamíferos. O médico holandês Johannis Van Horne (1621-1670) também foi partidário de que o “testículo feminino” seria semelhante ao ovário produtor de ovos das aves. Outro médico holandês, Teodor Kerckring (1640-1693), defendeu a ideia de que esse sistema também deveria ser aplicado para a fêmea da espécie humana. (Jensen e Prestes, 2011, p. 15)

Em suas observações dos folículos ovarianos Régnier de Graaf destacou as diferenças entre os “testículos” das mulheres e dos homens em relação à sua localização, sua aparência, seu tamanho, sua substância, seus tegumentos e seu uso, concluindo:

Podemos dizer, sem receio de nos enganar, que as fêmeas de todos os tipos de animais possuem ovos. Eles são encontrados não somente nas aves e nos peixes tanto ovíparos quanto vivíparos, mas também nas fêmeas dos quadrúpedes [mamíferos] e nas mulheres. Em relação às aves e peixes ninguém duvida que eles nasçam de ovos. Para provar nossa proposição basta relatar o que temos encontrado nas dissecações de quadrúpedes. Esses ovos aparecem nas coelhas, lebres, cadelas, porcas, ovelhas, vacas e outras sob a forma de pequenas vesículas semelhantes aos germes dos ovos das aves, e como eles se distribuem sobre a superfície dos testículos, são vistos através da túnica comum que os envolve, a qual eles empurram e erguem como se a quisessem perfurar para sair. (Jensen e Prestes, 2011, p. 18)

O texto de Régnier de Graaf causou impacto sobre as teorias de geração dos seres vivos, fomentando o desenvolvimento da ideia do pré-formacionismo ovista, em oposição ao pré-formacionismo animalculista (Jensen e Prestes, 2011, p. 16). Além das observações feitas por de Graaf, a descoberta da partenogênese por Charles Bonnet e a descrição do desenvolvimento embrionário no ovo de galinha por Albrecht von Haller (1708-1777), trouxeram forte apoio ao ovismo.

A partenogênese descoberta por Bonnet nos pulgões ofereceu um grande apoio à pré- formação ovista tendo em vista que nesse modo de geração apenas uma fêmea basta para gerar um organismo. Entretanto, essa constatação representou algumas dificuldades para Bonnet. Conforme observou Maria Elice B. Prestes, o modelo de pré- formação ovista, em que o germe contido no ovo da fêmea desenvolve-se pela nutrição, deixa indefinido o papel do sêmen masculino na geração. Não possuindo papel algum, ficaria explicada a partenogênese dos pulgões, mas como seria explicado que outras fêmeas não geram sozinhas? E como seria explicada a presença nos filhos de características parecidas ao pai? Desse

modo, não resta a Bonnet outra possibilidade a não ser conferir um papel, ainda que menor, ao sêmen masculino (Prestes, 2003, p. 132).

Quanto à semente masculina, o microscópio revelou no sêmen inúmeras criaturas, pequenos vermes que se movem e nadam em todos os sentidos (Jacob, 1983, p. 63). Existiam, portanto, “ovos” nas fêmeas e animálculos nos machos.

O debate a respeito da localização do embrião dividiu os preformistas¹⁷ entre os defensores de concepções ovistas e animalculistas.

As concepções ovistas e animalculistas são desenvolvidas a partir de “descobertas” realizadas no âmbito mais estrito das pesquisas científicas, como a própria observação dos “animálculos do sêmen” (espermatozoides) sob as lentes do microscopista holandês Antoni van Leeuwenhoek, em novembro de 1677, e também feitas por Nicolas Hartsoeker (1656-1725). (Prestes, 2003, p. 103)

Essas observações levaram à proposta de que os animálculos contêm dentro de si o pequeno animal, pré-formado, que dará origem ao adulto (Figura 3). Os pré-formationistas acreditavam que, na geração, partes que antes eram invisíveis se tornavam grandes o bastante para serem vistas.

Figura 3. *Hommunculus* de Hartsoeker.
Fonte: commons.wikimedia.org/

¹⁷ Aspecto importante de qualquer vertente preformista é que está salvaguardado o papel ativo de Deus na criação dos seres vivos, ainda que não no seu desenvolvimento. Nesse momento, é forte a oposição a epigênese, por atribuir à natureza uma autonomia ou um poder formador independentemente da criação divina, o que conduz ao materialismo. Além disso, a epigênese admite a mudança, o que contraria a crença na estabilidade ou constância da natureza “e, por implicação, da sociedade”. Esse contexto religioso e social justifica em alguma medida a prevalência da pré-formation, seja ovista, seja animalculista, como explicação mais amplamente aceita para a geração animal no final do século XVII e primeira metade do século XVIII (Prestes, 2003, p. 104).

É importante lembrar que após a descoberta dos animálculos no sêmen¹⁸, houve muito debate sobre o seu papel na fertilização. Antoine Maître-Jean, por exemplo, negou sua participação na geração, escrevendo em *Observations sur la formation du pulet*, de 1722: “como pequenos vermes foram descobertos, sob o microscópio, em águas de poças, vinagre e todos os tipos de líquidos, não há motivos para supor que os do sêmen estão, de alguma maneira, ligados à geração” (Maître-Jean *apud* Pinto-Correia, 1999, p. 158).

Assim, embora há muito se soubesse que o sêmen está relacionado com a reprodução, os animálculos do sêmen, quando conhecidos, despertaram diversas interpretações, tendo sido considerados artefatos, parasitas, produtos de testículos doentes, sinais de putrefação, agentes destinados a incitar o macho a cumprir o ato sexual etc. Além disso, como destacou Clara Pinto-Correia, “Durante o século XVII, muitos naturalistas preferiram aceitar a existência de algum tipo de espírito seminal que estimularia o desenvolvimento do ovo a iniciar o desenvolvimento do novo ser” (Pinto-Correia, 1999, p. 147).

Independentemente do caráter ovista ou animaculista, essas descobertas de de Graaf e dos animálculos do sêmen repercutiram de maneira incisiva em *prol* da teoria da pré-formação e da sua adoção por grande parte dos naturalistas, até meados do século XVIII (Prestes, 2003, pp. 104-105)¹⁹.

No século XVIII, destaca Giuseppe Montalenti, tanto os defensores da epigênese quanto os do preformismo se concentraram, sobretudo, na interpretação do problema da geração e do desenvolvimento, que é considerado até hoje o mais característico da complexa fenomenologia biológica (Montalenti, 1982, pp. 6-7).

Muitos investigadores dos séculos XVII e XVIII dedicaram-se ao tema da geração. “As descobertas que derivam dessas pesquisas provocaram revisões e

¹⁸ O termo espermatozoide foi cunhado apenas em 1827 por Karl Ernest von Baer (1792-1876), significando “animais do esperma” ou “animais da semente”, o que mostra que a ideia de que o espermatozoide era um tipo de parasita persistiu por um longo período (Pinto-Correia, 1999, p. 147).

¹⁹ Em 1674, Nicolas Malebranche (1638-1715), em *De la recherche de la vérité* (*Sobre a pesquisa da verdade*), propõe que os “germes” dos pequenos seres que irão nascer preexistem no corpo, ou no “ovo” da mãe, encaixados uns dentro dos outros, à maneira das bonecas russas. Em contraposição a esse ovismo de Malebranche, o animalculismo é reforçado pela adesão de Gottfried Leibnitz (1646-1716) expressa no *Considérations sur les principes de vie et sur natures plastiques* (*Considerações sobre os princípios da vida e sobre as naturezas plásticas*), de 1705. Ainda que diferindo pelo destaque dado ao papel preponderante do ovo ou do espermatozoide, a argumentação do jansenista Malebranche e do protestante Leibnitz, baseada em suas teorias teológicas da predestinação, constitui reforço importante para a aceitação da teoria da pré-formação (Hoffheimer *apud* Prestes, 2003, p. 104).

acomodações de concepções teóricas sobre a reprodução entre os defensores dos dois lados da controvérsia” (Prestes, 2003, p. 97).

Além das observações de Leeuwenhoek sobre os animálculos espermáticos, outras investigações acarretaram descobertas importantes ao debate. São bastante citadas as investigações de Abraham Trembley (1720-1784) com os pólipos de água doce (hidra) e as observações de Albrecht von Haller sobre o desenvolvimento do embrião de galinha. Outros investigadores defenderam ardentemente suas posições em favor de um ou outro sistema, tornando-se protagonistas da contenda. Com isso, aparecem, aos próprios contemporâneos, nomes como os de Maupertuis²⁰, Georges-Louis Leclerc de Buffon e John Turberville Needham (1713-1781) em favor da epigênese, e Charles Bonnet (1720-1793) e René Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1754), além de Lazzaro Spallanzani, em favor do preformismo (Prestes, 2003, p. 98).

O naturalista francês Georges-Louis Leclerc de Buffon e o genebrês Charles Bonnet são, provavelmente, os representantes mais influentes dos dois lados da contenda entre aqueles que defenderam, respectivamente, a epigênese ou a pré-formação.

É preciso lembrar que na época em que se travou o debate epigênese e pré-formação, era presente a crença de que o universo tinha sido criado por um ser inteligente. Isso “exigiu o envolvimento de Deus na criação dos seres vivos, desempenhando um papel fundamental para explicar o fenômeno da geração” (Roe, 1985, p. 65).

Assim, as teorias de geração relacionavam o papel de Deus na criação, ainda que deixando o desenvolvimento subsequente para causas mecânicas. Uma possibilidade era a de que todos os seres teriam sido criados ao mesmo tempo, uns dentro dos outros, por “encaixamento” (*emboîtement*), ou espalhados como germes pela natureza por “disseminação” ou “panspermismo” (Prestes, 2003, p. 103).

A teoria de geração desenvolvida por Bonnet em *Considérations sur les corps organisés* (Considerações sobre os corpos organizados) de 1762 e em

²⁰ Estudos históricos tradicionalmente situam Maupertuis, juntamente com Buffon e Needham, nessa linha epigenética de explicações. Contudo, de acordo com Maurício de Carvalho Ramos, a teoria de Maupertuis não é necessariamente epigenética. Segundo suas conjecturas, a matéria que forma o embrião já possui uma forma, pelo menos no que concerne às suas partes e órgãos fundamentais (Ramos, 2009, p. 123).

Contemplation de la nature (Contemplanção da natureza) de 1764, supunha que todos os organismos desenvolvem-se a partir de um germe pré-existente, originalmente criado por Deus. Nesta segunda obra, “Bonnet dedica-se ainda mais extensamente ao tema da ‘grande cadeia dos seres’ (Figura 4) e sua relação com a pré-formação” (Prestes, 2003, p. 125).

Figura 4. Ilustração para a grande escala dos seres naturais de Bonnet. A névoa, entre os cristais e as plantas, indica que a passagem do reino mineral ao reino vegetal permanece desconhecida. Bonnet declarou-se pouco satisfeito com essa gravura, colocada no frontispício da *Contemplation de la nature* (Buscaglia *et al.*, 1994 *apud* Prestes, 2003, p. 127).

Charles Bonnet defende que o germe localiza-se no ovo da fêmea e acredita que sucessivas gerações deveriam ser armazenadas uma dentro da outra, de modo que as primeiras fêmeas de uma espécie a ser criada deveria conter a totalidade de sua espécie dentro dos seus ovários. Este princípio ficou conhecido como *emboîtement* (“encaixamento”).

Apesar de declarar preferir a concepção de encaixamento (*emboîtement*) dos vermes, em detrimento da alternativa da disseminação dos vermes (panspermia), Bonnet adverte que o encaixamento não implica na ideia de miniaturas de corpos prontos, uns dentro dos outros em analogia às bonecas russas (Prestes, 2003, p. 130).

Por sua vez, teorias da epigênese, baseadas na noção de matéria ativa, tais como as propostas por Maupertuis, Buffon e Needham, encontraram forte resistência por parte daqueles que procuram preservar os fundamentos religiosos e mecanicistas em que a teoria da pré-formação estava assentada (Roe, 1983, p.

160). Além disso, muitos desses autores foram acusados por seus adversários de serem ateus e materialistas. Vale acrescentar que o debate entre as concepções epigenéticas e preformistas no século XVIII esteve permeado em muitos aspectos por uma polêmica entre vitalismo e mecanicismo, respectivamente, entre antigos e modernos. “Ao modo dos antigos, pertencem a epigênese, a força plástica e o ocultismo. Ao lado da revolução galileana estão o mecanicismo, a preexistência e a ciência da natureza” (Bernardi, 1982, p. 205).

1.1.1 Os pólipos de Trembley

Em meio ao debate entre epigenistas, ovistas e animaculistas, Abraham Trembley publicou, em 1744, o resultado de suas observações sobre a reprodução entre os pólipos de água doce (hidra) (Figura 5).

Figura 5. Pólipos de água doce (hidra) observados por Trembley em 1744 (Trembley, 1744, pp. 83-86).

Trembley examinou esses organismos, descobrindo que eram capazes de gerar crias por meios desconhecidos dos naturalistas, tal como o brotamento, que só era conhecido entre os vegetais, e a bipartição e regeneração.

Até esse momento, a regeneração era vista como mais uma evidência em favor da pré-formação, mas Trembley ofereceu uma nova dimensão a esse fenômeno quando, por meio de observações e experiências, descobre que a bissecção dos “pólipos de água doce” (hidra) resulta na produção de dois

animais completos, por cortes (*bouture*), hoje chamado *bipartição*, e por brotos (*rejettons*), hoje chamado *brotamento*. (Prestes, 2003, p. 116)

O autor também identificou outro tipo de reprodução característica dos vegetais nesses pequenos animais, a formação de um organismo a partir de dois, como na *enxertia*.

“As descobertas de Trembley aproximaram ainda mais a regeneração da reprodução – fenômenos já estreitamente relacionados na época por receberem a mesma designação comum de ‘geração’” (Prestes, 2003, p. 116). Além de evidenciar a regeneração de partes do corpo, Trembley mostrou que no extremo o fenômeno regenerativo dá origem a dois novos organismos (Figura 6). Assim, “essas formas de regeneração expressam, na verdade, a descoberta de novas formas de reprodução animal e causaram grande impacto nas sociedades científicas e nos círculos *ilustrados* da época”²¹ (*Id.*).

Figura 6. Geração dos pólipos de água doce por brotamento observados por Trembley em 1744 (Trembley, 1744, p. 229).

²¹ O exemplo maior da perturbação causada pela descoberta é personificada em Haller. Inicialmente animaculista, à luz dos fenômenos com a hidra passa a defender, ainda que temporariamente, a epigênese. Após novas observações da formação do coração no embrião do pinto, retorna ao preformismo, desta vez, ovista (Prestes, 2003, p. 105).

Note-se que a regeneração dos pólipos observada por Trembley apontava para a capacidade que qualquer parte do corpo do animal produzir novos indivíduos, sem a necessidade de um embrião pré-formado.

De fato, as descobertas de Trembley, de fato, foram muito representativas para o debate acerca das teorias de geração daquele período²², além de produzirem repercussão importante nos métodos de estudo dos seres vivos:

O impacto da obra, entretanto, não se deve apenas à novidade do fenômeno descoberto e da visibilidade que confere a um organismo “vil”, de dimensões diminutas, cujo estudo era criticado por naturalistas como Buffon. Deve-se, sobretudo, ao fato de estar baseada em intensa e contínua série de observações e experiências, reconhecida no próprio século XVIII como “paradigma da excelência”. (Buscaglia *apud* Prestes, 2003, pp. 36-37)

Os fenômenos descobertos na hidra levaram Pierre-Louis Moreau de Maupertuis, Georges-Louis Leclerc de Buffon e John Turberville Needham a promoverem novas observações e ampliarem as explicações epigenéticas cartesianas, baseadas em matéria e movimento. Adotando as forças newtonianas, “forças ativas” da natureza, como comandantes dos processos de desenvolvimento, revitalizarem a epigênese que voltou a atrair a atenção e a preferência dos naturalistas. As posições desses autores tornaram-se objeto de um combate sistemático por parte de Bonnet²³ que, ao mesmo tempo, procurou acomodar as descobertas de Trembley ao preformismo²⁴ (Prestes, 2003, p. 105).

1.2 A reformulação epigenista

Em 1744, Maupertuis publicou *Dissertation physique à l'occasion du negre blanc* (Dissertação física por ocasião do negro branco), apontada por Mauricio Ramos como sendo a primeira obra importante de Maupertuis sobre questões biológicas, uma vez que contém a primeira formulação de sua teoria sobre a

²² Ao comentar a influência dos fenômenos descobertos na hidra para o debate sobre a geração, Marta Stefani observa que Trembley havia, por assim dizer, “lançado a pedra e retirado a mão” (Stefani, 2002, p. 25), por não ter tomado partido no debate.

²³ Apesar da importância da sua descoberta da partenogênese nos pulgões, Bonnet não esconde seu entusiasmo com a descoberta de Trembley pelo que considera seu impacto positivo ao preformismo. Assim, explora outro aspecto da acomodação entre o preformismo e a reprodução da hidra que é o “escala” ou “cadeia dos seres”: a hidra, apressa-se Bonnet em fazer notar, é o “ponto de passagem ou de ligação” esperado entre plantas e animais, é a evidência da continuidade entre os dois reinos (Prestes, 2003, p. 124).

²⁴ Enquanto Trembley recusa entrar na polêmica, “seu primo, Charles Bonnet, encarou o desafio e tornou-se o principal, e muito articulado, naturalista protagonista defensor do conceito da pré-formação” (Dinsmore, 1996 *apud* Prestes, 2003, p. 105).

geração dos animais (Ramos, 2009, pp. 12-13). No ano seguinte, publicou o *Vénus physique* (Vênus física). Segundo o referido autor, a teoria que aparece nessa obra, juntamente com as opiniões de Maupertuis diante das explicações disponíveis na época para o problema da geração, representa uma ruptura com várias posições há muito consagradas (*Ibid.*, p. 13). Mas foi em 1751 que apareceu sua obra biológica mais importante, a *Dissertatio inauguralis metaphysica, pro gradu doctoris habita* (Dissertação metafísica inaugural para obtenção do grau de doutor). Ela foi publicada sob o pseudônimo de Dr. Baumann e posteriormente foi traduzida para o francês como *Essai sur la formation de corps organisés* (Ensaio sobre a formação dos corpos organizados) e mais tarde como *Système de la nature* (Sistema da natureza). De acordo com Ramos, “é nessa obra que Maupertuis expõe de modo mais sistematizado sua teoria da geração, desenvolvendo plenamente sua hipótese das propriedades psíquicas na matéria” (*Ibid.*).

Conforme discutiu Mauricio Ramos, a análise crítica da preexistência ovista no *Vénus physique* inclui uma crítica aos conceitos de ovismo, preexistência, pré-formação e embutimento, noções que dizem respeito à origem e à natureza do germe que dá início à geração (Ramos, 2009, p. 151). Com relação a isso, o autor ressalta uma distinção importante: as noções de pré-formação, preexistência e embutimento eram fundamentalmente teóricas, sustentadas por posições filosóficas, especulativas, ao passo que a noção de ovismo fundamentava-se em fenômenos observáveis relacionados à formação completa do organismo, tais como a saída do ovo dos ovários, seu deslocamento e implantação no útero, sua fecundação, além de seu desenvolvimento e o próprio nascimento do organismo, fenômenos esses que podiam ser analisados à luz do conhecimento anatômico e médico da época. Com exceção dos dois últimos, os demais fenômenos foram estudados em detalhe por Maupertuis (Ramos, 2009, p. 151).

No *Vénus physique* Maupertuis sugere o instinto como propriedade da matéria capaz de explicar a geração dos corpos. Contudo, destaca Maurício Ramos, Maupertuis supõe em sua argumentação, mas sem assumi-lo explicitamente, um processo de geração atomista no qual a ordem dos corpos se estabeleceria espontaneamente (Ramos, 2009, p. 16). Todavia, tal concepção de geração poderia tranquilamente ter lugar na cosmologia de Maupertuis, desde que associada de alguma forma ao princípio metafísico que fundamenta a noção de mínima ação.

Para Ramos, parece que é justamente essa associação que Maupertuis procura fazer no *Système de la nature* de 1751 (*Ibid.*).

As formas orgânicas aparecem espontaneamente a partir de partículas materiais gerativas ou seminais que, em função de sua dinâmica, podem tanto manter um padrão morfológico ao longo do tempo como transformá-la graças à ocorrência de mudanças fortuitas nos elementos seminais. (Ramos, 2009, p. 16)

O autor supracitado explica que essa produção, conservação e alteração das formas orgânicas estariam reguladas por um mecanismo de geração que Maupertuis havia procurado como principal objeto de suas pesquisas sobre os seres vivos, onde é possível notar uma clara consistência com a noção metafísica associada ao princípio da mínima ação, uma vez que mesmo a produção dos fenômenos mais fundamentais como a geração da diversidade dos corpos organizados seria fruto de uma mecânica cega regulada por leis instauradas por Deus desde o princípio da formação do mundo (Ramos, 2009, pp. 16-17).

A explicação metafísica por trás de tal mecanismo seria que, na criação do mundo, Deus teria dotado as partículas seminais de uma percepção capaz de orientá-las no sentido estabelecer ligações materiais necessárias à estruturação dos organismos. (Ramos, 2009, p. 16)

Outro naturalista importante que se dedicou, entre outros temas, à investigação do problema da geração foi o francês George Louis Leclerc Buffon.

Buffon produziu uma vasta obra intitulada *Histoire naturelle générale et particulière* (História natural geral e particular), contando com diversos colaboradores, em 15 volumes iniciais (1749-1767), seguidos de sete volumes suplementares (1774-1789). O segundo volume do *Histoire naturelle* contém o livro *Histoire générale des animaux* (História geral dos animais) de 1749, com 428 páginas distribuídas em onze capítulos destinados a tratar da geração dos seres vivos. Nesta obra encontram-se as concepções teóricas de Buffon e o relato das experiências executadas em conjunto com colaboradores, dentre os quais o inglês John T. Needham (Prestes, 2003, p. 136).

Segundo Marta Stefani, a insuficiência de uma solução como epigênese mecânica concebida pela imaginação de Descartes; a clara percepção de que os princípios gerais que ele admitiu não esgotavam as propriedades da matéria; a evidência da existência de forças na natureza como o magnetismo ou a atração gravitacional; a constatação da tendência que a matéria tem a organizar-se e, com

um papel longe de ser secundário, a profunda convicção da unidade da natureza expressa pela imagem de uma grande cadeia dos seres, são algumas das questões presentes na teoria de Buffon (Stefani, 2002, pp. 55-56).

A reflexão de Buffon sobre o tema da geração é motivada por uma oposição direta à teoria da preexistência dos germes, oposição que amadurece por meio do diálogo com o amigo Maupertuis. De modo similar a Maupertuis, Buffon toma por base as forças newtonianas para criticar a pré-formação e preexistência tanto para o desenvolvimento do embrião quanto para a própria geração de um novo ser. Propõe uma explicação articulada por meio de analogias em torno de dois conceitos criados por ele, *parties organiques* “partes” ou “moléculas orgânicas” e *moule intérieur* “moldes internos” (Stefani, 2002, p. 56; Prestes, 2003, p. 137). Geração, crescimento e desenvolvimento são todos controlados por esse molde interior (Pinto-Correia, 1999, p. 238). Conforme explica John Farley:

No princípio da vida, as partículas orgânicas eram absorvidas e empregadas no aumento das diferentes partes, enquanto a *moule intérieure* garantia que cada parte do corpo recebesse apenas as moléculas que podia usar. Em níveis mais elevados, portanto, havia diferentes grupos de partículas representando diferentes órgãos. Após a puberdade, quando o crescimento para, as partículas em excesso eram passadas para reservatórios – os testículos e os ovários [...] Ao ocorrer a decomposição, as moléculas orgânicas, sem as restrições do molde, voltavam à liberdade e, mais tarde, incorporavam-se a outros organismos. (Farley, 1972, p. 104)

Das várias combinações de tais partículas orgânicas resultava a forma dos organismos conhecidos (Stefani, 2002, p. 56). Como consequência, argumenta Buffon, “a reprodução ou a geração não passa de uma mudança de forma que se faz e se opera tão somente pela adição dessas partes semelhantes, como a destruição do ser organizado se faz pela divisão dessas mesmas partes” (Buffon, 1749, v. 2, p. 24).

A noção de “partes orgânicas” de Buffon não só aparta do mundo vivo o reino mineral, como garante a unidade entre os “pequenos seres organizados” e os “grandes seres organizados” (Prestes, 2003, p. 138).

De maneira semelhante à teoria de Maupertuis, Buffon explica a adição das partes como decorrente do processo de alimentação. A digestão seria o processo de separação das partes orgânicas e brutas. As partes orgânicas seriam então enviadas para todas as partes do corpo para a promoção do crescimento e

reparação. O excesso seguiria para reservatórios especiais onde se tornavam fluidos seminais. Na reprodução, essas partes representantes de diferentes regiões do corpo eram incorporadas na formação do novo organismo pela influência dos “moldes interiores” e pela ação de uma “força ativa”. Cada criatura nova seria formada inteiramente a partir da reunião das partes orgânicas dos pais, sem envolver qualquer estrutura pré-formada. (Prestes, 2003, p. 138)

Luzia Castañeda acrescenta que essa incorporação por influência dos “moldes internos” era uma questão ambígua e foi bastante discutida naquela época. De acordo com a autora, Maupertuis, e mais tarde Georges Cuvier (1768-1832), se queixaram de nunca o terem compreendido muito bem, pois poderia se referir tanto ao mecanismo pelo qual as moléculas se distribuem no organismo, como também ao próprio possuidor de uma forma oca onde as moléculas se agrupariam, ou ainda, a um processo onde essas duas interpretações ocorreriam simultaneamente (Castañeda, 1995, p. 46).

John Turberville Needham, recordando a insatisfação de Buffon para com a tese da preexistência em suas conversas frequentes com Maupertuis, concluiu seu breve relatório com estas palavras: “em suma, foi por reflexões gerais e alguns outros consequentes pensamentos, que o Sr. Buffon foi conduzido a elaborar seu sistema de partes orgânicas” (Needham, 1749, p. 19).

Nesse período, as discussões entre as teorias de geração dos seres vivos eram intensas. Apesar disso, a maioria das opiniões dos filósofos e naturalistas se pronunciava favorável à teoria preformacionista e, consequentemente, contra a geração espontânea dos animálculos que surgiam nas infusões, uma vez que acreditavam ser provenientes de “sementes” dispersas pelo ar. A situação, no entanto, mudou totalmente com as experiências realizadas por Needham (Martins, 2007, p. 101; Prestes e Martins, 2010, p. 82).

Capítulo 2 Needham e Spallanzani: a controvérsia sobre a origem dos animálculos nas infusões

2.1 Os experimentos e a “força vegetativa” de Needham

Embora grande parte da literatura secundária sobre Needham seja voltada para seus trabalhos em torno da geração espontânea e sua polêmica com Spallanzani, é importante ressaltar que os estudos desenvolvidos por Needham não se limitaram a essa questão. Todavia, por conta dos objetivos definidos neste trabalho, optamos por abordar principalmente suas investigações e contribuições acerca do debate sobre a geração dos infusórios.

O inglês John Turberville Needham (1713-1781) foi educado no *English College at Douai* (Colégio Inglês de Douai), na França, e foi ordenado padre católico em 1738, então com vinte e cinco anos.

Os primeiros trabalhos científicos de Needham apareceram em 1743 e tratava-se de algumas cartas enviadas à *Royal Society* cujo tom revela com clareza “todo o empenho e humildade” de um pesquisador consciente de sua própria inexperiência, lisonjeado por conta do diálogo com uma instituição tão ilustre, e ao mesmo tempo, preocupado em mostrar-se atento aos encargos que lhe seriam comissionados (Stefani, 2002, p. 15-16).

Nesse período realizou uma série de observações microscópicas com uma grande variedade de materiais experimentais, cuja descrição apresentou na obra *An Account of some New Microscopical Discoveries* (Uma consideração sobre algumas novas descobertas microscópicas)²⁵ em 1745, quando tinha trinta e dois anos. A variedade de objetos tratados nessa breve comunicação mostra interesses bastante díspares. Needham analisou um terreno calcário (*malm*), e alguns processos de petrificação presentes no mesmo; realizou observações sobre pólenes de uma variedade de lírio (Figura 7); sobre grão que apresentavam mal formação; sobre

²⁵ Marta Stefani relata a dificuldade em definir as fontes precisas das observações e experiências de Needham, mesmo as mais famosas como a do surgimento de vermes a partir de carne putrefata, ou de seus experimentos sobre animais das infusões. “Ora são atribuídas, erroneamente, àquela publicação de 1745, ora são referidas sem a devida informação bibliográfica, indicando um claro desconhecimento geral e direto da obra de Needham” (Stefani, 2002, p. 6).

alguns vermes encontrados no estômago das trutas; sobre o fenômeno da regeneração da estrela do mar (Stefani, 2002, p. 16).

Figura 7. Ilustração do *Nouvelles observations microscopiques* de 1750, planche 5. Na figura 4 e 5 podemos observar a ilustração dos grãos de pólen expelindo seu conteúdo representado em vários graus de ampliação.
 Fonte: *Bibliothèque Nationale de France. Bibliothèque Numérique Gallica*. Disponível em: <http://gallica.bnf.fr/> Acesso em novembro de 2010.

Nessa publicação Needham apresenta uma contribuição bastante original ao debate sobre a natureza do pólen na flor, tendo em vista que uma detalhada descrição da estrutura da flor precede a explicação do processo de fecundação.

Desse modo, ao observar o fenômeno da micro-explosão das partículas dos pólen e a descoberta do tubo polínico, Needham fornece uma explicação para o problema da comunicação do pólen com o ovário, concluindo que tratava-se de uma modalidade efetiva de fertilização (Stefani, 2002, p. 32). A origem dessa esfera de interesses pode ser identificada no próprio interesse de Martin Folkes por essas questões (*Ibid.* p. 17).

Em seguida, entre os anos de 1744 e 1745, fez estudos de organismos marinhos macroscópicos, como estrelas do mar, cracas e lulas (Figura 8).

Figura 8. Primeiras ilustrações feitas por Needham para registrar suas observações sobre as lulas (1745); Retiradas do *Nouvelles observations microscopiques* de 1750, planche 1 e 2. Fonte: *Bibliothèque Nationale de France. Bibliothèque Numérique Gallica*. Disponível em: <http://gallica.bnf.fr/> Acesso em novembro de 2010.

Needham também descreveu então os pequenos “pacotes” das lulas, os *milt vessels* (“maquinetas seminais” hoje chamados “sacos de Needham”) que contém uma massa gelatinosa em seu interior (hoje chamados “espermatóforos”) e são expelidos pelas lulas durante a fertilização (ver Figura 9).

Figura 9. “Animais espermáticos de sépia observados por Needham. Detalhes anatômicos e os *milt vessels* (“maquinetas seminais” hoje chamados “sacos de Needham”).
 Fonte: *Bibliothèque Nationale de France. Bibliothèque Numérique Gallica*. Disponível em: <http://gallica.bnf.fr/> Acesso em novembro de 2010.

Em meados dos anos 1746, Needham se mudou para Paris, tendo sido recomendado ao Conde de Buffon por Martin Folkes, então presidente da *Royal Society* de Londres. A partir dessa introdução, “surgiu uma breve, mas significativa colaboração científica que viria a formar a base para a teoria biológica da geração de Needham” (Roe, 1983, pp. 160-161). Após retornar à Londres foi eleito membro da *Royal Society*, em 1747.

A fim de testar a teoria de Buffon de que os seres microscópicos poderiam originar-se a partir da combinação de partículas orgânicas, os dois naturalistas iniciaram uma série de observações sobre infusões preparadas a partir de uma grande variedade de sementes e grãos. “Needham, por conta própria, também realizou uma série de observações adicionais em infusões” (Roe, 1983, p. 161).

Os resultados foram apresentados em 1748 em um relato bastante detalhado enviado à *Royal Society* de Londres intitulado *A summary of some late*

observations upon the generation, composition and decomposition of animal and vegetable substances (Um resumo das últimas observações sobre a geração, composição e decomposição das substâncias animais e vegetais). Este continha uma série de experimentos com evidências favoráveis à geração espontânea. “No relato ele apresentou também a teoria de que haveria uma ‘força produtiva’ na natureza que ele chamou de ‘força vegetativa’ ou ‘poder vegetativo’” (Prestes e Martins, 2010, p. 81). Em 1749, esse relato foi publicado como monografia separada em Londres intitulada *Observations upon the generation, composition, and decomposition of animals and vegetables substances* (Observações sobre a geração, composição e decomposição de substâncias animais e vegetais)²⁶. Simultaneamente à publicação pela *Royal Society*, o texto foi traduzido e publicado em francês numa edição para a qual Needham acrescentou suas visões metafísicas e epistemológicas: *Nouvelles Observations microscopiques, avec des découvertes sur la composition et la décomposition des corps organisés* (Novas observações microscópicas com descobertas sobre a composição e decomposição dos corpos organizados). “É supostamente esta a edição que Spallanzani tem em mãos ao iniciar suas investigações sobre os microrganismos, em 1761” (Prestes, 2003, pp. 160-161).

De acordo com Marta Stefani, aceita-se a sistematização metafísica da obra *Nouvelles observations microscopiques* (Paris, 1750) (Figura 10) como ponto de partida para uma análise do pensamento needhamiano. Todavia, ao renunciar uma delineação de sua gênese histórica, uma compreensão plena de seu pensamento é comprometida por ocultar, em primeira instância, as razões de suas opções metafísicas (Stefani, 2002, p. 14).

A summary of some late observations, de 1748, é, pois, a obra em que Needham critica a teoria pré-formista e propõe sua teoria sobre as “forças ativas” da natureza, “por argumentos derivados não apenas das observações, que são óbvias a todo naturalista, mas experimentos (*experiments*) feitos com substâncias animais e vegetais, durante todo o verão do presente ano” (Needham, 1749, p. 622). Além disso, criticou a geração espontânea “no modo como foi proposta pelos antigos”, vindo a propor uma formulação distinta, com a intervenção divina sobre a matéria

²⁶ Nesta dissertação foi utilizada essa edição de 1749.

inerte (Prestes, 2003, p. 161). Alguns anos mais tarde, Spallanzani viria criticar essa formulação no *Saggio* (1765) e mais sistematicamente nos *Opuscoli* (1776).

Shirley Roe acrescenta que “embora sua teoria da geração tenha se baseado quase que exclusivamente sobre os fenômenos revelados pelo microscópio, John Needham generalizou suas conclusões para construir uma teoria universal da epigênese” (Roe, 1983, p. 160). Segundo a autora, como acreditava que evidências experimentais não suportam a tese dos germes preexistentes, Needham aspirava converter seus contemporâneos preformistas à uma visão epigenista. No entanto, esta metafísica nunca foi de orientação materialista, e sempre foi cuidadosamente colocada em um contexto religioso²⁷. Mesmo assim, Needham foi forçado a defender seus pontos de vista contra a acusação de ateísmo (*Ibid.*).

Figura 10. Folha de rosto do *Nouvelles observations microscopiques* de 1750. Fonte: *Bibliothèque Nationale de France. Bibliothèque Numérique Gallica*. Disponível em: <http://gallica.bnf.fr/> Acesso em novembro de 2010.

²⁷ Shirley Roe considera anômala a postura de Needham diante do debate sobre as teorias de geração no século XVIII, uma vez que o autor simultaneamente defende a epigênese e se opõe ao materialismo (Roe, 1983, p. 160).

A publicação do *Nouvelles observations microscopiques* em 1750 causou grande impacto entre os naturalistas dos setecentos. Conforme Maurício de Carvalho Ramos, citando Beeson (1992), a leitura que Maupertuis fez dessa obra por volta de agosto daquele ano inspirou o autor a retomar suas reflexões e estudos sobre a geração dos organismos, como de fato, sugere a carta a La Condamine de 24 de agosto de 1750:

Lestes o livro de Needham? Onde estamos? Que novo universo! É lamentável que um homem que observe tão bem raciocine tão mal! Após a leitura de seu livro, tive o espírito tão aturdido com todas as ideias que ele me apresentou que foi preciso deitar-me, como que doente; e eu ainda não estou tão bem curado da confusão em que esta leitura me colocou. Quando esse tumulto estiver um pouco mais mitigado espero retomar o fio de algumas meditações sobre o assunto que iniciei há algum tempo e ver se é possível descobrir alguma coisa razoável²⁸. (Maupertuis, 1750, 125B *apud* Ramos, 2009, p. 273)

John Needham inicia sua argumentação com certa modéstia em relação às próprias experiências com substâncias animal e vegetal, das quais espera avançar, “por meio da indução, o conhecimento sobre este tema a partir de uma longa série de novas experiências” (Needham, 1749, p. 1).

Ao longo de sua argumentação, Needham procurou mostrar que os seres microscópicos que surgiam nas infusões haviam sido produzidos a partir da decomposição da matéria animal e vegetal e não poderiam ser derivados de ovos depositados a partir do ar. Nessa obra é que Needham propõe sua teoria sobre as “forças ativas” da natureza.

Em seu primeiro experimento, Needham introduziu certa quantidade de carne de carneiro (ainda quente) fervida em água, em um frasco, fechando-o com uma tampa de cortiça, acreditando ter isolado o caldo do ar exterior. Com isso, Needham esperava esclarecer se os animálculos que surgiam nas infusões eram produzidos a partir de algo que vinha de fora, ou se eles eram provenientes da própria substância infusa.

Para meu propósito, conseqüentemente, tomei uma quantidade de caldo de carneiro aquecido pelo fogo e o tampei dentro de um frasco, fechando-o com uma rolha tão bem presa, para que eu pudesse me precaver de que o frasco estava fechado hermeticamente. Eu assim excluí, com efeito, o ar exterior, para

²⁸ Apesar dessa reação, Maupertuis não entrará posteriormente em muitos detalhes sobre as observações específicas de Needham, mas o fará em relação às observações de Buffon, publicadas em 1749 no segundo volume da *Histoire naturelle* (História natural) (cf. Ramos, 2009, p. 273).

que não dissessem que os meus corpos em movimento tivessem sua origem de insetos ou ovos flutuantes na atmosfera. (Needham, 1749, p. 23)

Na sequência do experimento, Needham manteve o frasco e seu conteúdo durante algum tempo sobre as cinzas quentes. Mais tarde, expôs o frasco ao calor do sol durante alguns dias. Observou então ao microscópio (Figura 11) que cada gota do caldo continha uma grande quantidade de animálculos que se moviam. O mesmo resultado foi obtido com outras infusões de substâncias animais e vegetais.

Não negligenciei qualquer precaução, mesmo que isso significasse aquecer violentamente em cinzas quentes o corpo do frasco, de modo que se alguma coisa existisse, mesmo naquela pequena porção de ar que havia no gargalo [do frasco], ela deveria ser destruída, perdendo sua faculdade reprodutiva. (Needham, 1749, p. 24)

Figura 11. Microscópio utilizado por Needham no *Nouvelles observations microscopiques* de 1750. Fonte: *Bibliothèque Nationale de France. Bibliothèque Numérique Gallica*. Disponível em: <http://gallica.bnf.fr/> Acesso em novembro de 2010.

Needham salienta que não utilizaria “nenhuma água sem dar a ela um intenso grau de calor, temendo que pudessem pensar que essas produções fossem transportadas através desse elemento”. Ao abrir os frascos e observar as infusões de caldo de carne de carneiro Needham descreve suas observações:

Meu frasco fervilhou em vida, [foi possível observar] animais microscópicos das mais variadas dimensões, alguns dos maiores que eu já havia visto e alguns dos menores. A primeira gota que eu observei após abri-lo, me revelou uma multidão perfeitamente formada, animada e espontânea em todos seus movimentos. (Needham, 1749, p. 25)

As observações de Needham sobre as infusões feitas com caldo de carne de carneiro tornaram-se famosas e trouxeram forte apoio à teoria da geração espontânea. Needham “considerou a corrupção da matéria, em um sentido filosófico, pela ascensão de uma substância morta, por um novo tipo de vegetação, em vida”. O padre e naturalista inglês comparou suas observações do aparecimento de seres microscópicos nas infusões ao provérbio “*Corruptio unius est Generatio alterius*” (A corrupção de uma coisa é a origem de outra) (Needham, 1749, p. 24).

§ 26. Minhas primeiras provas foram extraídas com uma atenção minuciosa para todas as Infusões comuns, particularmente essa do trigo macerado em um pilão de mármore [...] após algum tempo foi adicionado água para se extrair os sais e as partes voláteis, que evaporaram copiosamente; a substância se tornou mais suave, mais dividida e mais tênue: a olho nu, ou ao toque, parecia uma matéria gelatinosa, mas ao microscópio notou-se a presença de inúmeros filamentos, e então foi essa substância que, no seu ponto mais alto de exaltação, ao se partir, gerou Vida. Estes filamentos se expandiram em uma força interior tão ativa e tão produtiva que mesmo após se dissolverem ou se dividirem em alguns glóbulos em movimento, eles eram perfeitos zoófitos se agrupando com vida e auto-movimento. (Needham, 1749, p. 31)

§ 27. Na infusão do trigo, as primeiras aparências, após a exalação das partes voláteis, como em todas as outras infusões, eram ao segundo ou terceiro dia, nuvens de átomos em movimento, que eu suponho terem se reproduzido por uma vegetação incipiente das menores e quase insensível partes [...]. Estas em um dia ou dois desapareceram quase inteiramente; tudo ficou então, quieto, e nada foi visto além de partículas mortas e irregulares, absolutamente inativas até quatorze ou quinze dias. A partir dessa massa unida surgiram filamentos, todos zoófitos, e incharam de uma força alojada dentro de cada fibra. Estas eram de vários estados, assim como essa força [vegetativa] fez com que se diversificassem e algumas se assemelhavam a Colares de Pérolas e eram uma espécie de Coralóide [...]. Eu não podia imaginar, até esse dia, ver o que vi; e embora eu tenha os visto com bastante frequência, eu ainda os observo com nova surpresa. Esses Fenômenos ainda serviram ao meu propósito e clarearam muitas dificuldades de minhas observações anteriores. (Needham, 1749, pp. 32-33)

É importante ressaltar “que o experimento de Needham foi extremamente importante, pois introduziu novas ideias técnicas, como a utilização de recipientes

fechados contendo líquidos expostos à ação da alta temperatura seguido do exame de seu conteúdo” (Prestes e Martins, 2010, p. 82).

Para Needham, a natureza opera por meio de “forças ativas” e de “forças de resistência”. A decomposição da matéria viva faz com que essas forças se transformem uma na outra, possibilitando à força ativa empreender o processo de “vegetação” de novos seres.

Parece, portanto, que há uma força vegetativa em cada ponto microscópico da matéria, e cada filamento visível de que o animal inteiro ou textura vegetal consistem: E, provavelmente, essa força se estende muito mais longe, não só em todas as minhas observações, as substâncias integrais, após uma certa separação de sais e partes voláteis, dividida em filamentos, e vegetação em zoófitos inúmeras, o que rendeu todas as várias espécies de animais microscópicos comuns. (Needham, 1749, p. 39)

Segundo Needham, é desse modo que se dá a origem dos infusórios, dos animálculos no fluido seminal e dos vermes no trigo. A partir dessa proposta, pretendia reafirmar a crença na epigênese²⁹.

Needham atribuiu o início de sua investigação com infusões de sementes devido “ao desejo, do Sr. Buffon, de encontrar as partes orgânicas e, ao seu próprio, se possível, de descobrir quais dentre esses corpos moventes deviam ser tomados estritamente como animais e quais deveriam ser tomados como meras máquinas” (Needham, 1750, p. 634).

Contou com o apoio de Buffon³⁰, pois sua interpretação se harmonizava com a “teoria das moléculas orgânicas” do naturalista francês.

Ao longo de suas observações, entretanto, Needham abandonou a ideia de que os animálculos eram “partes orgânicas”, passando a acreditar que os animálculos eram organismos verdadeiros. Needham procurou explicar o surgimento

²⁹ Ao mesmo tempo, Needham defendia-se da acusação de promover a teoria da “geração equívoca” conforme a concepção dos antigos, por entender que não se tratava de uma origem de organismos vivos a partir de processos acidentais, ao acaso, ou “equivocos”. A “vegetação” era um processo regular e definido, prescrito por Deus e operado por leis que regulavam o aparecimento epigenético de uma descendência sempre da mesma espécie, tanto nos organismos maiores quanto nos microscópicos. Com isso, esperava que sua teoria da “força vegetativa” pudesse oferecer uma alternativa tanto ao preformismo quanto ao materialismo (Mazzoline e Roe, 1986, pp. 22-23 *apud* Prestes, 2003, p. 163).

³⁰ O livro de Buffon sobre a geração é responsável, em grande medida, pela maior adesão por parte dos naturalistas ao sistema epigenético, rompendo com o predomínio do preformismo que se estendia desde o século anterior (Prestes, 2003, p. 98). De fato, a reflexão de Buffon sobre o tema da geração surge como uma oposição direta no confronto com a teoria da preexistência dos germes (Stefani, 2002, p. 55). Contudo, outro pesquisador francês, René Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1754) e o naturalista genebrês Charles Bonnet se opunham a elas.

dos animálculos nascidos da decomposição das substâncias vegetais e animais por meio de uma “força vegetativa” presente em todo ponto da matéria infusa. “Eu descobri que todos os animálculos microscópicos comuns e os espermáticos, sem exceção, deveriam ser variações da mesma classe, e sua geração era muito diferente dos outros seres animados” (Needham, 1749, p. 23).

Em sua defesa do sistema epigenético, Needham procurou contextualizar o debate entre as concepções ovista e animalculista (ou espermista) e criticou o fato de a opinião dos germes pré-existentes no sêmen masculino ter prevalecido sobre a noção ovista.

Quando os animais espermáticos³¹ foram descobertos não foi difícil transferir esses vermes imaginários de um para o outro, de modo que a maioria dos Filósofos ficaram divididos. Como ambas as opiniões eram igualmente plausíveis, essa última [animalculista], de modo geral, prevaleceu por representar uma novidade. (Needham, 1749, p. 4)

Os experimentos de Needham foram repetidos, em 1761, por Edward Wright (1666-1761) e por Lazzaro Spallanzani, que publicou os resultados de suas observações quatro anos depois em sua obra *Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione de' Signori di Needham e Buffon* (Ensaio de observações microscópicas sobre o sistema da geração dos Senhores Needham e Buffon), de 1765. A esse livro se seguiram comentários de Needham, publicados em 1769, e uma tréplica de Spallanzani publicada em 1776 (Prestes e Martins, 2010, p. 82).

2.1.1 O “Homem da Enguia”

Em meados do século XVIII, a relação entre teorias biológicas e materialismo³² tornou-se uma fonte de crescente preocupação para um grande número de indivíduos, entre eles Voltaire (Roe, 1985, p. 65). François-Marie Arouet (1694-1778), mais conhecido pelo pseudônimo Voltaire, nos últimos anos de sua vida, mostrou grande interesse por assuntos “biológicos”, especialmente aqueles

³¹ Buffon acreditava que os vermes espermáticos não eram animais verdadeiros, mas um agregado de moléculas orgânicas não organizadas (Castellani, 2001, p. 158).

³² Os filósofos materialistas acreditavam que tudo poderia ser explicado em termos de matéria em movimento, ou de matéria e energia, e as observações de Needham adequava-se bem a essa crença (Hellman, 1999, p. 100). Além disso, se a matéria “não-organizada” poderia originar organismos vivos, que necessidade haveria de um Criador?

relacionados à natureza da geração (*Ibid.*). Por apoiar a doutrina preformista, Voltaire voltou-se enfaticamente contra Maupertuis, Needham e Buffon.

Embora não fosse um naturalista, Voltaire tinha adquirido, ao longo de sua vida, um grande interesse pela filosofia natural. De fato, foi um divulgador da ciência e pode-se dizer que “foi por intermédio dos *Elementos da filosofia de Newton*, publicados por Voltaire em 1738, que Newton se tornou amplamente conhecido no continente europeu” (Hellman, 1999, p. 93). Inicialmente Voltaire atacou as ideias de Maupertuis, mas foi sobre Needham que suas críticas ganharam maior destaque. De acordo com Hal Hellman, Voltaire ironizou Maupertuis por ter criado “enguias” a partir de farinha pura (Ver Figura 12). “Voltaire estava disposto a distorcer um pouco os fatos, pois tinha sido Needham, e não Maupertuis, que tinha ‘produzido’ enguias a partir de farinha, mas Maupertuis tinha dado seu apoio por escrito a Needham, e isso foi suficiente para Voltaire” (Hellman, 1999, p. 96). Needham agora era alvo das sátiras de Voltaire, tornando-se um símbolo de todos os seus opositores (Roe, 1985, p. 66).

Na publicação de 1748, Needham descreveu algumas observações que o levaria a ficar conhecido como *L’Anguillard*, “O Homem da Enguia”. Em 1765, uma série de panfletos começaram a ser publicados anonimamente em Paris. Eles eram escritos por Voltaire que se referia a Needham como “jesuíta calunioso” e um “papista irlandês”³³. “Voltaire acusa-o de confundir seu próprio nome com o de Jesus Cristo: ‘Se alguém diz que Jesus Cristo transformou água em vinho, imediatamente Needham pensa em sua farinha que ele transformou em enguias’” (Roe, 1985, p. 75). Segundo Shirley Roe, em um último panfleto sobre o tema Voltaire simula um julgamento em Neufchâte no qual Needham foi sentenciado a ser apedrejado à saída da cidade (*Ibid.*).

³³ Hal Hellman explica que Needham, é claro, não era nem irlandês, nem jesuíta, mas passou a ser considerado ambas as coisas depois de Voltaire atacá-lo, pelo menos aos olhos dos leitores de Voltaire. E, naqueles dias, receber qualquer um desses nomes não era nenhum cumprimento. De fato, os jesuítas tinham sido expulsos da França em 1746. Mas por que irlandês? Talvez porque como um católico da Irlanda, Needham não aparecesse como uma vítima em seu país, e era assim mais provável que os protestantes o vissem como perigoso (Hellman, 1999, p. 102).

Figura 12. Animálculos na semente masculina (Fig. 1); infusão de trigo moído (Fig. 3); ilha microscópica (Fig. 4); pupas de enguias da farinha (Fig. 5), plantas microscópicas, ou zoófitos (Figs. 6 e 7). Plancha 7 do *Nouvelles observations microscopiques* de 1750. Fonte: *Bibliothèque Nationale de France. Bibliothèque Numérique Gallica*. Disponível em: <http://gallica.bnf.fr/> Acesso em novembro de 2010

Em resposta aos ataques feitos por Voltaire, Needham escreveu diversas cartas abertas contra seu oponente (Hellman, 1999, p. 101). Em uma delas, “denunciou a devassidão de Voltaire, referindo-se desdenhosamente a ‘supostos sábios’ que professam rigorosamente o celibato, mas não o praticam. A seguir, acrescentou que os escritos de Voltaire ‘são um veneno’, e ‘um convite’ à libertinagem, que é a maior ameaça à população” (*Ibid.*).

Os ataques de Voltaire sobre Needham eram pessoais e deixam dúvidas se ele realmente compreendeu os resultados dos trabalhos do sacerdote inglês. Por outro lado, a reação de Needham aos ataques iniciados por Voltaire também possuía um forte apelo pessoal. Quando, por volta de 1765, Lazzaro Spallanzani publicou o *Saggio* contendo o resultado de suas investigações e considerações sobre a obra de Needham e Buffon, Voltaire certamente ficou satisfeito com esse novo desdobramento, e em uma carta a Spallanzani, escreveu:

“[...] Parece que o Sr. emprega tanto de exatidão em suas experiências, quanto de justeza em seus raciocínios. Não se pode, após lê-lo, recusar-lhe a mais perfeita estima”. (Voltaire a Spallanzani, au Chateau de Ferney, 17 Fevrier 1766. In: SPALLANZANI, *Edizione...*, volume 11, p. 128)

“[...] O Sr. é considerado o melhor observador da Europa. Todas as suas experiências foram feitas com a maior sagacidade. Quando um homem como o Sr. nos anuncia que ressucitou os mortos, é preciso acreditá-lo... Restam-me poucos dias de vida, Senhor, eu os passarei lhe lendo, lhe estimando e lhe tomando como o primeiro naturalista da Europa. Continue, eu o suplico, Senhor, a honrar com suas bondades e instruções o velho doente de Ferney”. (Voltaire a Spallanzani, au Chateau de Ferney, 06 Juin 1766. In: SPALLANZANI, *Edizione...*, volume 11, p. 131)

2.2 Os experimentos de Spallanzani

Lazzaro Spallanzani nasceu em 12 de janeiro de 1729, em Scandiano, um vilarejo do Apenino reggiano, no Norte da Itália. É o primogênito de Giovanni Nicola Francesco Spallanzani e Lucia Ziliani, que tiveram seis filhas mulheres e mais dois filhos homens, um dos quais, Niccolò, escreverá uma biografia do célebre irmão.

Seus primeiros estudos, de gramática, parecem ter ocorrido sob a orientação do pai e de um sacerdote professor no vilarejo natal de Scandiano. Aos 15 anos (1744), segue ao Seminário-Colégio dos Jesuítas de Reggio Emilia, onde estuda os clássicos e a Filosofia. Terminado o ensino médio, segue para Bolonha aos 20 anos de idade (1749) para iniciar a Faculdade de Direito, atendendo assim ao desejo do

pai em vê-lo versado nas leis e capacitado a seguir a sua própria carreira. Spallanzani abandonou a faculdade de Direito após três anos, em grande medida por conta da sedução pelos estudos da Física e das Matemáticas sob influência de sua prima do lado paterno, professora pioneira dessas disciplinas em Bolonha, Laura Bassi (1711-1778). Após concluir os estudos em Bolonha, Spallanzani retornou em 1755 a Reggio Emilia, onde iniciou sua carreira docente e suas atividades de pesquisa. Segundo Maria Elice B. Prestes, “uma marca disso é o seu ingresso, nesse mesmo ano, na *Accademia degli Ipocondriaci* daquela cidade” (Prestes, 2003, p. 193). Nesse período, Spallanzani redigiu uma tese sobre Física, publicou uma dissertação sobre fósseis³⁴ e um relato sobre expedição naturalística ao Apenino Reggiano e ao lago Ventasso, para explorar o “sistema de origem das fontes” geradoras de lagos, torrentes e rios (*Ibid.*).

Em 1761, o padre e naturalista italiano Lazzaro Spallanzani, aos 32 anos de idade, dava início a suas investigações sobre os seres vivos. Ele relatou seu desejo de investigar a origem dos seres microscópicos em carta a seu amigo, professor da Universidade de Pádua, Antonio Vallisneri Junior (1708-1777). Com base em larga atividade experimental, Spallanzani declarou-se interessado em aplicar-se “por inteiro na discussão crítica dos dois sistemas de Buffon e Needham, fazendo uma boa quantidade de suas observações microscópicas” (Carta de Spallanzani a Vallisneri de 6 de abril de 1761, Spallanzani, 1988, p. 231).

Efetou observações microscópicas (figura 13) levando em conta as objeções apontadas por Réaumur e Bonnet. Eles haviam ponderado que os animálculos das infusões poderiam provir de animais que estavam no ar, seja na forma de ovos, seja completamente formados ou ainda, estar presos nas paredes dos recipientes ou misturados ao caldo de carneiro³⁵.

³⁴ Traduzida ao português no Boletim de História e Filosofia da Biologia. PRESTES, Maria Elice Brzezinski; JENSEN, Gerda Maísa. Lazzaro Spallanzani e o debate sobre a ocorrência de fósseis de organismos marinhos sobre as montanhas (1). *Boletim de História e Filosofia da Biologia* 3 (4): 4-8, dez. 2009. Versão online disponível em: <<http://www.abfhib.org/Boletim/Boletim-HFB-03-n4-Dez-2009.pdf>>. Acesso em 03/12/2012.

³⁵ Charles Bonnet foi provavelmente um dos naturalistas que mais incentivou Spallanzani a investigar questões derivadas do problema da geração. Impossibilitado de realizar observações microscópicas e com lupa devido a problemas de visão, Bonnet estimula muito Spallanzani a desenvolver experimentos que ele próprio gostaria de realizar (Prestes, 2003, p. 194).

Figura 13. Microscópio original utilizado por Lazzaro Spallanzani, conservado no *Musei Civici di Reggio Emilia*. (Prestes, 2003, p. 288).

A fim de investigar essas objeções, promoveu variações nos experimentos de Needham e considerou que as paredes do recipiente, assim como as próprias substâncias infusas e o ar de seu interior não haviam sido aquecidos suficientemente. “Experimentou diferentes materiais para fechá-los e observou que a quantidade de animálculos que apareciam tinha uma relação direta com a entrada do ar que não havia sofrido a ação do fogo” (Prestes e Martins, 2010, p. 85).

Ao refletir sobre as conclusões de Needham sobre a geração dos animálculos na matéria infusa, Spallanzani pondera que:

Na geração dos seres vivos, o Sr. Needham acredita que toda a glória reside em tal força vegetativa e que ela realmente existe na natureza, estando sempre pronta a formar, quando as circunstâncias permitem, novos seres organizados. Tudo isso ele procura mostrar a partir de amplos dados de observações microscópicas feitas sobre diversas substâncias vegetais e animais. Ele as colocou em infusão feita com água comum e observou com lente delicada [microscópio]. Passado algum tempo, apareceu uma nova ordem, uma nova disposição das partes, como que vários glóbulos ou pequenas massas que, pouco a pouco, começaram a inflar-se, a contorcer-se, a mover-se e a dar nítidos sinais de vida; depois, inteiramente animados passaram a mover-se livremente pelo fluido, mostrando claramente terem-se convertido em verdadeiros e reais animálculos. (Spallanzani, 1765, p. 260)

Spallanzani promoveu séries ordenadas de experiências, em que desenvolveu procedimentos rigorosos para tornar as infusões de matéria vegetal estéreis. Acondicionou as infusões em frascos hermeticamente fechados e submetê-los a ação do fogo por mais de uma hora consegue a esterilização completa. Após quebrar o pescoço dos frascos, os microrganismos voltavam a surgir nas infusões. Ao longo de sua argumentação, Spallanzani defende que esta seria a prova experimental de que os animálculos infusórios não surgem espontaneamente, mas devem sua origem a ovos provenientes do meio externo que ali são depositados.

A ideia de esterilização e geração espontânea são incompatíveis, pois a primeira exclui a segunda; a esterilidade é impensável na presença de geração espontânea, uma vez que a esterilização não pode ser obtida nem mantida se os microrganismos não puderem ser destruídos ou se puderem recuperar sua vitalidade³⁶. (Casolari, 2007, p. 70)

Após esta primeira indicação fundamental sobre o tempo necessário para esterilizar a infusão, Spallanzani repetiu os experimentos de Needham, lacrando os frascos com diferentes materiais, e observou que os recipientes que foram mantidos abertos, os animálculos eram abundantes (Figura 14); nos fechados com algodão, eram menos abundantes; eram raros nos tapados com madeira e ausentes nos

³⁶ Antonio Casolari defende que a refutação da geração espontânea deve-se à Spallanzani uma vez que este consegue obter uma esterilização completa das infusões. Ao contrário da esterilização, o método de pasteurização não destrói a totalidade dos microrganismos presentes em um substrato, apenas reduz significativamente o número de microrganismos vivos. Os substratos esterilizados não sofrem alterações biológicas mesmo quando mantidos indefinidamente a temperatura ambiente, ao passo que os substratos pasteurizados são muito suscetíveis a variação de temperatura (Casolari, 2007, pp. 72-73). Antonio Casolari argumenta que a geração espontânea foi, na verdade, refutada por Spallanzani e não por Louis Pasteur. Entretanto, ao longo da discussão presente nos primeiro e segundo capítulos desta dissertação, vimos que experimentos não podem provar (ou refutar) definitivamente uma teoria. Apenas fornecem evidências que podem corroborar (ou não) uma determinada hipótese. No caso da geração espontânea, em particular, mesmo os experimentos que forneceram evidências contrárias à sua existência, não foram suficientes para que a teoria fosse abandonada. Pesquisas que procuravam corroborar a teoria da geração espontânea podem ser encontradas ao longo de todo século XIX e início do século XX.

lacrados com a chama de um maçarico (Prestes e Martins, 2010, p. 85). Spallanzani realizou esse modelo de experimento em 19 frascos, com diversas matérias infusas, como pedaços de carne ou sementes de vegetais, e obteve em todos eles o resultado que esperava: as infusões não se turvaram e ali não apareceram animálculos (*Ibid.*).

Figura 14. Pranchas reunidas do *Saggio*

Fonte: Spallanzani, *Edizione nazionale delle opere di Lazzaro Spallanzani*. Parte quarta: *Opere edite direttamente dall'autore*. Volume primo, 1996, p. 141).

No segundo capítulo do *Saggio* expõe parte de suas observações microscópicas, feitas por mais de três anos sobre os animálculos das infusões. “É nesse capítulo que Spallanzani descreve as minuciosas observações que lhe permitem atribuir aos microrganismos as propriedades que garantem sua natureza animal e servirão para refutar a noção buffonianas de que seriam meras “partes orgânicas” (Prestes, 2003, p. 214).

Após o relato de suas observações microscópicas Spallanzani acrescenta um relato acerca do movimento dos animálculos, tanto para frente quanto rotular, e de hábitos como o de agrupar-se e envolver-se em meio a “ilhas flutuantes” formadas pelos detritos, como se estivessem buscando abrigo ou alimento.

Segundo Prestes, a observação dos movimentos dos animálculos é importante para argumentar contra Needham sobre a transformação de filamentos vegetais em animálculos e destes em vegetais novamente. Spallanzani queria mostrar que, por observações desatentas e não-contínuas, Needham simplesmente não percebeu que os animálculos nadam, se escondem e buscam alimento entre os filamentos e não surgem deles ou lhes dão origem (Prestes, 2003, p. 215).

Os resultados foram publicados quatro anos depois do início dos estudos, em 1765, no *Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione de' Signori di Needham e Buffon* (Ensaio de observações microscópicas sobre o sistema da geração dos Senhores Needham e Buffon), livro que conferiu rápida fama a seu autor. A publicação do *Saggio* proporcionou a Spallanzani uma reputação comparável à de Buffon (provavelmente um dos naturalistas mais respeitados na Europa dos setecentos), principalmente graças a influência e apoio de Bonnet aos seus resultados.

Em resumo, o *Saggio* contém uma série de experimentos planejados e executados para refutar as ideias de Buffon e Needham, conforme ilustrado no título da obra. Os argumentos de Spallanzani procuravam refutar a noção de “partes ou moléculas orgânicas” de Buffon e a noção de “forças vegetativas” de Needham. “Unidas essas duas ideias davam uma nova formulação à geração espontânea dos organismos microscópicos” (Prestes, 2003, p. 213). Entretanto, há algumas peculiaridades a respeito dessa obra que merecem destaque.

2.2.1 Saggio di osservazioni microscopiche

Spallanzani inicia o texto indicando ser favorável ao “sistema dos ovíparos”, assim como acredita ser essa a posição da maioria dos contemporâneos. Introduz as ideias de Buffon e Needham sobre a existência de uma “força produtora de seres organizados” e expõe mais detalhadamente o sistema de geração defendido por Needham.

Para provar que na matéria há, realmente, uma força produtora dos seres organizados, os louvados escritores foram levados a examinar os dois reinos, vegetal e animal. Para o Sr. Buffon, todas as mudanças de forma, todas aquelas figuras tão variadas e aquelas estranhas combinações que ele observou nos vermes espermáticos devem ser atribuídas a uma força interna operante em todo ponto da matéria e que produz as formas tão variadas desses corpúsculos orgânicos, como ele se esforça em mostrar ao longo de sua história dos animais. O Senhor Needham estabelece também a mesma força e a examina entre os diferentes animálculos microscópicos que aparecem nas infusões vegetais. Como é sobre este segundo autor que me proponho a refletir nesta obra, considero oportuno, para maior clareza da mesma, fornecer antes uma ideia breve e distinta de seu sistema acerca da geração dos seres vivos. (Spallanzani, 1765)

Ao expor a existência de uma controvérsia que dividia as opiniões dos filósofos naturais da época, entre os que defendiam o “sistema dos ovíparos” e o “sistema das forças plásticas” ou “forças vegetativas”, posicionou-se, desde o início do texto, abertamente a favor do primeiro, criticando duramente o segundo sistema, defendido por Needham e Buffon.

Aparentemente, de acordo com Castellani (2001) e Prestes (2003)³⁷, Spallanzani³⁸ iniciou suas investigações com uma postura aparentemente neutra diante da contenda, mas após alguns meses converteu-se ao preformismo (Castellani, 2001, p. 29 e Prestes, 2003, p. 98). Walter Bernardi, por sua vez, defende que Spallanzani iniciou sua pesquisa em posição totalmente favorável à epigênese, passando a defender a pré-formação somente após o verão de 1762 (Bernardi, 1998, p. 350).

³⁷ De acordo com Prestes, sobre a motivação de Spallanzani em replicar os experimentos de Needham, os historiadores costumam fazer referência uma carta de Spallanzani a Needham na qual teria anunciado a intenção de confirmar suas observações microscópicas. No entanto, essa carta não foi preservada, e sua existência é deduzida de uma carta de Needham para Bonnet, de 13 de fevereiro de 1762, em que afirma ter recebido uma carta de um “professor de Regio” (Prestes, 2003, p. 208).

³⁸ Spallanzani inicia suas investigações com pouquíssima bagagem literária na área biológica, ainda que bem treinado na Física experimental.

Esse impasse em relação à posição inicial de Spallanzani diante da contenda só é conhecido dos historiadores da ciência, pelo acesso às correspondências e aos diários de experimentos (protocolos) e manuscritos preparatórios da publicação do *Saggio*. “Ao leitor do *Saggio*, Spallanzani não menciona qualquer dúvida em relação à sua própria posição no debate preformismo-epigenismo” (Prestes, 2003, p. 209), iniciando o texto declarando-se defensor da pré-formação.

Comentou em seguida as críticas proferidas contra o sistema da epigênese, mencionando uma publicação anônima, intitulada *Letres à un Amèriquin* (Cartas a um americano). Na verdade, a autoria desse texto era bem conhecida, inclusive pelo próprio Spallanzani (Castellani, 1978, nota à p. 282). Tratava-se de J. A. Lignac, amigo e colaborador de René Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1754), conhecido opositor das ideias de Buffon e Needham. Considerando que essas críticas eram insuficientes para resolver a questão, Spallanzani propõe-se a examinar o tema, replicando as observações e experiências de Needham.

O sistema do Sr. Needham, correspondente em grande medida ao do Sr. Buffon, cujas muitas observações que expõe em seu apoio não obtiveram, contudo, uma aprovação universal. Elas desagradaram especialmente a um escritor francês anônimo, autor de uma obra intitulada *Letres à un Amèriquin*. Na verdade, esse autor parece mais ter desejado que outros abordassem a questão, do que examiná-la ele mesmo. Visto que, sendo as observações e experiências o que maior força e vigor fornecem à sentença do Sr. Needham, seria conveniente, para julgar com fundamentos seguros, reexaminar essas mesmas observações, para encontrar a verdade inteira, aumentando a reputação de um excelente filósofo, ou para descobri-las falsas ou tão somente incertas e equivocadas, diminuindo a sua autoridade. Mas ele [o escritor anônimo], sem se ocupar com a briga, contentou-se em lançar dúvidas sobre uma parte [da obra] e aceitar outra, explicando-a a seu próprio modo. (Spallanzani, 1765, p. 262)

Spallanzani atesta ter sido motivado por essas críticas e também por ter sido convidado pelo próprio Needham a refazer suas observações. Todavia, foi Spallanzani quem primeiro comunicou a Needham o interesse em refazer as suas infusões e efetuar um exame crítico de suas experiências (Castellani, 1978, p. 283 e Prestes, 2003, p. 208).

Esses clamores despertaram meu espírito para que eu abraçasse com ânimo essa pesquisa, além da amizade e cortesia do Sr. Needham que, por carta, me convidou a examinar a controvérsia, replicando suas observações e experiências, por considerar que o seu sistema precisava de esclarecimento ulterior; o que eu considerei mais como um efeito de sua gentileza do que de

uma necessidade [...]. Somente pelo mérito de obedecer a um tão grande homem, terei coragem para apresentar as particularidades das observações realizadas sob tal propósito e, ao mesmo tempo, permitir-me fazer alguns acréscimos, onde a matéria envolver aquelas reflexões que me parecerem mais justas, reservar-me contra todo tipo de espírito sistemático que possa conduzir ao erro e procurar ser direto na busca da verdade. (Spallanzani, 1765, p. 263)

Segundo Carlo Castellani, ao resolver fazer um “exame crítico” de Buffon e Needham, Spallanzani estava buscando um tema sobre o qual desenvolver um exercício de caráter técnico, sem ter em mente alguma pretensão teórica maior, como a de discutir a hipótese epigenética, ou de fazer alguma descoberta experimental relevante. A opção de seu objeto de pesquisa nesse momento parece ter sido mais casual do que derivada de uma escolha baseada numa reflexão prévia. Castellani acrescenta que Spallanzani contava com os livros de Buffon e Needham em mãos e, além disso, observar microrganismos era relativamente fácil e barato (Castellani, 2001, pp. 30-31).

Ao longo de dez capítulos, Spallanzani descreve suas pesquisas e ao final considera ter oferecido razões suficientes para o descrédito do sistema de Needham e Buffon.

Ao publicar o *Saggio*, Spallanzani omitiu inteiramente o percurso real de suas investigações. Segundo as historiadoras da biologia Maria Elice B. Prestes e Lilian Al-Chueyr P. Martins, “é pela análise de correspondências e do diário de experimentos que o naturalista deixou que sabemos, hoje, que o percurso de suas descobertas foi bastante diferente daquele relatado no texto publicado” (Prestes e Martins, 2010, p. 84). Spallanzani relatou os experimentos numa ordem relacionada diretamente aos argumentos de Needham e Buffon os quais ele desejava criticar;

O *Saggio* contém diversos experimentos³⁹ planejados e executados para contrariar as ideias de Buffon e Needham sobre a reprodução dos seres vivos, baseadas na teoria epigenética. O relato, no *Saggio*, é indicativo do esforço persuasivo do autor, de modo a fornecer uma apresentação consistente ao sistema de geração dos seres vivos que queria defender.

³⁹ Spallanzani considerava o experimento como “prova” de que os microrganismos não surgem espontaneamente nas infusões, mas deviam sua origem a ovos que eram ali depositados.

2.3 A réplica de Needham

Conforme já foi mencionado, desde o início de suas primeiras observações microscópicas em 1761, Spallanzani trocou algumas cartas com Needham e, em 1765, conheceu-o pessoalmente. Nesse mesmo ano, Needham recebeu uma cópia do *Saggio*, que acabava de ser publicado, e escreveu uma carta a Spallanzani elogiando o “observador sábio e judicioso”. Contudo, a situação muda em 1769, quando o *Saggio* foi traduzido ao francês e publicado com o título *Nouvelles recherches sur les décourvertes microscopiques, et la génération des corps organisés* (Novas pesquisas sobre as descobertas microscópicas e a geração dos corpos organizados). Essa tradução é particularmente interessante por ser uma edição ampliada, na qual se seguem à tradução propriamente dita, cerca de 100 páginas de notas e objeções de Needham sobre cada um dos capítulos do livro de Spallanzani, para as quais Needham acredita que “as novas luzes nos aproximam sempre da verdade e de Deus” (Needham, 1769, p. 142).

Outro aspecto importante dessa publicação em francês é dela envolver Needham, um naturalista inglês. A opção pela língua francesa não foi, de modo algum, arbitrária. Vale lembrar que tanto Buffon como Maupertuis, declaradamente favoráveis ao sistema epigenético, eram franceses, e contar com o apoio de naturalistas com tamanha reputação não era algo que se pudesse desprezar. Outro fator, não menos importante, é que a língua inglesa era, ao lado do latim, a *língua universal da cultura* naquela época, tornando essa tradução acessível a um número bem maior de leitores. Esta edição francesa, acrescida da réplica de Needham, é a que se torna leitura universal, não apenas aos naturalistas do século XVIII, mas também, conforme observou Prestes (2003), à grande maioria dos comentadores da obra de Spallanzani até os dias atuais (Prestes, 2003, p. 212). O que é importante é que essa edição francesa ampliou o acesso direto à obra, disponibilizando a um número maior de naturalistas,

[...] não apenas os resultados e conclusões de Spallanzani sobre o tema da reprodução de microrganismos, como, principalmente, os procedimentos experimentais ali descritos, cujo conhecimento é essencial para que possam ser repetidos por outros naturalistas. A condição de repetição das experiências constitui-se em alicerce fundamental da retórica e da persuasão adotada nas obras publicadas pelos naturalistas observadores do século XVIII, dentre os quais, Spallanzani. (Prestes, 2003, p. 206)

Nas notas que Needham acrescentou na tradução, seguiu defendendo a existência de uma força vegetativa que podia produzir animáculos a partir de um vegetal *morto*. Segundo Needham, “esta importante observação é uma regra geral, que algum destes seres vitais não aparecem antes que a matéria infusa comece a se corromper, ou para me exprimir mais filosoficamente, se decompor” (Needham, 1769, p. 172). Reforçou a ideia de que se referia a plantas em *decomposição* e não ao poder vegetativo (isto é, de desenvolvimento) das plantas vivas, como explica:

O autor [Spallanzani] não compreendeu o que eu queria dizer por força vegetativa da substância infusa. Ele crê aqui [na página 52], e o mesmo erro reaparece com frequência em toda a sua Obra, que eu falei da força ordinária vegetante das plantas, pela qual elas desenvolvem suas folhas, ramos e raízes. Não é nada disso. Quando se trata da produção desses corpos orgânicos, eu considero, pelo contrário, a planta em estado de corrupção; pois é nesse momento que ela perde absolutamente a forma primitiva e, após ter sido despojada de seus sais, de seus óleos e de outros princípios constitutivos, resta como uma matéria gelatinosa e filamentosa que vegeta por si mesma em ramos vitais e se reparte em corpos redondos animados, ou expele glóbulos moventes. (Needham, 1769 p. 173)

Ao mesmo tempo, Needham criticou Spallanzani por julgar estar justificando o sistema dos germes pré-existentes com base em observações e experimentos; segundo Needham, na verdade, Spallanzani “invoca a mesma autoridade dos físicos mais célebres que nos precederam”, buscando causas imediatas e causas gerais que unem os corpos organizados.

Dizer que os corpos organizados se mostram pelo desenvolvimento e que eles existem porque existiram sempre desde a criação, é como dar a resposta de um Cartesiano a um Leibniziano, que a matéria é extensa e composta porque ela é extensa e composta; ou a de um Ateu a seu adversário, que o mundo existe porque ele sempre existiu. Essas respostas não são seguramente nada científicas; e se nossos conhecimentos em Física, à medida que eles se generalizam, devem se resolver de tal modo, nada é mais fútil que uma Filosofia que não leve a lugar algum. Saber deter-se a respeito, quando nossas faculdades tão falhas não podem nos levar mais longe, é tudo o que a razão exige. (Needham, 1769, p. 140)

Assim, a defesa de Needham ao seu sistema de geração equívoca passava por chamar a atenção de que não se tratava da mesma ideia de geração espontânea que os gregos aceitavam. Needham apresentou uma longa discussão metafísica sobre as noções de espontaneidade e vitalidade, que escapa ao âmbito deste trabalho, mas que pode ser resumida na seguinte passagem:

Por espontaneidade eu considero um hábito da vida dirigida por conhecimentos que partem de um princípio sensitivo, superior à matéria, e agindo com a sensação para um determinado fim. A falta de espontaneidade não exclui, segundo creio, um verdadeiro princípio orgânico interior de movimento, puramente material, que eu chamo vitalidade (Needham, 1769, p. 162).

Needham também se preocupou em se defender das acusações de ser ateu. Para isso, argumentou:

Eu creio então que os direitos da Divindade estão aqui perfeitamente garantidos: pois, ao dar à matéria um princípio de *movimento* interior e forças vitais como os fenômenos o exigem, e detalhando as operações da natureza que agem em virtude do poder recebido da Divindade, ninguém ignora que a matéria e o ser mais espiritual não possuirão nem força nem existência independente do Criador e não executarão senão as leis que ele estabeleceu livremente; é dentro dele que nós existimos; é nele que nós temos o movimento e a vida. (Needham, 1769, p. 149)

O mais importante são as críticas de Needham aos resultados experimentais de Spallanzani. Uma delas dizia respeito à proporção que Spallanzani havia encontrado entre a quantidade de animálculos que nascem nas infusões e a quantidade da matéria vegetal infusa. Para Needham, isso era uma evidência de que “esses seres não provêm de fora por germes estrangeiros que os depositam, mas da própria natureza constitutiva dos vegetais orgânicos que se decompõem” (Needham, 1769, p. 171).

Outra crítica é relacionada aos procedimentos experimentais de Spallanzani e pode ser desdobrada em duas objeções, uma sobre a matéria infusa, outra sobre o ar restante nos recipientes. Spallanzani não teria aquecido excessivamente as infusões, destruindo a força plástica ou poder vegetativo das matérias infusas? Por outro lado, não podia o calor excessivo ter corrompido a pequena quantidade de ar existente na parte vazia dos recipientes? Needham sintetiza essas objeções como se segue:

Da maneira como [Spallanzani] procedeu, submetendo à tortura suas 19 infusões vegetais sem nenhuma necessidade – se ele buscava simplesmente destruir os pretendidos germes que supunha poder existir sobre as paredes interiores dos vasos, segue-se claramente que não – ele não apenas enfraqueceu bastante ou talvez anulou totalmente a força vegetativa das substâncias infusas, por causa de seus temperamentos mais ou menos fortes, como também corrompeu inteiramente, pelas exalações e pelo ardor do fogo, a pequena porção de ar que restava na parte vazia de seus vasos. (Needham, 1769, p. 217)

Com tais argumentos, Needham reafirma a sua posição em favor da epigênese desafiando Spallanzani a obter um resultado que pudesse convencê-lo do contrário. Propõe então:

Eis então minha última proposta e o resultado de todo o meu trabalho em poucas palavras. Que ele, ao refazer essas experiências, se sirva de substâncias suficientemente cozidas para destruir todos os pretendidos germes

que se creem aderidos às próprias substâncias ou às paredes interiores ou flutuando no ar dos recipientes; que feche esses vasos hermeticamente e deixe neles uma certa porção de ar sem o perturbar; que os mergulhe em seguida com seus vasos em água fervente durante alguns minutos, somente o tempo necessário para cozinhar um ovo de galinha e para fazer morrerem os germes [larvas] das borboletas da seda ou de outros insetos; em uma palavra, que ele tome todas as precauções que queira, uma vez que não busque senão destruir os pretendidos germes estrangeiros que vêm de fora, e eu respondo que ele encontrará sempre esses seres vivos microscópicos em quantidade suficiente para provar nossos princípios: se, ao abrir os vasos e os deixar repousar o tempo necessário para a geração desses corpos, não encontrar nada de vital, nem qualquer sinal de vida conformada à essas condições, eu abandono o meu sistema e renuncio às minhas ideias. Isso é tudo o que um Adversário judicioso pode razoavelmente exigir de mim. (Needham, 1769, p. 217)

Além dos argumentos anteriores (tempo excessivo de fervura, destruição da força plástica das substâncias infusas e corrupção do ar restante no recipiente), fica claro do trecho acima que Needham não considera a possibilidade de que novos “germes” ingressem nas infusões após todo o procedimento. Somam-se assim, argumentos incomensuráveis aos de Spallanzani. O naturalista italiano comprou a provocação e seguiu realizando novos experimentos, como será exposto à seguir.

2.4. A tréplica de Spallanzani

Spallanzani contestou Needham imediatamente, por ocasião de aula inaugural do curso de História Natural, proferida no seu ingresso na Universidade de Pavia, no início do ano letivo de 1769 e publicada no ano seguinte (1770) com o título *Prolusio* (Prólogo)⁴⁰. Mas a resposta mais incisiva a Needham derivou da retomada de seus estudos experimentais que resultaram, seis anos depois, em nova publicação intitulada *Osservazioni e sperienze intorno agli animalucci delle infusioni, in occasione che si esaminano alcuni articoli della nuova opera del Sig. Di Needham* (Observações e experiências sobre os animálculos das infusões, ocasião em que são examinados alguns artigos da nova obra do Senhor Needham)⁴¹ (Figura 14).

⁴⁰ Este pronunciamento de Lazzaro Spallanzani foi publicado originalmente em latim com o seguinte título: *Lazzari Spallanzani In Regio Ticinensi Gymnasio Publici Naturalis Historiae Professoris... Prolusio*, Mutinae, MCCCCLXX. Para esta dissertação utilizamos a tradução italiana de Carlo Castellani (1978).

⁴¹ Essas *Osservazioni* estão contidas em livro intitulado *Opuscoli di fisica animale e vegetabile* (*Opúsculos de Física animal e vegetal*), de 1776, que contém outros 4 estudos sobre diferentes assuntos, como a natureza dos espermatozóides, o efeito de ar viciado em animais e vegetais, a “ressurreição” de rotíferos e tardígrados e a produção de mofo.

Spallanzani inicia o primeiro capítulo dessa obra com uma “exposição da nova ideia do Senhor Needham sobre o Sistema de Geração”. Retomou as anotações que fez na tradução francesa do *Saggio* em que Needham reafirmou sua crença sobre uma “força vegetativa” que confere uma espécie de vitalidade à matéria:

Na matéria reside uma força que se destina a formação, e ao governo do mundo orgânico, e que ele denomina vegetativa [...]. [Needham] imagina que esta força coloca em movimento todas as partes da matéria, despertando nesta uma espécie de vitalidade, resultante do acoplamento de duas outras forças, uma resistente, e outra expansiva (Spallanzani, 1998 [1776], p. 17)

Mas é sobretudo na produção dos Corpos organizados que o Senhor Needham entende o poder de sua força vegetativa, e que maravilhosamente ilumina com sua luz tantos fenômenos que estavam envoltos em uma impenetrável escuridão. (Spallanzani, 1776, p. 18)

Figura 14. Folha de rosto do *Opuscoli di fisica animale e vegetabile...*, 1776. Fonte: *Bibliothèque Nationale de France. Bibliothèque Numérique Gallica*. Disponível em: <http://gallica.bnf.fr/> Acesso em novembro de 2010.

Spallanzani reafirmou que era possível compreender o resultado dos experimentos sem a ajuda da força vegetativa e procurou contestar as duas objeções de Needham por meio de novos experimentos.

Quanto ao resultado da minha Dissertação, acredito ter mostrado de fato a suficiência, como perfeitamente entendo, de que pode ser explicado sem ajuda da força vegetativa. Por conta das duas Oposições que me foram feitas por Needham ao Experimento do fogo, para examinar com filosófica imparcialidade qual o seu valor, realizei uma longa série de experiências que serão descritas nos dois capítulos seguintes. (Spallanzani, 1998 [1776], p. 21)

Ao questionar sobre qual seria o valor da primeira objeção feita por Needham, de que o suposto enfraquecimento ou aniquilamento da força vegetativa da matéria infusa seria provocado pelo elevado tempo de fervura, Spallanzani imagina um experimento que considera decisivo. Este consiste em preparar infusões de várias sementes de vegetais, e submeter a diferentes tempos de aquecimento. Ele argumentou que se Needham tivesse razão, o número de animálculos deveria diminuir conforme aumentasse o tempo de fervura da infusão. Por outro lado, “se os animálculos continuassem a aparecer em grande quantidade, como na primeira [infusão], então a objeção seria inválida” (Spallanzani, 1998 [1776], p. 22).

Spallanzani optou por utilizar infusões feitas com diferentes tipos de sementes vegetais por serem suscetíveis a gerar animálculos. As sementes utilizadas foram feijões brancos, aveia, trigo sarraceno, cevada, semente de malva e de beterraba. Nesta experiência, Spallanzani relata ter tomado o cuidado de utilizar sementes sempre da mesma planta. Utilizou também gemas de ovos de galinha, pois sabia que macerado em água, sempre gerava abundantes “bestas” microscópicas.

Preparou quatro classes de infusões contendo as sete sementes e a gema de ovo, perfazendo um total de 32 recipientes que foram fechados com rolhas de cortiça, que para Spallanzani não impedia totalmente o contato com partículas do ar exterior. Ferveu os frascos em intervalos de tempo diferentes, meia hora, uma hora, uma hora e meia e duas horas, deixando-os esfriar ao ar livre.

Os 32 frascos contendo as infusões foram preparados no dia 15 de setembro e observados pela primeira vez no dia 23 daquele mês. Em todos os frascos foram encontrados animálculos, mas de uma maneira desigual.

Os resultados desta experiência claramente mostram que a longa ebulição das sementes não evitou que animálculos “nascessem” nas infusões [...] a infusão das sementes, quando submetidas ao tormento do fogo não deixou de produzir Animálculos. Daí deriva diretamente as inegáveis consequências de que não existe lugar para a primeira objeção feita pelo naturalista inglês e de que sua força vegetativa é um puro trabalho de fantasia. (Spallanzani, 1998 [1776], p. 26)

Com esse experimento, Spallanzani também queria indicar que a rolha de cortiça não vedava completamente os vasos.

No terceiro capítulo, Spallanzani examina a segunda objeção feita por Needham, de que o aquecimento excessivo destruiria elasticidade do ar. Para Spallanzani, o exame desta objeção se reduz, em última análise, a dois aspectos: 1) se o aumento no tempo de aquecimento diminui o nascimento dos animais “infusórios”; 2) se este “acréscimo de calor tornava o ar mais rarefeito, causando perda de elasticidade” (Spallanzani, 1998 [1776], p. 27).

A fim de examinar os dois aspectos levantados pela segunda objeção feita por Needham, Spallanzani preparou novos frascos contendo onze sementes vegetais diferentes. Mas, desta vez, planejou uma maneira de fechá-los hermeticamente.

Com auxílio da chama de um maçarico, estreitou o diâmetro do pescoço de cada frasco até que se tornasse bem fino e fosse fechado em sua extremidade, com o próprio calor da chama. Para Spallanzani, este procedimento assegurava que a composição do ar no interior dos frascos mantinha a mesma densidade que o ar atmosférico.

Mas para proceder com a devida cautela é necessário que no momento de fechar os frascos com a chama do maçarico, o ar que resta aprisionado no interior do frasco não se torne rarefeito, e consequentemente não venha a perder sua elasticidade. (Spallanzani, 1998 [1776], p. 22)

Nesses frascos hermeticamente fechados, o autor observou que em dois deles não surgiram animálculos, mas que nos outros nove apareceram em pequena quantidade.

Diante desse resultado, Spallanzani promoveu nova série de experimentos. Colocou os nove diferentes tipos de sementes em frascos fechados hermeticamente (com maçarico estreitando o gargalo e fechando-o) e então os imergiu em outro vaso, com água fervente, por meio minuto; outras nove baterias de frascos foram imersas por um minuto, outras por um minuto e meio e as últimas por dois minutos,

perfazendo um total de 36 frascos submetidos ao calor do fogo em intervalos de tempo diferentes.

Após 11 dias, os frascos lacrados hermeticamente foram abertos e examinados, resultando em animálculos nas nove infusões abertas. Ao abrir o primeiro frasco, Spallanzani percebeu um “assobio sutil” provocado pelo ar que fluía para o interior do frasco. Essa observação poderia confirmar a segunda objeção de Needham, ou seja, de que o fogo diminuía a elasticidade do ar.

Spallanzani imaginou que se o diâmetro do pescoço dos frascos fosse ainda mais estreito, tornando-se um “tubo quase capilar”, este poderia ser fechado hermeticamente muito rapidamente, antes do ar interior tornar-se rarefeito. Por isso, refez os experimentos com frascos de gargalo bem fino e acreditou ter contornado o problema.

Para a sua surpresa, o que encontrou foi que o ar contido no interior dos frascos não havia sofrido perda, mas ganho de elasticidade em relação ao ar exterior. Isto porque, desta vez, ao quebrar o pescoço do frasco na frente da chama de uma vela, essa chama tendia na direção oposta ao frasco, indicando a saída do ar (e não era atraída no sentido do gargalo do frasco, como ocorria antes). Para explicar esse fenômeno, cogitou:

Não nego que aquele excesso de elasticidade não seja derivado em parte de um fluido elástico presente já nos vegetais, e que possui natureza aparentemente distinta do fluido aéreo. (Spallanzani, 1998 [1776], p. 28)

Com esses procedimentos, Spallanzani considerou ter rechaçado a segunda objeção de Needham⁴². Por consequência, afirmou que a noção de “força vegetativa” não passava de uma quimera. Para Spallanzani, este procedimento assegurava que a composição do ar no interior dos frascos mantinha a mesma densidade que o ar atmosférico. Por conta do lacre hermético, o autor observou que não surgem animais infusórios, como ocorre nos frascos abertos e, quando surgem, são em menor quantidade. Além disso, Spallanzani considerou ter fornecido resultados de observações e experimentos que “provavam” que os animálculos são

⁴² Apesar disso, segundo Maria Elice B. Prestes e Lilian Al-Chueyr P. Martins, “a objeção de Needham, de que o ar ficava “viciado” pela ebulição prolongada, era difícil de ser descartada porque, naquela época, se sabia pouco sobre a composição do ar e sobre que tipo de alteração ele sofreria sob a ação do calor” (Prestes e Martins, 2010, p. 87).

gerados a partir de “germes” preexistentes e não a partir das matérias das sementes.

Capítulo 3 Ciência e controvérsia

Métodos contêm sempre uma metafísica; inconscientemente, eles revelam conclusões que, frequentemente, afirmam ainda não conhecer.

Albert Camus

3.1 Uma crítica anti-racionalista à ciência

A ciência é uma das formas de pensamento desenvolvidas pelo homem e não necessariamente a melhor. Chama a atenção, é ruidosa e impudente, mas é só inerentemente superior aos olhos daqueles que hajam se decidido favoravelmente a certa ideologia ou que já a tenham aceitado, sem sequer examinar suas conveniências e limitações.

Paul Feyerabend

O místico crê num Deus desconhecido. O pensador e o cientista creem numa ordem desconhecida. É difícil dizer qual deles sobrepuja o outro em sua devoção não racional.

L. L. Whyte

A imagem da ciência que muitas vezes é apresentada aos estudantes está fortemente baseada nas ideias de racionalidade, objetividade, cooperação e certeza. De acordo com essa perspectiva, pode-se dizer que a ciência:

É a modalidade de saber constituída por um conjunto de aquisições intelectuais que tem por finalidade propor uma explicação *racional e objetiva da realidade*. Mais precisamente ainda: é a forma de conhecimento que não somente pretende apropriar-se do real para explicá-lo de modo *racional e objetivo*, mas procura estabelecer entre os fenômenos observados *relações universais* e necessárias, o que autoriza a previsão de resultados (efeitos) cujas causas podem ser detectadas mediante *procedimentos de controle experimental*. (Japiassu & Marcondes, 2001, p. 35, sem ênfase no original)

Essa concepção de ciência, assim como qualquer outra, acarreta implicações para o ensino de Ciências. Nesse caso, subjaz o pressuposto de que existe uma “verdade científica” absoluta a ser alcançada mediante o uso do método experimental, considerado o método científico por excelência. Além disso, no âmbito do ensino, os conteúdos presentes nos currículos são o resultado de pesquisas executadas por homens (difícilmente são citadas as mulheres) que trabalham isolados em seus laboratórios. Desse modo, “são mantidas uma visão

excessivamente técnica e positivista da ciência cujas ações a fazem legítima” (Apple, 2006).

A análise crítica feita por filósofos da ciência, bem como por historiadores da ciência e sociólogos da ciência, principalmente na segunda metade do século XX, mostrou os limites de semelhante representação. Ninguém duvida que nos tempos modernos a ciência é muito respeitada. Aparentemente há uma crença amplamente aceita de que há algo de especial a respeito da ciência e de seus métodos. “A atribuição do termo ‘científico’ a alguma afirmação, linha de raciocínio ou peça de pesquisa é feita de um modo que pretende implicar algum tipo de mérito ou um tipo especial de confiabilidade”⁴³ (Chalmers, 1993, p. 17).

Essas percepções atuais da ciência possuem origens históricas. No século XIX, o que se convencionou chamar “positivismo”⁴⁴ considerava o fazer científico como o único meio para alcançar a verdade por trás dos fenômenos naturais. O conhecimento científico seria derivado da observação dos fatos e suas inter-relações e de experimentos. Tudo aquilo que pudesse ser “provado” por meio de experimentos seria considerado científico.

A visão de ciência desse período esteve impregnada de um racionalismo extremado que afirmava existir um critério único, atemporal e universal com referência ao qual se podem avaliar os méritos relativos de teorias. Chalmers (1994) denomina estratégia positivista⁴⁵ essa busca por uma caracterização da ciência universal e a-histórica.

O racionalista, afirma que há um critério único, atemporal e universal com referência ao qual se podem avaliar os méritos relativos de teorias rivais, no

⁴³ Por outro lado, Chalmers reconhece que, a depender do público considerado, a ciência pode ser considerada desumanizadora, dando um tratamento insatisfatório a povos, sociedades e natureza, nela considerados objetos.

⁴⁴ Positivismo é o sistema filosófico formulado pelo filósofo francês Augusto Comte (1798-1857). Tendo como núcleo sua teoria dos três estados, segundo a qual o espírito humano, ou seja, a sociedade, a cultura, passa por três etapas: a teológica, a metafísica e a positiva. As chamadas ciências positivas surgem apenas quando a humanidade atinge a terceira etapa, sua maioridade, rompendo com as anteriores. Para Comte, as ciências se ordenaram hierarquicamente da seguinte forma: matemática, astronomia, física, química, biologia, sociologia; cada uma tomando por base a anterior e atingindo um nível mais elevado de complexidade. A finalidade última do sistema é política: organizar a sociedade cientificamente com base nos princípios estabelecidos pelas ciências positivas (Japiassú e Marcondes, 2001, p. 153).

⁴⁵ Os positivistas buscavam uma “teoria unificada da ciência”. A caracterização geral da ciência pretendia ser universal e a-história. Universal no sentido de que se tencionava que fosse igualmente aplicada a todas as teses científicas. A explicação que se buscava para a ciência seria a-histórica no sentido de que deveria aplicar-se tanto às teorias passada como às contemporâneas e às futuras (Chalmers, 1994, p. 15).

qual as decisões e as escolhas dos cientistas seriam guiadas pelo critério universal. O cientista racional rejeita as teorias que deixem de corresponder a ele, e, ao escolher entre duas teorias rivais, escolherá aquela que melhor corresponda a ele. (Chalmers, 1993, pp. 137-138)

A filosofia da ciência do século XX modificou profundamente o modo como entendemos a atividade científica. Dentre os filósofos da ciência que apresentaram contribuições importantes costumam ser bastante citados Gaston Bachelard (1884-1962), Karl Popper (1902-1994), Rudolf Carnap (1891-1970), Thomas Khun (1922-1996), Imre Lakatos (1922-1974), Paul Feyerabend (1924-1993), entre outros.

É importante esclarecer que apesar da referência aos filósofos supracitados, com exceção de Feyerabend, os demais não serão discutidos nesse capítulo. A razão pelo tratamento desigual adotado nessa discussão justifica-se pelo fato de se ter adotado uma posição anti-racionalista com objetivo de subsidiar a reflexão a respeito do papel das controvérsias na atividade científica. Nesse caso, também pode-se dispensar a apresentação dos demais autores, uma vez que são amplamente discutidos em qualquer manual de filosofia da ciência.

Imre Lakatos e Karl Popper são dois influentes filósofos que, em certa medida, herdaram aspectos da estratégia positivista, ainda que tenham sido bastante críticos em relação à particular explicação da ciência oferecida pelos positivistas. Lakatos acreditava que o problema central da filosofia da ciência era a questão de determinar as condições universais sob as quais uma teoria pode ser considerada científica (Lakatos, 1987, p. 49). O autor sugeria que a solução para um determinado problema deveria oferecer uma orientação de quando a aceitação de uma teoria científica é racional e quando é irracional (*Ibid.*).

O filósofo da ciência Paul Feyerabend, por sua vez, afirmou que não seria possível uma teoria geral da racionalidade científica, e que tampouco existe tal racionalidade científica. Em sua obra mais conhecida *Contra o Método* ele afirma que não há nada na ciência que a torne superior ao vodu ou à astrologia, por exemplo (Feyerabend, [1975] 2007, p. 7). Em seu livro *Adeus à Razão* de 1987, Feyerabend sugere que “razão” deve ser lida como o modo de racionalidade que os filósofos, que defendem para ela alguma situação privilegiada, presumem distinguir a ciência (*Ibid.*, [1987] 2010).

Segundo Feyerabend, a noção de uma ciência baseada em um método científico que contenha princípios rígidos, imutáveis e absolutamente obrigatórios

para conduzir os negócios da ciência depara com considerável dificuldade quando confrontada com os resultados da pesquisa histórica.

Não há uma única regra, ainda que plausível e solidamente fundada na epistemologia, que não seja violada em algum momento [...] Essa prática liberal não é apenas um *fato* da história da ciência. É tanto razoável quanto absolutamente *necessária* para o desenvolvimento do conhecimento. (Feyerabend, [1975] 2007, p. 37)

Os eventos e resultados que constituem as ciências não têm qualquer estrutura em comum; não há elementos que ocorram em todas as investigações científicas (Feyerabend, [1987] 2010, p. 334).

De acordo com o autor, por se tratar de um meio complexo, contendo desenvolvimentos surpreendentes e imprevistos, a ciência “demanda procedimentos complexos e desafia uma análise baseada em regras que tenham sido estabelecidas de antemão e sem levar em consideração as condições sempre cambiantes da história” ⁴⁶ (Feyerabend, [1975] 2007, p. 33). A racionalidade científica é, portanto, uma propriedade histórica, social e cultural.

Quanto ao *slogan* “vale tudo” que seus críticos tanto criticavam, Feyerabend afirma que não tinha a intenção de resumir os estudos de caso de *Contra o Método*.

Não estou procurando novas teorias da ciência. Estou perguntando se a busca por tais teorias é um empreendimento sensato e concluo que não é: [...] “vale-tudo” não é um “princípio” que defendo, é um “princípio” forçado sobre um racionalista que ama princípios, mas que também leva a sério a história. Além disso, e ainda mais importante, uma ausência de padrões “objetivos” [...] significa que os cientistas têm de checar *todos* os ingredientes de sua profissão e não apenas aqueles que filósofos e cientistas que aderem ao sistema consideram caracteristicamente científicos. (Feyerabend, [1987] 2010, p. 337)

Feyerabend, por sua vez, não faz distinção entre métodos e padrões universais e a-históricos e aqueles métodos e padrões contingentes sujeitos a mudanças. Depois de atacar as explicações ortodoxas do método científico, conclui que “o que fica são os juízos estéticos, os juízos de gosto, os preconceitos metafísicos, as aspirações religiosas; em suma, *o que resta são nossos anseios subjetivos*” (Feyerabend, 1977, p. 412, sem ênfase no original).

⁴⁶ A história da ciência não consiste simplesmente em fatos e conclusões extraídas de fatos. Também contém ideias, interpretações de fatos, problemas criados com interpretações conflitantes, erros e assim por diante. Desse modo, a história da ciência é tão complexa, caótica, repleta de enganos e interessante quantos as ideias que encerra, e essas ideias serão tão complexas, caóticas e repletas de enganos quanto a mente daqueles que as inventaram (Feyerabend, 2007, p.33).

Uma teoria da ciência que delineia padrões e elementos estruturais para *todas* as atividades científicas e os autoriza por referência à “Razão” ou “Racionalidade” pode impressionar os observadores externos – mas é um instrumento grosseiro demais para [...] os cientistas que enfrentam problemas concretos. (Feyerabend, 2007, pp. 19-20)

Feyerabend argumenta que “a premissa de que existem padrões [racionais] de conhecimento e de ação universalmente válidos e aglutinadores é um caso especial de uma crença cuja influência vai muito além do domínio intelectual” (Feyerabend, 2010, p. 18).

Conforme discutido por Chalmers (1994), a reação de horror em relação ao abandono de um método ou conjunto de padrões a-históricos, que vê a mudança como um abandono total da racionalidade, resulta de uma falha na distinção entre rejeição do método ou conjunto de padrões universais e imutáveis, por um lado, e a rejeição de todo método e padrão, por outro. “Não existe nenhum padrão universal. Contudo, existem padrões a-históricos contingentes implícitos nas atividades [científicas] bem-sucedidas. Isso não significa um *vale tudo* em questões epistemológicas” (Chalmers, 1994, p. 17).

Tendo em vista a crítica feita à imagem problemática de uma ciência a-histórica, apoiada em um suposto método científico universal e infalível, e impregnada por um racionalismo extremado, parece que uma abordagem dos temas científicos por meio das controvérsias se apresenta como uma alternativa para minimizar essas questões, ou ao menos, torná-las explícitas a uma análise crítica.

3.2 Sobre a importância das controvérsias para a atividade científica

A verdadeira medida de um homem não se vê na forma como se comporta em momentos de conforto e conveniência, mas em como se mantém em tempos de controvérsia e desafio.

Martin Luther King Jr.

O conhecimento científico não convive pacificamente com as contradições. Toda vez que surgem explicações diferentes para o mesmo fenômeno, podemos dizer que estamos diante de hipóteses rivais. Durante o desenvolvimento histórico das ciências diversas teorias foram propostas para explicar os mais variados fenômenos. Muitas foram rejeitadas imediatamente ou não foram levadas a sério, outras foram abandonadas mesmo após incansáveis tentativas para salvá-las,

algumas teorias foram aceitas durante décadas ou séculos e em algum momento da história foram substituídas por outra mais simples e que apresentavam soluções que suas rivais não contemplavam e, como deveríamos esperar, algumas permanecem aceitas atualmente. E quando uma teoria científica é finalmente aceita, tem-se a tendência a dizer que a escolha daqueles que optaram por ela sempre foi racional. Desse modo, a suposta racionalidade científica, em geral, reproduz a história da ciência contada pelos “vencedores”.

Segundo Philip Kitcher, muitas discussões sobre controvérsias científicas (e talvez todas as discussões racionalistas) apresentam certos estereótipos em que dois participantes estão envolvidos, onde pelo menos um dos quais é uma figura respeitada cujas ideias vão finalmente triunfar (Kitcher, 2000, p. 22).

A revolução química, por exemplo, seria apenas um embate entre Lavoisier e Priestley; a controvérsia copernicana, por sua vez, estaria centrada apenas na disputa entre Galileu e o Papa Urbano VIII. A posição que é finalmente adotada pode não estar entre aqueles que desencadeiam a controvérsia (o grande debate do Devoniano, por exemplo, foi concluído com um consenso sobre uma posição que inicialmente parecia impossível). (Kitcher, 2000, p. 22)

Ao longo do desenvolvimento das ciências sempre houve os “grandes gênios” (defensores das teorias aceitas atualmente), assim como aqueles que faziam tudo errado (quando são lembrados, é pelo contraste, como figuras ingênuas que não executaram bons experimentos ou não tiveram a capacidade de enxergar a verdade diante de seus olhos). Com relação a esse ponto, a historiadora da ciência Lilian Al-Chueyr Pereira Martins adverte que “é preciso estudar não apenas os vencedores, mas também os derrotados, verificando quais os argumentos que apresentavam contra as ideias adversárias. Muitas vezes, esses argumentos eram excelentes” (Martins, 2005, p. 314).

Uma tal caricatura da ciência é problemática uma vez que os únicos argumentos discutidos são aqueles favoráveis à teoria que, de fato, triunfou. Um exemplo bem conhecido desse tipo de distorção histórica da ciência é o tratamento dado à teoria evolutiva de Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, cavaleiro de Lamarck (1744-1829), que passou a ser tratado como um simples “precursor” de Charles Darwin. É curioso que Lamarck tenha passado à história como o principal defensor da ideia de *herança dos caracteres adquiridos* – uma ideia consensual em sua época – da qual ele próprio jamais reclamou autoria e sobre a qual recaíram as

principais críticas à sua teoria, ao passo que as ideias que ele próprio considerava centrais em seu pensamento tenham sido esquecidas (Martins, 2007). Além disso, a própria noção de “precursor” remete à ideia equivocada de falta de sincronicidade histórica, de que se trata de uma “antevisão”, de algo que não está diretamente relacionado a seu próprio tempo – noção essencialmente avessa à contextualização almejada pela historiografia atual.

O que torna uma teoria superior às suas predecessoras ou outras teorias rivais? De acordo com Thomas Kuhn, em geral, uma teoria científica costuma ser considerada superior às suas predecessoras não apenas porque é um instrumento mais adequado para descobrir e resolver quebra-cabeças⁴⁷, mas também porque é, de algum modo, uma representação melhor da natureza (Kuhn, 2007, p. 255-256).

Considera-se hoje que o saber científico se desenvolve por meio de um trabalho coletivo que se realiza em diferentes níveis, incluindo as equipes de investigação e laboratório, os pareceristas e interlocutores nas revistas e congressos e outros meios de difusão entre os cientistas, o julgamento dos projetos de pesquisa pelas agências de financiamento, a divulgação dos resultados da pesquisa ao grande público etc (Dascal, 2005, p. 15).

Costuma-se enfatizar o caráter cooperativo na construção coletiva do saber. No entanto, não menos importante do que a cooperação, e talvez condição necessária de sua possibilidade, é o confronto crítico entre abordagens, projetos, metodologias, objetivos, disciplinas, teorias e cientistas individuais ou grupos de cientistas. (Dascal, 2005, p. 15)

Para Marcelo Dascal, a crítica e a controvérsia são os motores do progresso do saber.

⁴⁷A noção de Kuhn sobre a ciência *normal* como solução de quebra-cabeças abrange nada mais que a classe de problemas não resolvidos. Essa ideia de quebra-cabeças equivale, em certa medida, à categoria de problemas empíricos não resolvidos de Larry Laudan (2011). Laudan entende que a ciência é uma atividade voltada essencialmente para a solução de problemas. De modo geral, constitui um problema empírico qualquer coisa presente no mundo natural que pareça estranha ou que, de alguma maneira, necessite de explicação. Laudan distingue dois tipos de problemas empíricos: (1) *problemas empíricos não resolvidos* – aqueles empíricos que ainda não foram adequadamente resolvidos por *nenhuma* teoria; (2) *problemas empíricos resolvidos* – os empíricos que *determinada* teoria não resolveu, mas uma ou mais das suas concorrentes sim. Ao pensar sobre a questão da escolha entre teorias rivais, Laudan enfatiza que os problemas resolvidos contam pontos para uma teoria, ao passo que problemas anômalos constituem provas *contra* uma teoria e problemas não resolvidos simplesmente indicam linhas para futuras investigações. Servindo-se dessa terminologia, argumenta que *uma das marcas do progresso científico é a transformação de problemas empíricos anômalos e não resolvidos em problemas resolvidos*. Sobre toda e qualquer teoria, devemos perguntar quantos problemas resolveu e com quantas anomalias se depara. Essa pergunta, sob uma forma um pouco mais complexa, torna-se uma das principais ferramentas para a avaliação comparativa das teorias científicas (Laudan, 2011, pp. 17-27).

As controvérsias são indispensáveis para a formação, desenvolvimento e avaliação das teorias científicas porque é nelas que se exerce a crítica séria rigorosa, ou seja, aquela que permite engendrar, melhorar e controlar seja a “boa estruturação”, seja o “conteúdo empírico” das teorias científicas [...] e que “a rigorosa pesquisa das controvérsias é um meio indispensável para constituir uma descrição adequada da história e da *práxis* da ciência”. (Dascal, 1994, p. 77)

Sobre o papel das controvérsias na atividade científica, Dascal conclui que,

A ciência se manifesta em sua história como uma sequência de controvérsias; estas são, portanto, não anomalias, mas o “estado natural” da ciência; nas controvérsias é onde se exerce a atividade crítica, se constitui dialogicamente o sentido das teorias, se produzem as mudanças e inovações, e se manifesta a racionalidade ou irracionalidade do empreendimento científico; por todas essas razões, ignorá-las na filosofia e história da ciência tem sido um erro capital que precisa ser corrigido. (Dascal, 1994, p. 78)

Jordi Vallverdú, por sua vez, considera que “a mudança na ciência ocorre pela adição de enormes quantidades de pequenas controvérsias que orientam as disciplinas para novas áreas do conhecimento e, em algum momento crítico, conduzem a mudanças de paradigma” (Vallverdú, 2005, p. 24).

De acordo com Vallverdú, a maioria dos debates, disputas, conflitos ou controvérsias científicas não implicam uma mudança de paradigma, mas sim um replanejamento de aspectos menores do mesmo. A existência das controvérsias torna possível e justifica a mudança na ciência (Vallverdú, 2005, p. 25). A maioria dos estudos contemporâneos sobre o funcionamento da ciência refere-se aos casos de microdinâmica⁴⁸ científica sem conceber um modelo de análise mais completo. (*Ibid.*).

Ao fazer uso de uma perspectiva historiográfica derivada das concepções kuhnianas, Vallverdú assume que as controvérsias científicas possuem significados distintos em função do período que reporta: “revolução científica” ou “ciência normal”. Sobre esse aspecto, Filomena Amador explica que, em termos historiográficos, “controvérsias associadas aos períodos de ‘revolução científica’ não são necessariamente superiores às inerentes aos períodos designados ‘ciência normal’, embora as primeiras possam ter maior visibilidade por estar associadas a mudanças de paradigma” (Amador, 2009, p. 18).

⁴⁸ Vallverdú entende os processos de microdinâmica científica como aqueles que têm a ver com transformações pontuais e menores da ciência normal kuhniana.

A história da ciência é pontuada por controvérsias científicas. Desse modo, faz-se necessário uma compreensão a respeito da dinâmica das controvérsias na ciência.

Tentar definir o que é uma controvérsia científica, por si só, já é uma tarefa complicada, para não dizer controversa. Por exemplo, Maria Nowakowska define a controvérsia como um diálogo no qual, em algum momento t , surge uma inconsistência na união dos conjuntos de afirmações dos dois interlocutores, sendo que esses conjuntos são separadamente consistentes. Em decorrência dessa definição, para que uma controvérsia seja “resolvida” é necessário que um dos contendores mude de ideia, isto é, que o conjunto de suas afirmações individuais se torne inconsistentes (Nowakowska, 1985 *apud* Dascal, 2006, p. 302).

Marcelo Dascal critica a definição acima, argumentando tratar-se de uma abordagem insuficiente derivada principalmente do fato de adotarem um ponto de vista abstrato demais, que não dá espaço para a conceituação dos traços característicos das controvérsias (Dascal, 2006, p. 302). Ao contrário do que sugere a definição anterior, “uma controvérsia real nunca se resume em uma *única* diferença de opinião sobre uma questão dada. Para originar uma controvérsia, a discordância normalmente se manifesta em uma gama de tópicos, que se reúnem em torno de uma suposta divergência central”, além do mais, “as controvérsias não são resolvidas nem de maneira fácil, nem frequente, pela mudança de ideia de um dos contendores, o que significaria uma clara vitória de um sobre o outro” (*Ibid.*). Em outras palavras, “As controvérsias envolvem defensores que possuem posições diferentes e que se inter-relacionam de modo complexo” (Kitcher, 2000, p. 22).

Marcelo Dascal propõe uma caracterização para controvérsias baseando-se no que denomina “critério dialógico”. Segundo o autor, se não se produz uma atividade dialógica, não existe polêmica, a unidade básica de análise, que Dascal divide em discussões, disputas e controvérsias.

As discussões seriam polêmicas cujo objeto é um tema ou problema bem circunscrito. Ao se desenvolver, os participantes da discussão se dariam conta de que a raiz do problema é um erro relativo a algum conceito ou procedimento importante num campo de pesquisa bem definido (Dascal, 1994, p. 79). Nas discussões procura-se determinar uma posição verdadeira por meio da lógica e da

racionalidade. A solução é possível, geralmente por conta da eliminação de crenças equivocadas (Dascal, 2005, pp. 19-20).

As disputas, por sua vez, consistiriam em polêmicas que também teriam como objeto uma divergência bem definida, ainda que seus participantes não considerem que esta se deva a um erro, mas sim atitudes, sentimentos ou preferências particulares (Dascal, 1994, p. 79). Nas disputas o objetivo é a vitória sobre o adversário e em geral não há concordância quanto a procedimentos de decisão “interna”. A solução, na maioria das vezes, não é possível (Dascal, 2005, p. 20).

Por último, as controvérsias corresponderiam a uma categoria intermediária entre discussões e disputas:

A controvérsia difere da disputa à medida que cada participante não dá por estabelecido a *priori* que o adversário está errado e ele certo, abandonando assim a esperança de poder persuadi-lo racionalmente a mudar de ideia. Por outro lado, a controvérsia difere da discussão por não restringir-se a divergências limitadas pela aceitação por ambos de um número considerável de pressupostos comuns, permitindo assim, ao contrário, pressupostos amplos e radicais. Uma controvérsia pode começar com um problema específico, porém rapidamente se expande a outros problemas e revela divergências profundas. Estas envolvem tanto atitudes e preferências opostas como desacordos sobre métodos vigentes para solucionar os problemas [...]. Os contendentes acumulam argumentos que creem aumentar o peso de suas posições frente às objeções do adversário, tendendo assim, se não a decidir a questão, pelo menos a inclinar a ‘balança da razão’ a seu favor. (Dascal, 1994, p. 79)

De acordo com Dascal, as controvérsias são, portanto, um tipo de polêmica que começa com uma questão bem definida e rapidamente se expande horizontal e verticalmente, cujo objetivo principal é a persuasão.

As controvérsias exibem muitas propriedades epistêmicas das quais Marcelo Dascal (2005) destaca como sendo particularmente importantes: mudança de tópico; questionamento generalizado; preocupação hermenêutica; abertura e fechamento; estrutura flexível e racionalidade *soft* (Dascal, 2005, p. 24):

Dentre as propriedades epistêmicas das controvérsias, Marcelo Dascal identifica *mudança de tópico*, pois controvérsias não permanecem confinadas às questões ou aos problemas que inicialmente as deflagram; *Questionamento generalizado*, uma vez que a expansão da problemática inclui o questionamento dos pressupostos fatuais, metodológicos e conceituais de seus adversários;

Preocupação hermenêutica, devido a questões de interpretação estarem presentes em todos os níveis das controvérsias, elas são percebidas como contendo em si pressuposições e mal-entendidos que viciam o debate; *Abertura e fechamento*, tendo em vista o caráter aberto dos problemas em que as controvérsias se expandem, o término de uma controvérsia dificilmente consiste em uma decisão a respeito de qual “solução” é vencedora; *Estrutura flexível*, apesar de sua marcada abertura, as controvérsias não são anárquicas, mas seguem uma estrutura argumentativa ordenada, em que argumentos e contra-argumentos se alternam, preservando em geral o critério de relevância; *Racionalidade soft*, a persuasão racional – objetivo da controvérsia – serve-se de modos de argumentação que vão além dos que permite a lógica dedutiva ou indutiva; a racionalidade à qual obedecem é a do “razoável” e não do logicamente necessário, do presumível e não do obrigatório; graças a isso, ela é uma racionalidade sensível ao contexto, pois argumentos razoáveis em um contexto podem não sê-lo em outro (Dascal, 2005, p. 24).

As características levantadas por Marcelo Dascal são particularmente importantes no sentido em que conferem às controvérsias uma participação importante no desenvolvimento das teorias científicas, tendo em vista que “essas propriedades das controvérsias não apenas as distinguem da *discussão* e da *disputa*, mas explicam seu papel *especial* no progresso do conhecimento científico” (Dascal, 2005, p. 24, sem ênfase no original).

Outros autores, por sua vez, têm procurado definir o que é uma controvérsia científica a partir de critérios referentes aos múltiplos níveis em que se desenvolve a atividade científica. Embora exista divergência entre os autores, de um modo geral, concordam em que a componente principal que caracteriza uma controvérsia é a *disputa pública*.

Assim, por exemplo, Narasimhan define controvérsia científica como “uma disputa conduzida publicamente e mantida persistentemente, sobre um assunto de opinião considerado significativo por um número de cientistas praticantes” (Narasimhan, 2001, p. 299). O autor destaca três implicações desta definição, considerando: 1) o período de duração da controvérsia, ou seja, esta é levantada como um evento histórico e, por consequência, sua análise deve ser histórica; 2) a controvérsia levanta o desejo dos envolvidos em mostrar os bons fundamentos das

suas alegações epistêmicas e estas alegações trazem certos valores; e 3) uma controvérsia científica é um evento público. Sobre esta última implicação, o autor acrescenta que:

Nenhuma discordância, mesmo que profunda, pode adquirir o *status* de controvérsia a menos que haja um envolvimento ativo da comunidade. A natureza protraída de uma controvérsia a investe de um caráter histórico e a participação da comunidade dá a ela uma dimensão social crucial. O conflito de alegações epistêmicas faz dela um evento cognitivo. Assim, uma controvérsia congrega toda uma gama de forças que impulsiona a ciência para frente. (Narasimhan, 2001, p. 299)

Vale ressaltar que quando Narasimham atribui às controvérsias uma gama de forças que fazem com que a ciência avance, não significa necessariamente que o conhecimento que emerge de uma controvérsia científica seja melhor ou mais elaborado que o anterior. A noção de progresso científico embutida na definição de Narasimham não implica em dizer que a ciência avança de modo contínuo ou que teorias mais simples são substituídas e/ou incrementadas por outras mais elaboradas. Uma controvérsia científica nem mesmo garante que uma determinada concepção seja abandonada em detrimento de outra, e isso ocorre porque os critérios pelos quais as teorias são avaliadas não seguem, necessariamente, um critério lógico ou racional. Algumas controvérsias ocorrem durante períodos relativamente longos ou podem mesmo ser retomadas passadas algumas décadas ou séculos, como aconteceu com o debate sobre a geração espontânea, conforme foi abordado no capítulo 2 desta dissertação.

Por sua vez, Ernan McMullin considera uma controvérsia científica é uma disputa *pública* a respeito de temas científicos, envolvendo participantes que têm opiniões discordantes e que tentam defendê-las utilizando argumentos que, pelo menos em parte, são baseados em observações, experimentos e argumentos racionais. Por envolver uma temática e argumentos relativos à ciência, tal tipo de controvérsia tem uma componente *interna* ou *epistêmica*; mas por se tratar de um debate público, contém também uma componente *externa*, *não-epistêmica* ou *social* (McMullin, 1987).

Segundo McMullin, os fatores epistêmicos podem ser encontrados no primeiro trabalho publicado sobre um determinado assunto, e incluem relatos, observações, hipóteses, interpretações, pressupostos teóricos, críticas etc. Os fatores não-epistêmicos, por sua vez, incluem traços de personalidade (ambição,

sensibilidade a críticas, negligência); pressões institucionais (por exemplo, a perda do financiamento da pesquisa); influências políticas, entre outros (McMullin, 1987, p. 60). Esses fatores também afetam o desenvolvimento da controvérsia e uma narrativa histórica não estaria completa sem considerá-los.

Mas será que um desacordo público é suficiente para constituir-se em uma controvérsia científica? Estaríamos inclinados a dizer que a forma da Terra ainda é uma questão controversa tendo em vista, supostamente, que ainda há quem defenda publicamente as circunstâncias que permitem considerar a Terra plana?

Para um desacordo caracterizar-se como uma controvérsia, ele deve ser levado a sério por uma comunidade, isto é, a percepção do mérito da causa depende da comunidade científica. Um desacordo, não importa quão profundo, entre dois cientistas não é suficiente para constituir uma controvérsia até que os termos da sua discordância tenham sido levados ao conhecimento da comunidade científica em geral (McMullin, 1987, p. 52). Somente quando uma parcela substancial da comunidade científica reconhece os méritos em ambos os lados de um desacordo público, é que se pode dizer que uma controvérsia existe (*Ibid.*, p. 53).

A ênfase que McMullin confere ao papel das comunidades científicas na determinação das controvérsias pode servir para introduzir outro ponto que deve ser considerado a respeito da natureza das controvérsias científicas. Esse modelo, entretanto, não é isento de falhas. Conforme McMullin, “a comunidade pode ser menos exigente em suas demandas por irrefutabilidade dos argumentos do que deveria ser; pode ser ofuscada pelos argumentos de um cientista famoso e subestimar os de um desconhecido” (McMullin, 1987, p. 98).

A controvérsia é um evento histórico que possui uma data e um local. Não se trata apenas de uma relação abstrata entre evidências e hipóteses. Pode-se, é claro, tornar uma controvérsia cristalizada em torno de um conjunto de documentos, como aconteceu normalmente com a controvérsia Leibniz-Clarke, por exemplo. Isto é perfeitamente legítimo; não se pode avaliar o mérito dos argumentos apresentados por ambos os lados, deixando de lado questões de personalidade e de contingência histórica. Em particular, se alguém está interessado em compreender como as controvérsias terminam, não há outra alternativa senão considerá-las em sua plena realidade histórica. Uma controvérsia pode terminar, por exemplo, porque alguém não leu um determinado livro, que deveria ter lido, ou porque um órgão do governo suspendeu as verbas de um projeto de pesquisa. Controvérsias podem ser tão diferentes em suas causalidades com qualquer outra ação humana complexa. (McMullin, 1987, p. 53)

O modelo de controvérsia como uma disputa conduzida publicamente, explicitado por McMullin, e o caráter dialético defendido por Dascal parecem ser adequados para descrever interações polêmicas, como, por exemplo, a controvérsia sobre a geração espontânea protagonizada por John Needham e Lazzaro Spallanzani na segunda metade do século XVIII, que será abordada no próximo capítulo. As ideias sobre controvérsias aqui discutidas serão cotejadas no exame do episódio que envolveu Needham e Spallanzani. O exame será feito no sentido de verificar se o debate entre esses dois naturalistas situou-se longe ou próximo de o que se poderia denominar “plano da racionalidade científica”. A análise desse episódio procurou mostrar que a decisão em favor de uma ou outra hipótese é influenciada por questões não-epistêmicas, contrariando o mito da racionalidade científica, mostrando que esta é uma propriedade histórica, social e cultural. Antes desse exame, é necessário, contudo, um detalhamento sobre os diferentes tipos de controvérsias científicas.

3.2. Classificação de controvérsias científicas

Na minha opinião, há boas razões para questionar, falar claro, projetar novas instituições e novas maneiras de pensar. Sim, a civilidade é uma virtude e pode convencer um adversário surdo às súplicas filosóficas mais fervorosas. Sim, é absurdo tentar converter todos a uma nova maneira de pensar. Sim, poderíamos estar errados e nossos adversários certos. (Já aconteceu antes.) E sim, é raro que uma das partes numa discussão convença a outra. (Thomas Jefferson disse que nunca vira tal coisa acontecer, mas sua conclusão parece severa demais. Acontece na ciência o tempo todo.) Mas essas não são razões adequadas para fugir ao debate público.

Carl Sagan

Adotando a perspectiva defendida por autores discutidos na seção anterior, consideramos que as controvérsias científicas apresentam características epistêmicas e não-epistêmicas que possibilitam uma rápida distinção em função do modo como a contenda se desenvolve. Ernan McMullin propõe quatro categorias que, para os propósitos deste estudo, são bastante úteis: controvérsias de fato, controvérsias de teoria, controvérsias de princípio e controvérsias mistas.

As *controvérsias de fato* são relacionadas às regularidades que se afirmam existir no mundo, ou seja, quando cientistas discordam publicamente sobre as bases

observacionais de uma hipótese proposta, apesar de concordarem sobre os pressupostos teóricos que embasam as observações (McMullin, 1987, p. 65).

Um exemplo disso é o de que os biólogos têm opiniões diferentes a respeito da taxa de mudança evolutiva. Alguns defendem que o processo que leva à formação de novas espécies ocorre por meio de mudanças contínuas e graduais de linhagens inteiras (anagênese). Entretanto, esta hipótese encontra sérias dificuldades quando confrontada com as evidências dos registros fósseis. Como alternativa ao gradualismo, os paleontólogos norte-americanos Niles Eldredge e Stephen Jay Gould em 1972 propuseram que há alternância entre fases de mudança evolutiva extremamente rápidas e fases extremamente lentas. Essa hipótese é conhecida como *equilíbrio pontuado* e ainda é tema de debates entre os teóricos da evolução biológica. Esta controvérsia envolve um aspecto importante sobre a taxa de mudança evolutiva, mas uma mudança na aceitação dos cientistas do equilíbrio pontuado não abalaria a estrutura da biologia evolutiva uma vez que o conteúdo epistêmico da teoria não seria afetado.

As *controvérsias de teoria* são as mais comuns na ciência, e ocorrem quando duas ou mais teorias são apresentadas para explicar os mesmos fenômenos. A solução nesse tipo de controvérsia é possível, normalmente, quando uma das teorias rivais acumula uma quantidade significativa de evidências favoráveis. Todavia, aspectos não-epistêmicos desempenham um papel importante e, muitas vezes, decisivo em favor de uma das partes (McMullin, 1987, p. 67). Um exemplo famoso desse tipo de controvérsia está relacionado à extinção dos dinossauros no final do período Cretáceo. A teoria mais aceita pela comunidade científica sobre a extinção dos dinossauros é a de que um asteroide com aproximadamente 10 km de diâmetro tenha atingido a superfície da Terra, gerando uma explosão semelhante a 100 trilhões de toneladas de TNT. Em 1990 essa teoria foi reforçada depois que um grupo de cientistas encontrou, no México, uma cratera com aproximadamente 180 km de diâmetro. Estudos geológicos realizados no local sugerem que essa colisão teria ocorrido há 65 milhões de anos, coincidindo com a época da extinção dos dinossauros. Outros cientistas afirmam que o causador do fim dos dinossauros não teria sido apenas um meteoro, mas a queda de inúmeros deles. Outra teoria é a de que certos movimentos sofridos pelos continentes provocaram mudanças nas correntes marítimas e também no clima do planeta. Isso

fez a temperatura baixar, o que causou invernos mais rigorosos, consequentemente levando ao desaparecimento dos seres vivos que habitavam a Terra. Apesar de haver várias explicações, hipóteses e teorias, não é possível afirmar com precisão o que realmente provocou a extinção desses enormes animais da Terra.

As *controvérsias de princípios* podem surgir quando a questão em causa não é simplesmente a de decidir entre duas teorias, mas, além disso, de decidir sobre uma questão mais geral, de princípio, que também afeta outras partes da ciência. Tais questões de princípios podem ser metodológicas, tendo por base os procedimentos e critérios da ciência, ou ontológicas (McMullin, 1987, p. 72-73). Por exemplo, podemos citar os dilemas éticos envolvidos nas pesquisas com células tronco embrionárias ou mesmo os debates sobre a produção de alimentos transgênicos. Controvérsias de princípio, de modo geral, englobam os debates sobre métodos e ética e conflitos entre ideias científicas e não-científicas.

As *controvérsias mistas* envolvem o conhecimento científico e também uma questão de princípios, moral ou política, sobre a qual a comunidade está dividida. É preciso que ocorra discordância em ambos os aspectos, científicos e não-científicos para que a controvérsia seja classificada como "mista". Assim, o debate sobre o uso de técnicas para prolongar a vida de doentes terminais seria considerado como puramente moral, e não como uma controvérsia mista. Controvérsias mistas geralmente envolvem uma aplicação da ciência para alguma finalidade humana e, a partir dessa aplicação, a questão moral ou política deriva. A física nuclear por si só não levanta questões morais. Mas a aplicação da física nuclear para geração de energia elétrica ou de armamento muito rapidamente gera dilemas morais e políticos. O que é notável sobre esses debates é que a presença de desacordo moral torna muito mais difícil chegar a um consenso sobre as questões científicas. A influência de fatores não-epistêmicos, portanto, também deverá ser maior em tais controvérsias (McMullin, 1987, p. 76-77).

Uma diferença fundamental entre as controvérsias mistas e os debates puramente científicos está relacionado ao aspecto moral envolvido. Ao contrário das controvérsias de teoria que estão relacionadas a diferenças de crenças, o componente moral das controvérsias mistas são influenciadas pelo discernimento de uma determinada ação (McMullin, 1987, p. 76). Ainda sobre o referido autor, controvérsias desse tipo claramente não podem ser resolvidas empregando-se as

mesmas técnicas (ou mesmo conjunto de valores cognitivos) utilizados na resolução de controvérsias de teoria, por exemplo. Os próprios critérios para essa avaliação são controversos e, de acordo com McMullin, diferentes teorias de ética, diferentes práticas de orientação moral, conduzem a diferentes critérios (*Ibid.*, p. 77).

Valores morais e éticos, argumenta Lacey, podem influenciar os fatos que um cientista investiga e, a partir da investigação, confirma. Entretanto, esses valores não são relevantes para avaliar se os fatos investigados são bem confirmados ou não (Lacey, 2006, pp. 258-259).

Outra proposta de classificação das controvérsias científicas e tecnológicas pode ser encontrada em um texto de divulgação disponível no *website* da Universidade de Berkeley. De acordo com essa proposta, há cinco grupos de controvérsias⁴⁹:

Controvérsias científicas fundamentais, quando cientistas discordam sobre um tema central de teoria, hipótese ou quanto à evidência experimental, como no debate sobre a geração espontânea entre Needham e Spallanzani, conforme foi discutido mais detalhadamente no capítulo 2;

Controvérsias secundárias, quando cientistas discordam quanto a um aspecto menos central de uma teoria científica.

Conflitos sobre métodos e ética, são desacordos da comunidade científica ou da sociedade em geral sobre a adequação de um método utilizado para pesquisa científica. Por exemplo, os dilemas éticos envolvidos nas pesquisas com células tronco embrionárias.

Conflitos sobre aplicações tecnológicas, como no caso da energia nuclear, ou quanto à ética na pesquisa, como o caso das células tronco;

Controvérsias entre concepções científicas e não-científicas, como na disputa entre Galileu e a Igreja ou entre a teoria biológica da evolução e os criacionistas (*design* inteligente).

Analisando essas duas propostas de classificação de controvérsias científicas é possível perceber que ambas podem ser úteis e permitem compreender os variados modos sob os quais uma controvérsia pode se manifestar. Parece evidente que controvérsias científicas podem se desenvolver a partir de perspectivas

⁴⁹ A divisão em cinco grupos foi baseada no site *Understanding Science*, da U. California em Berkeley: http://undsci.berkeley.edu/article/0_0_0/sciencetoolkit_06

que variam de forma significativa. Entretanto, é importante destacar que as diferentes categorias não precisam e nem devem ser tomadas de modo rígido uma vez que controvérsias não ficam restritas aos problemas que inicialmente as deflagram. E isso está diretamente relacionado às propriedades epistêmicas das controvérsias apresentados por Dascal (2005), particularmente àquela que o autor denomina *mudança de tópico*, ou seja, controvérsias não permanecem confinadas às questões ou aos problemas que inicialmente as deflagram. Essas propriedades das controvérsias científicas tornar-se-ão mais explícitas a partir da narrativa histórica discutida no próximo capítulo.

Poderíamos acrescentar a estas listas, por exemplo, controvérsias quanto à prioridade em descobertas ou invenções como, por exemplo, o caso do debate sobre a participação de Rosalind Franklin na descoberta da estrutura dupla hélice da molécula de DNA.

Para efeito de utilização em um estudo de caso, ambas as propostas de classificação correspondem às expectativas de facilitar a compreensão e podem ser utilizadas no estudo de controvérsias científicas, filosóficas, políticas etc. Embora as duas propostas de classificação não difiram de maneira substancial, pelo menos uma das quatro categorias propostas por McMullin (*controvérsias mistas*), parece enfrentar dificuldades ao confrontar episódios históricos que a sustente, apesar de encontrar suporte em debates.

Embora existam diferentes propostas para classificar controvérsias científicas, parece evidente que as controvérsias que envolvem disputas entre teorias são as mais comuns na atividade científica, ao menos quando consideradas nas pesquisas da História da Ciência. O segundo capítulo desta dissertação trata justamente de uma controvérsia desse tipo. Por conta disso, essa categoria de controvérsia será abordada de maneira mais detalhada na próxima seção.

3.3 Controvérsias entre teorias rivais: o papel dos valores cognitivos na escolha entre teorias rivais

A comunicação e a difusão do saber, e também a discussão pública de teorias científicas [...] não foram sempre percebidas como valores. Pelo contrário: elas se tornaram valores.

Paolo Rossi

Analisando as controvérsias científicas, tanto controvérsias históricas como contemporâneas, verificamos que os defensores de teorias rivais procuram realizar longas séries de experimentos que aumentem a credibilidade da sua própria teoria e diminuam a credibilidade da teoria dos seus oponentes. Entretanto, a história nos mostra que “uma controvérsia não pode ser resolvida apenas recorrendo-se a fatos, dados empíricos ou vivências, pois envolve tanto fatos como questões de valor” (Reis, 2009, p. 10).

Essa afirmação encontra apoio em debates históricos como, por exemplo, a controvérsia sobre a geração espontânea entre John Turberville Needham (1713-1781) e Lazzaro Spallanzani (1729-1799) no século XVIII.

Vimos nos capítulos anteriores que as evidências experimentais obtidas por ambos, bem como o contexto em que se desenvolveu a controvérsia, que tanto Needham como Spallanzani eram experimentadores competentes e aperfeiçoaram experimentos mais simples realizados anteriormente. Spallanzani introduziu análise de novas variáveis, diversificando as séries experimentais. Todavia, mesmo diante de evidências experimentais semelhantes, Needham e Spallanzani continuaram sustentando interpretações antagônicas. A saber, a análise dos resultados dos experimentos de Needham levou-o a sustentar a hipótese da geração espontânea dos animálculos nas infusões, enquanto os resultados que Spallanzani obteve em seus experimentos, levaram-no a negá-la. Ambas as explicações eram aceitáveis naquele período, pois os resultados obtidos por meio de longas séries de experiências foram interpretados com base em concepções epistemológicas distintas. O primeiro partilhava da concepção epigenética, o segundo do pré-formacionismo. Tanto Needham quanto Spallanzani acreditaram ter fornecido evidências experimentais a seu favor, e ambos não abandonaram seus sistemas. A contenda Needham-Spallanzani ilustra um dos aspectos da teoria kuhniana de que as partes envolvidas em um debate veem de maneira distinta certas situações experimentais ou de observação a que ambas têm acesso. “A mudança ou conversão a um novo paradigma é equivalente a uma mudança de perspectiva *Gestalt*” (Kuhn, 2007, p. 148).

No sentido kuhniano, pode-se dizer que apesar de Needham e Spallanzani terem realizado experimentos semelhantes, embora não exatamente os mesmos, os

resultados foram interpretados com base em paradigmas incomensuráveis⁵⁰. Thomas Kuhn salienta que quando paradigmas rivais participam – e devem fazê-lo – de um debate sobre a escolha do paradigma cada grupo utiliza os preceitos de seu próprio paradigma para argumentar contra o rival (Kuhn, 2007, p. 127). Dentro desse contexto, a questão da escolha entre teorias torna-se ainda mais complicada, porque não é possível separá-la de questões não-epistêmicas. De fato, em uma situação em que teorias rivais apresentam soluções independentes e cognitivamente válidas para explicar o mesmo fenômeno, é necessário compreender a natureza das diferenças que separam os proponentes dos dois lados da contenda. Quando cientistas analisam dados empíricos, por exemplo, eles não o fazem de maneira passiva, isto é, os cientistas não são indivíduos observando o mundo com base em nada. A ideia de “observação neutra diante do objeto é uma ficção” e, seguindo o mesmo raciocínio, podemos dizer “que as proposições empíricas não são opostas às proposições teóricas; elas já são teóricas” (Fourez, 1995, p. 45). É preciso examinar, além dos experimentos e da lógica que os engendra, as técnicas de argumentação persuasiva que se desenvolvem no interior dos grupos que constituem as comunidades científicas de cada época.

Além disso, “uma controvérsia raramente se resume em uma *única* diferença de opinião sobre uma questão dada. Para originar uma controvérsia, a discordância normalmente se manifesta em uma gama de tópicos, que se reúnem em torno de uma suposta divergência central”, além do mais, “as controvérsias não são resolvidas nem de maneira fácil, nem frequente, pela mudança de ideia de um dos contendores, o que significaria uma clara vitória de um sobre o outro” (Dascal, 2006, p. 302).

É bem conhecida a tese proposta por Thomas Kuhn de que, essencialmente, o acúmulo de grande número de anomalias leva o cientista a abandonar determinada teoria.

Larry Laudan reflete sobre esta questão e aponta algumas dificuldades para a proposição kuhniana. Laudan salienta que Kuhn não oferece uma razão pela qual os cientistas muitas vezes abandonaram uma teoria diante de apenas umas poucas anomalias e, outras vezes, conservaram uma teoria diante de um oceano de

⁵⁰ Para Kuhn, teorias formuladas dentro de paradigmas diferentes são incomensuráveis; não podem ser consistentes, pois lhe faltam categorias comuns, mesmo no nível dos dados empíricos.

refutações empíricas. Para esse problema, Laudan reconhece que o que conta não é tanto o *número* de anomalias geradas por uma teoria, mas sim *quão cognitivamente importantes* são essas anomalias específicas. Desse modo, pondera sobre a possibilidade de graduar a importância das anomalias empíricas em função do *grau de ameaça epistêmica* que representa para a teoria⁵¹ (Laudan, 2011, p. 53).

O que é comum a todas as ciências é a convicção de que certos resultados experimentais são tão discordantes que constituem anomalias de extrema importância, ao passo que outros, apenas ligeiramente discordantes, são problemas relativamente menores. Também aqui, é decisivo o placar do jogo entre as teorias concorrentes. (Laudan, 2011, p. 55)

Em contrapartida, Laudan explica que um fenômeno recém-descoberto (talvez até previsto por uma teoria) pode vir a ser anômalo para alguma teoria da área, sem que isso represente uma ameaça. Segundo o autor,

a experiência nos ensina que às vezes são necessários muitos ajustes intrateóricos para que um problema possa ser resolvido de maneira convincente. [Entretanto] se depois de repetidos esforços, a teoria permanecer incapaz de explicar a anomalia, ela passará a se revelar um incômodo epistêmico. É por essa razão, aliás, que as chamadas experiências cruciais – concebidas para determinar a escolha entre teorias concorrentes – raramente são decisivas de imediato. É necessário certo tempo e esforço de reconciliação para que se possa chegar à conclusão de que a teoria não consiga resolver tal problema anômalo. (Laudan, 2011, p. 56)

Kuhn desfere uma crítica a esses experimentos (cruciais) uma vez que representam boas razões para a escolha científica e ilustram o mais eficiente de todos os tipos de argumento à disposição do cientista inseguro em relação a qual de duas teorias seguir (Kuhn, 2011, p. 347).

Como os cientistas escolhem entre teorias rivais quando uma determinada teoria *T* com base em um conjunto de evidências *E* está disponível tanto para ele quanto para outros membros de seu grupo profissional?

Muitos filósofos da ciência têm defendido a ausência de regras ou critérios capazes de ditar a escolha entre teorias rivais. Na ausência de algoritmos neutros para a escolha de teorias, Kuhn argumenta que se pode dizer que quem toma a decisão efetiva é antes a comunidade de especialistas do que seus membros

⁵¹ Por exemplo, se uma teoria for a única conhecida em determinado campo, pode haver dúzias de casos “de refutação”, e provavelmente nenhum deles será de importância decisiva. Dessa maneira, Laudan conclui que “avaliar a importância de qualquer problema aparentemente anômalo é algo que deve ser feito no contexto das outras teorias concorrentes naquela área” (Laudan, 2011, pp. 53-54). De acordo com essa perspectiva, Kuhn reitera que rejeitar um paradigma sem simultaneamente substituí-lo por outro é rejeitar a própria ciência (Kuhn, 2007, p. 109).

individuais (Kuhn, 2007, p. 248). No posfácio de “A Estrutura das Revoluções Científicas” e mais profundamente em um artigo intitulado “Objetividade, juízo de valor e escolha de teoria”, Kuhn argumenta que as razões para a escolha entre teorias rivais funcionam como *valores* (Kuhn, 2011, p. 344). Dessa maneira, o juízo que leva os cientistas a rejeitarem uma teoria previamente aceita baseia-se em algo mais do que a comparação da teoria com o mundo. Decidir rejeitar uma teoria ou paradigma é sempre decidir aceitar outro, e o juízo que conduz essa decisão envolve a comparação de ambos os paradigmas com a natureza, bem como sua comparação mútua (Kuhn, 2007, p. 108).

Ao refletir sobre as características de uma boa teoria científica, Kuhn seleciona cinco dentre uma variedade de respostas, não porque sejam abrangentes, mas porque são individualmente importantes e, do ponto de vista coletivo, suficientemente variadas para indicar o que está em questão. A saber: *precisão, consistência, abrangência, simplicidade e fecundidade*. O autor nos explica que essas características constituem critérios usuais para avaliação e adequação de teorias. Além disso, reconhecer que esses critérios funcionam como valores, contribui para entender aspectos do comportamento científico que, por muito tempo, foram considerados anômalos ou irracionais (Kuhn, 2011, pp. 341-351).

Todavia, o autor reconhece ao menos duas classes de dificuldades enfrentadas por aqueles que se utilizam desses critérios para escolher entre teorias rivais. Analisando-os separadamente, tais critérios podem tornar-se imprecisos, e tomados em conjunto, por sua vez, tornam-se conflitantes (Kuhn, 2011, p. 341).

O debate histórico sobre os sistemas copernicano e ptolomaico ilustra bem as dificuldades identificadas por Thomas Kuhn em sua análise⁵². Consideremos, por exemplo, o critério *precisão*. Provavelmente um dos critérios mais importantes e mais próximos do que se poderia considerar decisivo para a escolha de teorias, sobretudo por seu poder preditivo e explicativo. O modelo heliocêntrico proposto por Copérnico não apresentava maior conformidade com as observações que o modelo

⁵² Frequentemente se afirma que se a ciência grega tivesse sido menos dedutiva e menos dogmática, a astronomia heliocêntrica poderia ter iniciado seu desenvolvimento muitos séculos antes. Mas isso equivale a ignorar todo o contexto histórico. Quando o modelo de Aristarco foi proposto, o sistema geocêntrico, que era muito mais razoável do que o heliocêntrico, não apresentava qualquer problema que pudesse ser solucionado por esse último. Mesmo a versão mais elaborada de Copérnico não era nem mais simples e nem mais acurada que o sistema de Ptolomeu (Kuhn, 2007, p. 104). Desse modo, do século II até o início do século XVI, o sistema geocêntrico de Ptolomeu, sustentado pela física de Aristóteles foi o grande paradigma da astronomia na Europa Ocidental.

geocêntrico de Ptolomeu. A *simplicidade*, em certa medida, favorecia a teoria copernicana, pois esta requer apenas uma circunferência por planeta e a ptolomaica duas. Analisando a *consistência*, tanto o modelo de Ptolomeu quanto do de Copérnico eram dotados de consistência interna, apesar de relacionarem-se com teorias de outros campos de maneira diferente. Assim, tomado de maneira isolada e considerando os conhecimentos físicos disponíveis na época, o critério da consistência favoreceria o modelo geocêntrico (Kuhn, 2011, pp. 314-343).

Mais recentemente, Hugh Lacey procura explorar uma abordagem que analisa a racionalidade em termos de um conjunto de valores (valores cognitivos), e não em termos de um conjunto de regras. Aproxima-se, no entanto de Kuhn ao propor que os juízos científicos são feitos por meio do diálogo entre os membros da comunidade científica (Lacey, 2008, p. 83).

As teorias científicas são, é claro, formuladas, transformadas, transmitidas e avaliadas no decorrer de práticas científicas, as quais incluem a atividade de agentes inseridos em instituições sociais e, assim, envolvem a expressão de vários valores, além dos valores cognitivos [...]. A análise da racionalidade em termos de valores cognitivos permite-nos reconhecer que as discordâncias na comunidade científica são consistentes com a razoabilidade de suas práticas. (Lacey, 2008, p. 84-86)

Lacey apresenta uma lista de valores cognitivos semelhante à de Thomas Kuhn, que, na história das ciências, desempenharam algum papel na escolha de teorias: *Adequação empírica, consistência, simplicidade, fecundidade, poder explicativo e certeza*. A seguinte lista elaborada por Hugh Lacey a partir de uma grande variedade de fontes indica os valores cognitivos que desempenham (ou desempenharam ao longo da história da ciência) algum papel na escolha de teorias (Lacey, 2008, pp. 84-86):

1) *Adequação empírica* – A teoria “ajusta-se” aos dados disponíveis? Mostra ter poder preditivo em relação a eles? É empiricamente testável? É falseável? É altamente vulnerável ao falseamento? A sua relação com as outras teorias pode ser articulada em termos de regras indutivas? E isso de tal modo que seus postulados não contenham termos “hipotéticos”? É rica em conteúdo informacional sobre uma série significativa (e crescente) de fenômenos empíricos? (Bueno, 1999 *apud* Lacey, 2008, pp. 84-85).

2) *Consistência* – a) No interior da própria teoria; b) Com outras teorias aceitas; c) Com as concepções dominantes sobre a natureza em geral do objeto de investigação (paradigmas, programas de pesquisa, tradições de pesquisa);

3) *Simplicidade* – a) Harmonia, elegância, parcimônia e economia; b) Clareza conceitual; clareza e distinção, capacidade de ser formalizada, inteligibilidade; c) Ausência de aspectos ad hoc, coerência; d) Eficiência no uso;

4) *Fecundidade* – a) Da origem a novas questões; b) Desencadeia novos programas de pesquisa; c) Ocasiona a descoberta de novos fenômenos (predição); d) Soluciona quebra-cabeças (Kuhn); e) Antecipa novas possibilidades; f) Utilidade prática e tecnológica;

5) *Poder explicativo* – a) Fornece explicações para os fenômenos numa ampla extensão de domínios (Bhaskar, 1986 *apud* Lacey, 2008, p. 86); b) Unifica uma classe diversificada de fenômenos; c) Fornece acesso às leis, processos e estruturas subjacentes aos fenômenos; d) Explica todos os aspectos e dimensões, todas as causas e efeitos dos fenômenos; e) Possibilita a construção de uma narrativa que ofereça uma explicação do que é infundado e do que não é nas teorias predecessoras;

6) *Verdade; certeza* – a) Verdade conhecida acerca dos princípios fundamentais; b) Necessidade, auto-evidência, indiscutibilidade, caráter a priori; c) A estrutura dedutiva da teoria; e) Verossimilitude (no sentido popperiano);

Hugh Lacey esclarece que os valores cognitivos (qualidades e relações das teorias científicas e dos dados empíricos) não devem ser confundidos com as “virtudes científicas”, qualidades dos cientistas que são supostamente fomentadas por e dependentes das práticas científicas; por exemplo, objetividade, distanciamento, integridade, honestidade, razoabilidade, submissão à evidência etc. (Lacey, 2008, p. 86).

Parte da vantagem em explicar a racionalidade científica em termos de valores cognitivos, em vez de regras indutivas, está em ganhar certa flexibilidade e abertura a interpretações controvertidas. Isso significa que a ordenação, ponderação e interpretação de valores específicos podem variar com o pesquisador, o momento ou o contexto. Desse modo, uma teoria é escolhida quando há consenso na comunidade, sustentado ao longo de extensa discussão crítica (Lacey, 2008, p. 233).

Lacey acrescenta que um valor cognitivo deve satisfazer a duas condições. Primeiramente deve ser necessário para a escolha de teorias e, além disso, sua significação cognitiva ou racional deve ser bem sustentada. Dessa maneira, a racionalidade da escolha de teorias na ciência deriva-se não de regras ou algoritmos, mas do uso de um conjunto de valores cognitivos. Nesse ponto parece claro que tanto valores pessoais e morais, assim como valores sociais e éticos podem influenciar um indivíduo ou comunidade científica, mas apenas os valores cognitivos legitimam a escolha entre teorias rivais (Lacey, 2008, pp. 15-16).

Em meio a uma controvérsia científica existem muitos fatores que merecem alguma explicação. Thomas Kuhn e Hugh Lacey mostraram que existem critérios em que cientistas podem basear seu julgamento. É importante que tenha ficado explícito que tais critérios funcionam como valores (e valores cognitivos, segundo Lacey) e não como regras. Entretanto, não são suficientes, por si só, para determinar as decisões de cada cientista. Já vimos que, diante de teorias rivais, “cientistas podem fazer escolhas diferentes, mesmo utilizando o mesmo conjunto de critérios” (Kuhn, 2011, p. 343). A escolha de teorias também pode ser fortemente influenciada por questões de personalidade, por exemplo.

Alguns cientistas valorizam mais do que outros a originalidade, e por isso são mais propensos a assumir riscos. Alguns cientistas preferem teorias mais abrangentes e unificadas a soluções exatas e detalhadas de problemas, mas de abrangência aparentemente menor [...]. Meu argumento, portanto, é que toda escolha individual entre teorias rivais depende de uma mescla de fatores objetivos e subjetivos, ou de critérios compartilhados e individuais. (Kuhn, 2011, p. 344)

Quando se leva em conta os aspectos da personalidade do cientista é preciso considerar seriamente questões como a idade do pesquisador ou, mais precisamente, seu tempo de pesquisa, além do reconhecimento que possui na área. Também importa avaliar quanto de seu trabalho depende de conceitos e técnicas contestados ou corroborados pela nova teoria.

Assim, por exemplo, quando Needham apresentou os resultados de seus experimentos, supôs ter encontrado evidências favoráveis ao aparecimento espontâneo de animálculos nas infusões. Além disso, procurou explicar que o fenômeno ocorria porque haveria uma “força produtiva” na natureza que ele chamou de “força” ou “poder vegetativo”. Needham contou com o apoio de um dos mais eminentes naturalistas do século XVIII, o francês Georges-Louis Leclerc, o conde de

Buffon (1707 – 1788), pois sua interpretação se harmonizava com a “teoria das moléculas orgânicas” do naturalista francês⁵³. Nesse caso, não se pode menosprezar o fato de que o rápido sucesso da publicação do trabalho de John Needham guarda relação com essa parceria com Buffon.

Concordamos com Kuhn quando este afirma que as escolhas que os cientistas fazem entre teorias rivais dependem não apenas de critérios compartilhados (ou objetivos), mas também de fatores idiossincráticos relacionados à biografia e à personalidade individual, ou seja, fatores subjetivos (Kuhn, 2011, p. 349). Desse modo, os critérios de escolha funcionam não como regras que determinam a escolha, mas como valores (cognitivos) que a influenciam.

3.4 Como as controvérsias científicas são resolvidas?

Diante das características das controvérsias discutidas até aqui é possível perceber que a solução diante de um debate, bem como a escolha entre teorias rivais, não é algo trivial. Esse é um dos pontos fundamentais em qualquer análise das controvérsias científicas. O modo pelo qual as controvérsias científicas são resolvidas fornece uma resposta a como se desenvolve a dinâmica científica em momentos de conflito, bem como entre os papéis do conhecimento e juízos de valor, na caracterização das contendas.

Engelhardt & Caplan (1987) utilizam o termo *closure* para indicar a conclusão, encerramento ou a resolução de uma controvérsia. De acordo com Jordi Valverú, dois dos problemas fundamentais no estudo sobre como as controvérsias são resolvidas consistem em saber: a) quando a controvérsia foi realmente finalizada (em virtude dos diversos agentes que interagem na contenda) e b) qual (se é que existe) o procedimento que assegura que a resolução tenha sido aceita pelos participantes da contenda (Valverdú, 2005, p. 34).

Ernan McMullin propõe uma divisão centrada fundamentalmente em aspectos epistêmicos e não-epistêmicos. Segundo McMullin, as controvérsias podem ser resolvidas de três maneiras fundamentais: *Resolução*, *Encerramento* e *Abandono* (McMullin, 1987, p. 77).

⁵³ Buffon acreditava que, na ocasião da morte de um animal, suas *moléculas orgânicas* continuavam a existir, podendo constituir indivíduos mais simples do aquele do qual se originaram. Para Buffon, os glóbulos móveis observados por Needham tinham se originado das moléculas orgânicas do carneiro que Needham preparou as infusões (Martins, 2007, p. 28).

Resolução, a controvérsia é resolvida quando se alcança um acordo sobre o mérito do caso. Os próprios participantes ou a comunidade científica são os responsáveis por julgar se a controvérsia foi resolvida. Os fatores envolvidos na resolução satisfatória são necessariamente epistêmicos (McMullin, 1987, p. 77).

Encerramento, nem todas as controvérsias científicas terminam em resolução. Fatores não-epistêmicos podem desempenhar um papel importante no encerramento de uma controvérsia: fatores como a autoridade do Estado, a perda de uma bolsa de pesquisa, ou a ociosidade de um polemista. A lista de possibilidades é virtualmente infinita, uma vez que o término da controvérsia envolve decisões humanas de maneira essencial, a variedade de fatores não-epistêmicos que podem afetar essa decisão não tem limites (McMullin, 1987, p. 78).

Abandono, uma solução possível para o encerramento das controvérsias é quando elas simplesmente desaparecem. Os protagonistas da controvérsia podem falecer ou envelhecer, perdendo o interesse e abandonando o debate. Tais controvérsias não podem ser consideradas resolvidas, simplesmente porque não foram encerradas definitivamente. No entanto, com o passar do tempo, uma controvérsia abandonada pode vir a ser implicitamente resolvida quando uma nova evidência se torna disponível ou novas teorias são formuladas (McMullin, 1987, p. 81).

Os modelos propostos por McMullin são demasiadamente simples, ainda que úteis como uma maneira de introdução ao estudo das controvérsias.

Tom Beauchamp (1987) oferece um modelo que nos parece mais completo, conforme detalhado à seguir. Para Beauchamp existem cinco maneiras para solução de controvérsias científicas: i) *Encerramento por argumento sólido* (*Sound argument closure*); ii) *Encerramento por consenso* (*Consensus closure*); iii) *Encerramento processual* (*Procedural closure*); iv) *Encerramento por morte natural* (*Natural death closure*) e v) *Encerramento por negociação* (*Negotiation closure*).

i) *Encerramento por argumento sólido*: ocorre se, e somente se, uma posição correta foi alcançada em um contexto da controvérsia, tornando assim as visões da oposição incorretas (Beauchamp, 1987, p. 28). Essa categoria retoma a ideia de *encerramento por resolução* racional de McMullin. Dentro dessa visão, podemos entender a atividade científica de duas formas: a-histórica e histórica. Não

é possível compreender a natureza da ciência sem considerar os aspectos culturais intrínsecos à própria racionalidade científica.

ii) *Encerramento por consenso*: ocorre se, e somente se, um consenso foi alcançado, em um contexto da controvérsia por de um meio diferente de conclusão com um argumento sólido ou alguma forma de procedimento ou de negociação, de que alguma posição é melhor e que os pontos de vista da oposição estão incorretos (Beauchamp, 1987, p. 30). É importante não confundir consenso com negociação. Dentro desse contexto, consenso consiste ao mesmo tempo em reconhecimento as diretrizes e dos conjuntos de crenças originados “fora” das controvérsias, mas que podem conduzir ao encerramento das mesmas.

iii) *Encerramento processual*: ocorre se, e somente se, a controvérsia é denunciada formalmente por esforços processualmente governados para acabar com a discussão sustentada que caracteriza a controvérsia (Beauchamp, 1987, pp. 30-31).

iv) *Encerramento por morte natural*: ocorre se, e somente se, a controvérsia chegou ao fim através de uma morte gradual natural, por desaparecimento ou por causa do desinteresse das partes envolvidas (Beauchamp, 1987, p. 32). Esta categoria equivale ao *encerramento por abandono* proposta por McMullin.

v) *Encerramento por negociação*: ocorre se, e somente se, a controvérsia é resolvida através de uma resolução intencionalmente organizada e moralmente inquestionável, aceitável para os diretores na controvérsia (Beauchamp, 1987, p. 33). Trata-se de um “pacto” arbitrário, ainda que se produza em um contexto de conhecimento especializado.

Essas alternativas nos parecem convergir com Valverdú quando este explica que pelo fato de as controvérsias científicas se desenvolverem a partir de perspectivas múltiplas e que contemplam a participação de grande quantidade de agentes, o encerramento das controvérsias implica uma grande diversidade de possibilidades (Valverdu, 2005, p. 36), e as decisões são influências, essencialmente, por valores subjetivos e aspectos não-epistêmicos.

Após analisar o episódio histórico entre Needham e Spallanzani a respeito da geração dos seres vivos é possível que este possa ser definido como uma controvérsia científica, conforme caracteriza McMullin, uma vez que as discussões

sobre o tema em questão tornaram-se públicas e houve intensa participação da comunidade de pesquisadores da época.

Needham e Spallanzani realizaram séries de experimentos e os resultados obtidos foram interpretados com base em concepções epistemológicas distintas. Embora ambos afirmassem manter uma postura imparcial diante do debate, tanto Needham como Spallanzani procuraram sustentar concepções antagônicas para o problema da geração dos seres microscópicos. Tanto a epigênese quanto a pré-formação, quando analisadas de maneira isolada, apresentavam soluções cognitivamente válidas para o problema em questão, isto é, os dois sistemas forneciam explicações plausíveis para interpretar os experimentos. Entretanto, quando comparados um com o outro, os respectivos sistemas de geração eram dotados de pressupostos teóricos incompatíveis.

Após percorrer os caminhos que conduziram Needham e Spallanzani ao centro da controvérsia, é possível identificar algumas das propriedades epistêmicas que Marcelo Dascal confere às controvérsias científicas.

Dentre elas, destacam-se a *mudança de tópico*, uma vez que a controvérsia não permaneceu confinada às questões ou aos problemas que inicialmente as deflagram. Quando Needham publicou os resultados de suas observações em parceria com o conde Buffon, seus objetivos principais eram fornecer uma nova formulação para a epigênese. Lazzaro Spallanzani, por sua vez, realizou um exame crítico das ideias desses dois naturalistas, e procurou interpretar seus resultados experimentais com base na concepção pré-formacionista. Foi somente a partir do século XIX, quando a controvérsia epigênese *versus* pré-formação estava superada, que o *Saggio di osservazioni microscopiche* foi lido como uma “rigorosa falsificação experimental da doutrina da geração espontânea” (Castellani, 2001, p. 32). No século XIX, o debate sobre a geração dos seres vivos ganhou novos desdobramentos e ficou conhecido como a controvérsia entre Biogênese e Abiogênese.

Outra característica das controvérsias científicas discutida por Dascal, também se manifesta no caso em questão. Houve um *questionamento generalizado* de ambos os lados da contenda, uma vez que a expansão da problemática incluiu o questionamento dos pressupostos fatuais (surgimento ou não surgimento de animálculos nas infusões), metodológicos (tempo de fervura ou modo de fechar os

frascos) e conceituais (força vegetativa, propriedades do ar) de seus adversários. Questões de interpretação estiveram presentes em todos os níveis da controvérsia, elas são percebidas como contendo em si pressuposições distintas (germes presentes na matéria infusa, nas paredes dos frascos, no ar do interior dos frascos) e mal-entendidos (na visão de Needham, Spallanzani teria tomado a sua ideia de “força vegetativa” como semelhante à de “causa vegetativa” de Aristóteles).

Além disso, observa-se em diversas passagens das publicações aqui analisadas algo que Dascal denominou *racionalidade soft* ou persuasão racional. Needham e Spallanzani utilizaram modos de argumentação que vão além dos que permite a lógica dedutiva ou indutiva. Ambos procuraram persuadir seu oponente à aceitação do sistema de geração ao qual queriam defender. Um exemplo dessa característica é a estrutura argumentativa presente no texto do *Saggio di osservazioni microscopiche*. Conforme foi discutido no capítulo anterior, Spallanzani omitiu inteiramente o percurso real de suas observações. Essa constatação somente é conhecida dos historiadores por meio da análise dos diários de laboratório de Spallanzani.

Quanto ao encerramento do debate Needham-Spallanzani pode-se dizer que não houve um acordo final a respeito da origem dos animálculos que surgiam nas infusões. Needham manteve sua crença de que na matéria residia uma força vegetativa capaz de produzir os animálculos a partir da decomposição. Spallanzani, por sua vez, concluiu que a força vegetativa de Needham era uma “quimera” e não passava de especulação. Na verdade, após a publicação dos *Opuscoli*, em 1776, John Needham parece retirar-se do debate, ou julga não haver necessidade de fornecer uma resposta formal à Spallanzani. Nesse caso, o fechamento da controvérsia se enquadra no modelo de *encerramento por abandono* de Ernan McMullin, ou seja, quando os protagonistas da contenda vêm a falecer ou simplesmente perdem o interesse pelo debate. Esse modelo para o encerramento das controvérsias aproxima-se em grande medida ao *Encerramento por morte natural* de Tom Beauchamp. É importante enfatizar que nesses dois casos, as controvérsias não podem ser consideradas resolvidas, simplesmente porque não foram encerradas definitivamente. De fato, os sistemas defendidos por Needham e Spallanzani, epigênese e pré-formação, respectivamente, foram abandonados no final do Setecentos. Entretanto, o debate sobre a geração espontânea não terminou

naquele século, apesar de Lazzaro Spallanzani considerar ter fornecido evidências experimentais suficientes para encerrar a controvérsia. No século XIX o tema voltou a ganhar destaque entre a comunidade científica da época, e foi protagonizado por Félix Pouchet e Louis Pasteur. Mesmo nesse momento, a controvérsia não foi encerrada, uma vez que outros pesquisadores continuaram investigando o tema.

Capítulo 4 Controvérsias científicas e História da Ciência: Implicações e desafios para o Ensino de Ciências

Uma História da Ciência que não leve em consideração o papel das polêmicas na formação, evolução e avaliação das teorias científicas não é apenas incompleta como igualmente incapaz de reconstruir e compreender o progresso do próprio conhecimento científico.

Marcelo Dascal

Este capítulo pretende discutir aspectos do uso da história e filosofia da ciência no ensino, dando destaque às controvérsias científicas. Um ensino de ciências que valorize o papel das controvérsias que permeiam a história da ciência pode contribuir para minimizar a visão deformada do trabalho científico, conforme será discutido adiante, além de permitir que aspectos essenciais da Natureza da Ciência (NdC) sejam explicitados. Inicialmente, será feita uma breve apresentação do desenvolvimento da área.

Nos últimos anos, a importância concedida à alfabetização científica como objetivo educacional tem sido ressaltada num grande número de trabalhos de investigação, apresentados em congressos sobre Educação e Ciência e publicados em livros e periódicos, tanto no Brasil quanto no exterior. Desse modo, a crescente importância atribuída à educação científica exige um estudo atento sobre como conseguir tal objetivo, e ainda, quais os obstáculos que se opõem à sua execução. Dentro desse contexto, uma das linhas de pesquisa que ganhou relevância nas últimas décadas é a da utilização da História e Filosofia da Ciência (HFC) para o ensino-aprendizagem dos conteúdos científicos. Essa expansão ocorreu tanto no âmbito das pesquisas inseridas primariamente na área de História e Filosofia das Ciências (HFC) como daquelas realizadas na área de Ensino de Ciências.

De acordo com Michael Matthews, as tentativas de aproximação entre HFC e ensino são oportunas considerando-se a amplamente documentada crise do ensino contemporâneo de ciências (Matthews, 1995, p. 165). A partir de 1970 aumentou significativamente o interesse pelo que se tem denominado ensino histórico-contextual das ciências tanto no Ensino Básico, quanto no Ensino Superior:

Trata-se de uma tendência que explora as componentes históricas, filosóficas, sociais e culturais da ciência por meio de enfoques e abordagens variadas, na tentativa de promover uma formação que supere a demarcação entre o ensino dos conteúdos científicos e o de seus contextos de produção. (Prestes e Caldeira, 2009, p. 2)

Dentro dessa tendência histórico-contextual, as autoras supracitadas destacaram dois momentos distintos identificados por Richard Duschl nas propostas de inclusão da HFC nos currículos científicos da segunda metade do século XX. Michael Matthews analisou esses casos como fazendo parte de duas vertentes. Uma delas ele denominou “abordagem inclusiva” (“*add-on approach*”). Trata-se da introdução de episódios históricos específicos (ou “estudos de caso” de História da Ciência) em unidades de um curso de ciências padrão, não-histórico. Esta perspectiva parece ter ganho espaço, em parte, devido às dificuldades encontradas pela abordagem anterior, característica dos anos 1950 e 1960, que Matthews denominou “integrada” (“*integrated approach*”), na qual a perspectiva histórica seria utilizada como linha condutora de todo conteúdo científico a ser trabalhado com os estudantes em um dado programa de curso (Prestes e Caldeira, 2009). Nesse caso, cada conceito seria tratado segundo suas origens e transformações, bem como cada método ou prática seria analisado conforme seu desenvolvimento histórico (Matthews, 1994, p. 70).

O mesmo Michael Matthews é responsável pela emergência e consolidação de um dos grupos de pesquisa mais representativo dessa tendência, *The International History, Philosophy and Science Teaching Group*. Desde 1989, organiza conferências bianuais gerais, alternadas com encontros regionais ou temáticos, como, por exemplo, o *1st Latin American Conference of the International History, Philosophy, and Science Teaching Group* (IHPST-LA), em Maresias, São Paulo, de 12 a 14 de agosto de 2010 (Silva e Prestes, 2012). O grupo está associado ao periódico *Science & Education* responsável pelo fortalecimento dessa tradição de pesquisa.

Nos anos 1990, começou a se formar no Brasil uma comunidade de pesquisadores voltados especialmente a interface História da Ciência e Ensino. Em 2006, foi fundada a Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia (ABFHiB) que, desde o início, se mostrou preocupada em promover o uso de episódios da história e da filosofia da biologia por meio de artigos de pesquisa e

traduções de fontes primárias divulgados em suas publicações, o *Boletim de História e Filosofia da Biologia* e o periódico *Filosofia e História da Biologia*. A publicação de traduções de trechos de obras importantes da história da biologia objetiva a disponibilização de um acervo de material instrucional para ser usado por professores da escola básica e superior. Em 2008, a ABFHiB organizou o *I Encontro Temático da ABFHiB* visando a utilização da História da Biologia no Ensino Médio. Este evento, promovido pela ABFHiB, com apoio da Universidade Presbiteriana Mackenzie (Centro de Ciências Biológicas e da Saúde; Curso de Biologia), teve o objetivo de propiciar discussões e proporcionar condições para uma publicação contendo textos referentes à história da biologia que pudessem ser utilizados por estudantes e professores no ensino médio. A publicação que se seguiu a esse evento, constituindo o volume 4 de *Filosofia e História da Biologia*, pretendeu ser uma primeira resposta da ABFHiB à carência de material sobre história da biologia que pudesse ser utilizado por professores em sala de aula e para seu próprio estudo.

Ao mesmo tempo, a Associação Brasileira de Ensino de Biologia (SBEnBio), criada em 1997, tem por finalidade promover o desenvolvimento do ensino de biologia e da pesquisa em ensino de biologia entre profissionais deste campo de conhecimento. Em seus encontros e publicações, abre espaço para pesquisas voltadas a interface entre HFC e Ensino.

Além dos exemplos dessas duas sociedades especificamente voltadas à área das ciências biológicas, outras como a Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC), fundada em 1997, tem por finalidade promover, divulgar e socializar a pesquisa em Educação em Ciências, por meio da realização de encontros de pesquisa e de escolas de formação de pesquisadores, da publicação de boletins, anais e revistas científicas, bem como atuar como órgão representante da comunidade de pesquisadores em Educação em Ciências junto a entidades nacionais e internacionais de educação, pesquisa e fomento. Como intuito de atingir seus objetivos, a ABRAPEC realiza periodicamente encontros nacionais de pesquisa em educação em ciências (ENPECs) e, entre outras atividades, destaca-se também a publicação da "Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências – RBPEC.

Entre diversos livros publicados recentemente sobre ensino de ciências, destacam-se algumas publicações inteiramente voltadas ao uso da HFC na educação. Em 2002, *Epistemologia e ensino de ciências*, organizado por Waldomiro José da Silva Filho; em 2005, *Filosofia e História da Ciência: contribuições para o ensino de ciências*, organizado por Ana Maria de Andrade Caldeira e João José Caluzi; em 2006, o livro organizado por Cibelle Celestino *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*; em 2012, livro intitulado *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*, organizado por Luiz O. Q. Peduzzi, André Ferrer P. Martins e Juliana Mesquita Hidalgo Ferreira. Tratam-se de publicações que reúnem contribuições de historiadores da ciência, filósofos da ciência e educadores interessados no uso da História e da Filosofia da Ciência no Ensino.

4.1 História e Filosofia da Ciência no Ensino: contribuições e desafios

A importância da HFC para uma educação científica que ultrapasse o limite da mera transmissão dos conteúdos tem sido frequentemente apontada na literatura (Matthews, 1995; Gil-Pérez *et al*, 2001; R. Martins, 1990 E 2006; El-Hani, 2006; A. Martins, 2007;). A crise contemporânea que atravessa o ensino de ciências no Brasil e no mundo contribui para que haja uma maior atenção sobre as abordagens histórico-contextuais. Michael Matthews argumenta que a abordagem histórica da ciência pode, de modo geral:

Humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; pode tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, desse modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; pode contribuir para um entendimento mais integral da matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do “mar de falta de significação” que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; pode melhorar a formação de professores auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas. (Matthews, 1995, p. 165)

De acordo com Roberto de Andrade Martins, o estudo adequado de alguns episódios históricos permite perceber o processo social (coletivo) e gradativo de construção do conhecimento, permitindo formar uma visão mais concreta da

natureza da ciência (NdC), seus procedimentos e suas limitações, contribuindo para a formação de um espírito crítico e desmitificação do conhecimento científico, sem no entanto negar seu valor (Martins, 2006, p. xviii). Segundo o autor, a História e Filosofia das Ciências apresenta uma visão a respeito da natureza da pesquisa e do desenvolvimento científico que não costumamos encontrar no estudo didático dos resultados científicos:

Os livros científicos didáticos enfatizam os resultados aos quais a ciência chegou – as teorias e conceitos que aceitamos, as técnicas de análise que utilizamos – mas não costumam apresentar alguns outros aspectos da ciência. De que modo as teorias e os conceitos se desenvolvem? Como os cientistas trabalham? Quais as ideias que não aceitamos hoje em dia e que eram aceitas no passado? Quais as relações entre ciência, filosofia e religião? Qual a relação entre o desenvolvimento do pensamento científico e outros desenvolvimentos históricos que ocorreram na mesma época? (Martins, 2006, p. xvii)

Os conteúdos destinados à educação científica costumam ser organizados com o objetivo de familiarizar rapidamente o estudante com a estrutura conceitual de um determinado campo do saber. Como consequência, destaca Delizoicov (2006), apenas os resultados de todo um processo de produção do conhecimento são apresentados aos estudantes, onde as incertezas, as controvérsias e as disputas presentes na prática científica acabam ficando ausentes da sala de aula (Delizoicov, 2006). A simplificação dos conteúdos bem como sua descontextualização histórica pode comprometer a compreensão da natureza do conhecimento científico, apresentando uma visão deformada da ciência⁵⁴.

Nesse sentido, a presente dissertação pretende contribuir para superar ou ao menos minimizar esse panorama é uma abordagem que valorize o papel das controvérsias científicas.

Parece evidente que a abordagem da HFC aplicada ao ensino permite, entre outras coisas, associar os conhecimentos científicos com os problemas que

⁵⁴ André Ferrer Martins relata que a organização dos currículos e a “pressão” exercida pelos vestibulares são outro fator que dificulta a utilização da HFC no ensino. “Os alunos sentem-se amarrados a uma lista de conteúdos presente nos livros didáticos e assumida pelas escolas, quase sempre visando ao vestibular. Ainda que essa pressão pelo cumprimento de um programa preestabelecido seja mais forte na rede privada, ela atinge também aqueles que atuam na rede pública, como sabemos. Os livros e os vestibulares representam, há muito tempo, protótipos para os currículos de Ciências nas escolas de nível médio. Em virtude de tudo isso, [professores e estudantes] acabam por considerar a possibilidade de se trabalhar a HFC como algo *exterior* aos currículos existentes, ou seja, que precisaria ser contemplado em algum horário extra. Nesse sentido, surge outro obstáculo, o pouco tempo disponível para isso” (Martins, 2007, p. 122).

originaram sua construção, sem o que tais construções apresentam-se como construções arbitrárias. Além disso, de acordo com Gil-Pérez e Ana Maria Pessoa de Carvalho,

Uma abordagem histórica mostra que a Ciência é um trabalho de homens e mulheres que, como qualquer outra atividade humana, não tem lugar à margem da sociedade em que vivemos e se vê diretamente afetado pelos problemas e circunstâncias do momento histórico, do mesmo modo que sua ação tem uma clara influência sobre o meio físico e social em que se insere. (Gil-Pérez e Carvalho, 2001)

Apesar do conhecimento quase consensual sobre a necessidade da abordagem histórica dos conteúdos de ciências, “falta ainda um maior número de estudos que possibilitem uma avaliação sobre como esta perspectiva histórica tem sido efetivamente trabalhada em sala de aula” (Carneiro & Gastal, 2005, p. 38). Um dos problemas relacionados a essa aproximação está em *qual* História da Ciência deveria integrar os currículos escolares (Porto e Vidal, 2007). Dentro desse contexto, as controvérsias científicas surgem como um elemento de análise valioso para aplicação da História da Ciência no Ensino, tendo em vista o grande número de contendas que permeiam a História da Ciência.

Além disso, embora sejam fortes os argumentos em favor da utilização da HFC no ensino, muitos obstáculos e dificuldades se impõem aos seus objetivos. Dentre os principais obstáculos a serem superados, encontram-se com frequência na literatura especializada os problemas trazidos pela *pseudo-história* (Allchin, 2004), os relatos anacrônicos e a questão da formação dos professores (Forato, Martins e Pietrocola, 2012), entre outros.

É importante destacar que a utilização da HFC no ensino não deve ser feita apenas para ilustrar as aulas ou como mera motivação para os estudantes, sob o risco de produzir distorções na imagem científica⁵⁵. Reconstruções históricas desse tipo normalmente “destacam fatos encadeados linearmente, desconsiderando rupturas, debates, controvérsias, ideias alternativas e qualquer elemento do contexto cultural que não reforce as ideias que se pretende enfatizar” (Forato, Martins e Pietrocola, 2009, p. 3). Segundo os autores, essas narrativas levam o aluno a crer

⁵⁵ A história da ciência, enfatiza Martins (2006), não pode substituir o ensino comum das ciências, mas pode complementá-lo de várias formas, pois permite uma compreensão mais ampla sobre as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade, mostrando que a ciência faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano, sofrendo influências e influenciando por sua vez muitos aspectos da sociedade (Martins, 2006, pp. xvii e xviii).

numa ciência que evolui infalivelmente, guiada por um método universal e desvinculada de qualquer influência social ou humana (Forato, Martins e Pietrocola, 2009, p. 4). Essas não devem ser as noções de NdC que se espera atingir com o uso de HFC no ensino. Allchin (2004) exemplifica diversos desses problemas e classifica essas interpretações distorcidas como *pseudo-história*.

É comum que os relatos históricos sejam abordados de forma inadequada, apresentando erros factuais ou deficiências de contextualização. Essas deficiências podem gerar uma visão equivocada não só da ciência, como da vida dos personagens históricos envolvidos com o processo científico. (Allchin, 2004, p. 185)

Em outra publicação, Forato, Martins e Pietrocola também destacam os problemas e riscos trazidos pelas abordagens anacrônicas sobre os processos de construção das ciências, tais como a pseudo-história, ainda presentes no ambiente escolar e social dos estudantes (Forato, Martins e Pietrocola, 2012, p. 123). Não se trata aqui apenas da mera inclusão de HC como outro item do programa escolar, mas trata-se de uma incorporação mais abrangente de temas HFC nos programas e currículos de ciências. Conforme Michael Matthews,

A maior atenção a esses itens favorece a compreensão de que a história, a filosofia e a sociologia da ciência contribuem para uma compreensão maior, mais rica e mais abrangente das questões neles formuladas. Os tão difundidos programas de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), tanto nas escolas como nas universidades, representam uma abertura importantíssima para as contribuições histórico-filosóficas para o ensino de ciências. (Matthews, 1995, pp. 165-166)

Dentro desse contexto, André Ferrer Martins explica que apesar do maior enfoque que os conteúdos de HFC tem recebido, a simples consideração de elementos históricos e filosóficos na formação inicial de professores das áreas científicas, ainda que feita com qualidade, não garante a inserção desses conhecimentos nas salas de aula do ensino básico, tampouco uma reflexão mais aprofundada, por parte dos professores, do papel da HFC para o campo da didática das ciências (Martins, 2007, p. 115).

Ainda assim, a questão da preparação dos professores de ciências é um problema que dificulta a utilização com qualidade da HFC no ensino. Esse não é um tema banal e deve ser encarado com muita seriedade pelas instituições de ensino.

Em uma pesquisa com professores de ciências em Portugal, Pedro Reis considerou que muitos professores evitam a discussão em sala de aula a respeito de

temas de história da ciência, mesmo quando esses temas estão presentes nos currículos escolares (Reis, 2006, p. 68). De acordo com pesquisa empírica realizada pelo autor, o principal fator que pode explicar isso é a falta de conhecimento sobre a natureza da ciência e os aspectos sociológicos, políticos, éticos e econômicos relacionados. Além disso, muitos professores se sentem constrangidos pela extensão e o excesso de conteúdos dos currículos de ciências (Reis, 2006, p. 68). Reis constatou também que muitos professores possuem uma imagem da atividade científica como um empreendimento objetivo e livre de valores. Desse modo, a história da ciência costuma ser tratada apenas como motivação inicial e é apresentada de forma resumida e pouco analítica ou crítica (*Ibid.*).

Sobre esse aspecto, Forato, Martins e Pietrocola advertem que “preparar o professor das ciências para tratar aspectos filosóficos e históricos em sala de aula requer tempo, estratégias e material adequado” (Forato, Martins e Pietrocola, 2012, p. 140).

4.2 Consequências decorrentes das distorções da ciência no ensino

Segundo António Cachapuz e colaboradores (2005), visões empobrecidas e distorcidas criam o desinteresse, quando não a rejeição de muitos estudantes, e se convertem em um obstáculo para a aprendizagem (Cachapuz *et al*, 2005, p. 38).

Daniel Gil-Perez e colaboradores (2001) mostraram que “o ensino – incluindo o ensino universitário – transmite visões empírico-indutivistas da ciência que se distanciam largamente da forma como se constroem e produzem os conhecimentos científicos [...]; essa concepção está associada a um suposto método científico, único, algorítmico, bem definido e quiçá, mesmo, infalível”. (Gil-Pérez *et al*, 2001, p. 126).

Buscando uma aproximação dos aspectos que correspondem à natureza do trabalho científico, os autores refletem sobre o que consideram possíveis deformações que o ensino de ciências poderia (e pode) transmitir. Consequentemente, fazem uma síntese de sete grandes deformações encontradas e tratadas na literatura: 1. Concepção empírico-indutivista e a-teórica; 2. Visão rígida (algorítmica, exata, infalível,...); 3. Visão a-problemática e a-histórica (portanto, dogmática e fechada); 4. Visão exclusivamente analítica; 5. Visão acumulativa de

crescimento linear; 6. Visão indutivista e elitista da ciência; 7. Visão que transmite uma imagem descontextualizada e socialmente neutra da ciência;

É preciso chamar a atenção para o fato de essas visões deformadas não constituírem uma espécie de “sete pecados capitais”[...] Essas concepções aparecem associadas entre si, como expressão de uma imagem global ingênua da ciência que se foi decantando, passando a ser socialmente aceita. (Gil Pérez *et al.* 2001, p. 134)

Ao examinar a representação dominante da ciência, Gérard Fourez (1995) observa que esta se caracteriza por uma visão centrada sobre o inelutável ou o necessário. “A observação examinaria as coisas tais como são, sem que intervenha nenhum fator humano; as leis seriam tiradas dessas observações e depois verificadas por experiências que obedeceriam a uma lógica e uma racionalidade únicas e claras” (Fourez, 1995, p. 91). Todavia, uma análise simples mostra os limites de semelhante representação. Para Fourez (1995), uma abordagem histórica deflagra os limites de uma ciência indutiva, que obedece a uma lógica e uma racionalidade única e clara.

As observações já são construções humanas, os modelos provêm de nossas ideias anteriores, e por meio de uma lógica pragmática e histórica (e não por meio de uma racionalidade necessária) que os cientistas decidem rejeitar ou conservar modelos particulares. (Fourez, 1995, p. 91)

A partir dessa análise, Fourez remete as práticas científicas as suas situações históricas e, com isso, “desmitifica a ciência, pondo em questão a sua universalidade, a sua absolutez e seu caráter quase sagrado [...] mostrando a sua historicidade, essas análises não “denigrem” a ciência, apenas a situam em meio a outras grandes realizações humanas como a arte ou as técnicas” (Fourez, 1995, pp. 91-92).

Embora não seja possível falar em uma “imagem correta”, “verdadeira” ou “real” da construção do conhecimento científico. Gil-Pérez *et al* apontam que existe uma série de elementos-chave que configuram uma imagem da ciência radicalmente oposta a todas as deformações apresentadas acima (Gil-Pérez *et al*, 2001. p. 135).

O primeiro aspecto essencial citado por Gil-Pérez e colaboradores é a recusa da ideia de “Método Científico” como um conjunto de regras perfeitamente definidas a ser aplicada de uma forma mecânica e independentemente do domínio investigado. De acordo com Gil-Pérez e colaboradores, “a expressão (método científico) engana, pois pode induzir a crença de que o método consiste num

conjunto de receitas exaustivas e infalíveis” (Bunge, 1980 *apud* Gil-Pérez *et al*, 2001, p. 136).

Em segundo lugar, os autores destacam a recusa de um empirismo que concebe os conhecimentos como resultados da inferência indutiva a partir de “dados puros” (Gil-Pérez *et al*, 2001, p. 136). Segundo Gérard Fourez (1995), se as observações contêm sempre elementos de interpretação e de teorias, não se vê como se poderia partir de uma observação que seria “o ponto de partida indiscutível da ciência” (Fourez, 1995, p. 44). A observação neutra diante do objeto é uma ficção [...] As proposições empíricas não são “opostas” às proposições teóricas; elas já são proposições teóricas (Fourez, 1995, p. 45).

Em terceiro lugar Gil-Pérez e colaboradores conferem destaque ao papel atribuído pela investigação ao pensamento divergente, que se concretiza em aspectos fundamentais e erradamente relegados para concepções empírico-indutivas, como são a colocação de hipóteses e de modelos ou a própria concepção de experiências (Gil-Pérez *et al*, 2001, p. 136).

Embora a obtenção da evidência experimental em condições bem definidas e controladas ocupe um lugar central na investigação científica, é preciso relativizar o seu papel, pois só tem sentido, insistimos, em relação às hipóteses a comprovar ou a refutar e aos dispositivos concebidos para tal efeito. (Gil-Pérez *et al*, 2001, p. 137)

O quarto aspecto apontado pelos autores é a procura de coerência global, que segundo os autores:

O fato de trabalharmos a partir de hipóteses introduz exigências suplementares de rigor [ou, seja] é preciso duvidar sistematicamente dos resultados obtidos e de todo o processo seguido para os obter, o que conduz a revisões contínuas na tentativa de obter esses mesmos resultados por diferentes caminhos e, muito particularmente, para mostrar coerência com os resultados obtidos noutras situações. (Gil-Pérez *et al*, 2001, p. 136)

E, finalmente, destacam a importância em se compreender o carácter social do desenvolvimento científico.

O trabalho dos homens e mulheres de ciência - como qualquer outra atividade humana - não tem lugar à margem da sociedade em que vivem, mas é, necessariamente, influenciado pelos problemas e circunstâncias do momento histórico, sem que isto faça supor que se caia num relativismo ingênuo incapaz de explicar os êxitos do desenvolvimento científico-tecnológico. Do mesmo modo, a ação dos cientistas tem uma clara influência sobre o meio físico e social em que se insere. (Gil-Pérez *et al*, 2001, p. 134)

A utilização da História da Ciência em cursos científicos constitui uma forma privilegiada para trabalhar as noções de NdC por ampliar a capacidade de reflexão crítica dos estudantes sobre o fazer científico e os produtos da ciência (Martins, 1990). Nesse sentido, uma abordagem da HFC que valorize o papel das controvérsias científicas pode representar uma possibilidade que contribuir para explicitar muitos desses aspectos.

4.3 As controvérsias científicas no ensino

A educação em ciências deve corresponder aos desafios impostos pela sociedade. Na atualidade, as sociedades são marcadas por impactos positivos e negativos das aplicações da ciência e da tecnologia, e as controvérsias científicas correspondem a uma das metodologias possíveis na promoção da alfabetização científica (Hilário e Reis, 2009, p. 169). Segundo os autores, a dinamização e participação dos alunos nas discussões de controvérsias científicas facilitou a apropriação de conhecimento das áreas científicas em análise. Além disso, o contato com uma visão distinta da NdC e das suas interações com a sociedade permite o desenvolvimento de capacidades e atitudes necessárias a uma participação ativa em discussões sobre controvérsias científicas (comunicação, reflexão e argumentação) (*Ibid.*, p. 181). Além disso, a compreensão da NdC e da sua relação com a sociedade e a cultura é considerada um dos eixos fundamentais da alfabetização científica. A esse respeito, pode-se dizer que

[...] numa sociedade democrática, a avaliação pública da Ciência depende de indivíduos capazes de reconhecer o que está em causa numa controvérsia científica, de alcançarem uma opinião informada e de participarem em discussões, debates e processos de tomada de decisão. (Reis, 2001, p. 1)

As questões apresentadas neste capítulo pressupõem a existência de uma discussão histórico-epistemológica que leve à compreensão da complexidade da construção de conhecimentos científicos e sua problematização, a fim de aumentar a consciência do mundo em que vivemos e aptos a compreendê-lo

Nesse sentido, as controvérsias científicas mostram-se particularmente importantes uma vez que oferecem elementos que podem tornar mais efetiva a utilização da HFC no ensino, tendo em vista que conflitos de ideias, contradições e diferenças de ponto de vista são características da ciência que podem contribuir

para minimizar as visões deformadas que estão implícitas na organização dos conteúdos destinados à educação científica.

4.3.1 Controvérsias científicas e a Natureza da Ciência (NdC)

Não é curioso que os nossos processos de ensino de ciência se concentrem mais na capacidade do aluno para responder? Você já viu alguma prova ou exame em que o professor pedisse que o aluno formulasse o problema? O que se testa nos vestibulares, e o que os cursinhos ensinam, não é simplesmente a capacidade para dar respostas? Frequentemente, fracassamos no ensino da ciência porque apresentamos soluções perfeitas para problemas que nunca chegaram a ser formulados e compreendidos pelo aluno.

Rubem Alves

A utilização da História e Filosofia da Ciência (HFC) para fins didáticos tem sido recomendada por documentos oficiais e por autores de diversos países⁵⁶. Dentre os vários benefícios apontados destaca-se o potencial para trabalhar aspectos da Natureza da Ciência (NdC). Não existe uma definição rígida e muitos menos uma lista fechada do que é NdC. A expressão *Natureza da Ciência* refere-se aos fundamentos epistemológicos das atividades da ciência e as características do conhecimento resultante (Lederman, 2007, p. 835). Todavia, existe certo consenso a respeito de que alguns aspectos da NdC são fundamentais no contexto das pesquisas em Ensino de Ciências.

Uma concepção mais complexa da NdC inclui compreender as características da ciência e do conhecimento científico: a natureza empírica da ciência, o conhecimento científico como sujeito a mudança, o significado e papel da teoria na ciência, entre outros (Charles, 2000).

Forato e colaboradores (2012) elaboraram uma lista – a partir documentos oficiais e autores de diversos países – de aspectos da NdC com interesse particular para o ensino de ciências:

a) entender a ciência como uma atividade humana socialmente construída em um contexto cultural de relações humanas, dilemas profissionais e necessidades

⁵⁶ Documentos oficiais de muitos países também reforçam essa necessidade – nos Estados Unidos (projeto 2061), Dinamarca (currículo nacional), Holanda (PLON), Inglaterra e País de Gales (currículo nacional), além da criação de uma revista especializada na Nova Zelândia (*Science & Education*). El-Hani (2006) destaca que esses documentos internacionais de reforma curricular tem dado destaque, nas últimas décadas, à compreensão da NdC como um componente central para alfabetização científica.

econômicas, favorecendo uma compreensão mais ampla de seu papel na sociedade contemporânea;

b) problematizar uma visão exclusivamente empírico-indutivista da construção da ciência;

c) possibilitar certo conhecimento metodológico, permitindo refletir sobre as relações e diferenças entre observação e hipóteses, leis e explicações e, principalmente, resultados experimentais e explicação teórica;

d) compreender os termos que envolvem o debate científico e a ciência como parte de sua cultura envolvendo julgamentos de valor;

e) conhecer não apenas os conteúdos científicos, mas também seus pressupostos e limites de validade postos pelo seu contexto histórico;

f) problematizar os mitos sobre a construção do conhecimento científico revelando crenças, valores, disputas e controvérsias que permeiam a construção da ciência;

g) compreender a ciência como construção humana e sua relação com outros campos do conhecimento, incluindo as diversas manifestações artísticas.

Os autores supracitados lembram que quando se pretende essa compreensão contextualizada do conhecimento científico no tempo, no espaço e em sua relação com outros saberes, é necessário relembrar que a concepção que se tem sobre a ciência estará sempre refletida, explícita ou implicitamente, em todas as iniciativas educacionais que digam respeito a ela, desde a seleção e abordagem de conteúdos, até as metodologias educacionais utilizadas nos processos de ensino e aprendizagem (Forato *et al*, 2012, p. 125).

O conhecimento científico é, muitas vezes, apresentado como um produto pronto, livre de qualquer conotação subjetiva, histórica e social, associado à ideia de um método científico universal. Dentro desse panorama, os conflitos são vistos como algo negativo que devem ser evitados, enquanto a ordem e o consenso são vistos como algo positivo a serem alcançados. Segundo Michael Apple, “pelo fato de o consenso científico ser continuamente demonstrado, não se permite que os estudantes vejam que, sem desacordo e controvérsia, a ciência não progrediria ou progrediria em ritmo muito mais lento” (Apple, 2006, p. 132). Michael Apple enfatiza que a argumentação e contra-argumentação são componentes importantes do

empreendimento científico, e que conflitos e controvérsias não deveriam ser omitidos dos estudantes (*Ibid.* p. 133).

Muitas aulas de ciências, privilegiando a ilustração, verificação e memorização de um corpo de conhecimentos perfeitamente estabelecido, não controverso, apresentam a ciência como um processo objetivo, isento de valores, que conduz a verdades absolutas, inquestionáveis, através da observação rigorosa de regularidades nos fenômenos e do estabelecimento de generalizações. No entanto, a ciência real é bem diferente. Os especialistas entram frequentemente em conflito, pois as controvérsias científicas não podem ser resolvidas simplesmente numa base técnica, uma vez que envolvem hierarquizações de valores, conveniências pessoais, pressões de grupos sociais e económicos, etc. (Reis, 2006, p. 134)

Conforme Nahum Kipnis, na sequência de um debate científico pode-se modificar a compreensão dos estudantes sobre o funcionamento interno da ciência, em particular, uma introdução de uma nova teoria científica e sua relação com a experimentação. Mostrando os resultados científicos como questões passíveis de debate pode tornar a ciência mais parecida com outras atividades humanas que, em princípio, são mais fáceis de compreender, como um debate político ou um processo judicial, por exemplo, e com isso, contribuir para despertar o interesse de alguns alunos pela ciência (Kipnis, 2001, p. 33).

Sobre esse aspecto Pedro Reis salienta que o ensino de ciências raramente conduz os alunos à exploração das limitações da ciência ou a uma análise de suas implicações sociais, económicas e éticas (Reis, 1999, p. 110).

4.3.2 Um breve panorama das pesquisas sobre controvérsias no ensino

Muitos autores concordam que, nas últimas décadas, houve um aumento das pesquisas que procuravam entender a dinâmica das comunidades científicas e a formação e evolução das ideias dessas comunidades (Amador, 2009; Reis, 2009). A análise das controvérsias científicas ganhou destaque neste contexto, pois é mais fácil identificar os fatores epistêmicos e não-epistêmicos sobre o conteúdo do conhecimento em situações de disputa do que nas de consenso.

Estudos que se preocupam em compreender a dinâmica das controvérsias científicas têm ocorrido desde meados da década de 1930. Desde então, a valorização das controvérsias científicas, em termos historiográficos, resultou em novas abordagens da epistemologia e da sociologia da ciência.

A tese intitulada *Science, technology and society in seventeenth-century England* (Ciência, tecnologia e sociedade na Inglaterra do século dezessete) apresentada pelo sociólogo americano Robert King Merton em 1938, é considerada um marco importante para a linha de investigação denominada “História Social da Ciência”. O propósito de seu trabalho é examinar uma série de condições ao mesmo tempo religiosas, profissionais, econômicas e institucionais, suscetíveis de explicar a revolução científica que ocorreu na Inglaterra ao longo do último terço do século XVII. Esse estudo é considerado importante na medida em que fornecia uma resposta sociológica à questão da origem da ciência moderna (Shinn & Ragouet, 2008).

Em termos de História da Ciência houve um aumento do interesse pelo estudo das controvérsias científicas a partir da década de setenta e oitenta. Filomena Amador confere destaque especial para o ano de 1985, quando foram publicadas três obras consideradas seminais neste gênero de análise: *Changing Order* por Harry Collins, *The Great Devonian Controversy* (A Grande Controvérsia do Devoniano) pelo historiador da geologia Martin Rudwick e *Leviathan et la pompe à air* (Leviathan e a bomba de ar) por Steve Shapin e Simon Schaffer. Segundo Amador (2009), em comum este conjunto de obras tem como característica fundamental o fato de assumirem princípios filosóficos e metodológicos que as distinguem de outro tipo de investigações históricas (Amador, 2009, p. 20).

No Brasil, o interesse pelas controvérsias científicas tem se mostrado evidente a partir de trabalhos publicados por Ana Carolina K. Regner sobre controvérsias darwinianas (2008a e 2008b); Lilian Al-Chueyr P. Martins (2007 e 2009) sobre a controvérsia mendeliano-biometricista e a controvérsia entre Louis Pasteur e Félix Pouchet em relação a geração espontânea; Charbel Niño El-Hani (2005 e 2007) sobre a controvérsia envolvendo o conceito de gene e suas implicações para o ensino de genética, e sobre a interface entre controvérsias envolvendo o conceito de adaptação e suas implicações para o ensino de evolução, entre outros autores.

Além dos trabalhos mencionados acima, outros estudos que utilizaram uma perspectiva histórica focada em controvérsias científicas obtiveram resultados satisfatórios quando aplicada em situações de aprendizagem (Reis, 2001; 2003; 2004; 2010; Kipnis, 2001; Paraskevopoulou e Koliopoulos, 2010; Braga, Guerra e

Reis, 2012; Ramos e Silva, 2007). As controvérsias científicas têm sido apontadas como uma possibilidade particularmente interessante para que o professor possa fazer uso da História da Ciência no ensino.

A discussão de questões envolvendo controvérsias científicas em sala de aula tem se mostrado extremamente útil quer na aprendizagem dos conteúdos, dos processos e da natureza da ciência e da tecnologia, quer no desenvolvimento cognitivo, social, político, moral e ético dos alunos (Galvão e Reis, 2008, p. 749). Além disso, essas pesquisas revelaram que existem diferenças fundamentais na maneira como professores e alunos reagem às controvérsias científicas. Segundo Galvão e Reis, os professores que participaram de um estudo sobre discussão de controvérsias científicas em sala de aula possuem uma imagem bastante positiva da ciência e da tecnologia devida, fundamentalmente, ao seu papel como motores de progresso e desenvolvimento social (Galvão e Reis, 2008, p. 765). Eleni Paraskevopoulou e Dimitris Koliopoulos, por outro lado, mostraram que os alunos tiveram dificuldades em compreender os aspectos da Natureza da Ciência (NdC) simplesmente por meio da apresentação de um exemplo histórico ou da realização de atividades científicas, quando não há referência explícita aos aspectos da NdC que eles apresentam (Paraskevopoulou e Koliopoulos, 2010, p. 2).

Khishfe e Lederman (2006), realizaram um estudo que procurava identificar a concepção dos estudantes sobre aspectos da NdC a partir de tópicos controversos. Na primeira etapa da pesquisa, os participantes foram classificados em ingênuos, informados ou em transição; nesta etapa da pesquisa nenhum participante foi classificado como informado para todos os quatro itens analisados. Entretanto, segundo os autores, houve mudança significativa no percentual dos estudantes que apresentaram mudança nas concepções dos aspectos da NdC que foram trabalhos (Khishfe e Lederman, 2006, p. 406).

Essas pesquisas em Ensino de Ciências têm enfatizado a importância de uma compreensão mais adequada da NdC por parte dos alunos [e professores]. Em comum, elas apresentam a preocupação com uma formação que ultrapasse a simples transmissão do conhecimento científico. De um modo geral, todas podem ser incluídas dentro da linha de pesquisa apresentada no início deste capítulo como perspectiva histórico-contextual.

Pedro Reis desenvolveu um estudo em que pretendeu estudar o impacto das controvérsias sócio-científicas recentes, divulgadas pelos meios de comunicação social, nas concepções e práticas de grupo de três professores de Ciências Naturais em início de carreira. De acordo com o autor, uma das principais motivações para esse estudo reveste-se de particular relevância num período marcado, simultaneamente, por fortes discussões relativas ao impacto social e ambiental de várias inovações científicas e tecnológicas e pela implementação de novos currículos de ciências, que realçam a importância da discussão de controvérsias sócio-científicas na alfabetização científica dos alunos (Reis, 2006, p. 131). Nesse sentido, Reis afirma que:

Os debates públicos atuais acerca de propostas científicas com impacto social e dos efeitos negativos de algumas tecnologias sobre o ambiente e a saúde pública são rodeados de incerteza. Pretende-se que os decisores políticos e os cidadãos, em geral, se pronunciem e decidam acerca de assuntos para os quais a ciência não proporciona um conhecimento completamente fiável. Torna-se imprescindível que os alunos compreendam o valor deste conhecimento, independentemente de ser provisório e alvo de contestação. As leis e as teorias da ciência são construções humanas que poderão não contemplar todos os aspectos de uma situação complexa: o conhecimento científico poderá constituir apenas um elemento de um processo de tomada de decisão complexo, envolvendo outros elementos (sociais, económicos, éticos e políticos). (Reis, 2006, p. 133)

Em um trabalho que procurava investigar como a utilização das controvérsias em questões sobre os processos de formação do conhecimento científico poderia contribuir para que alunos pudessem compreender problemas meta-científicos, Durbano, Carvalho e Prestes (2011) observaram que as controvérsias científicas favorecem o entendimento de aspectos da NdC, bem como a utilização da HFC no ensino. Um dos aspectos da NdC que parece tornar-se mais explícito quando se discute questões controversas é o fato do conhecimento científico ser determinado por teorias, uma vez que compromissos, crenças, conhecimentos prévios, treinamento, experiências e expectativas dos cientistas influenciam o seu trabalho. Desse modo, aproxima-se da constatação de Norman Lederman de que “todos esses fatores formam um estado mental que afeta o modo pelo qual conduzem suas investigações, o que eles observam (e o que não observam) e como eles dão sentido ou interpretam suas observações” (Lederman, 2007, p. 834).

A noção de que criatividade e imaginação possuem um papel importante na construção do conhecimento científico também parece tornar-se mais evidente após a discussão de episódios que envolvem controvérsias científicas. As discussões sobre a geração espontânea ilustram essa ideia com clareza. Vimos que tanto Needham quanto Spallanzani precisaram elaborar experimentos criteriosos e introduziram técnicas que foram reconhecidas por seus contemporâneos. Esse mesmo episódio explicita outros aspectos da NdC, como por exemplo o fato do conhecimento científico ser provisório e estar inserido na cultura de cada época.

Para encerrar este capítulo e esta dissertação, cabe observar que contribuições da HFC para o Ensino de Ciências, em todos os níveis, indicam haver uma possibilidade fértil para aproximação dessas diferentes áreas do conhecimento. A abordagem histórico-contextual dos conteúdos científicos por meio da análise dos debates e controvérsias que envolvem os temas científicos representam, entre muitas, uma possibilidade interessante uma vez que permite aos estudantes compreender, além dos conteúdos científicos propriamente ditos, aspectos explícitos da NdC.

Considerações Finais

A concepção de ciência como um produto, um conjunto de teorias e ideias prontas e cujo discurso é terminado, livre de toda conotação subjetiva, histórica e social, está comumente associada à ideia da existência de um método científico único. De acordo com essa perspectiva, os produtos finais da ciência seriam livres de controvérsias. A ciência seria o arquétipo da racionalidade objetiva. Disputas não teriam lugar na ciência, porque na inter-relação estabelecida entre o pesquisador individual que interroga a natureza e as respostas que ela fornece, está inserida a ideia de um método científico universal e, graças ao uso correto desse método não há necessidade de debate ou disputa entre concepções epistemologicamente distintas. Uma vez levantadas as questões e obtidas as respostas, caso surja uma nova controvérsia, o método se encarregaria de suprimi-la. A Ciência, portanto, aparece como consistindo de um diálogo entre um sujeito objetivo e a natureza, um diálogo que segue as normas estritas do “método científico”. Ciência e retórica, nesse contexto, são polos opostos radicalmente distintos, onde a primeira constituiria o paradigma da argumentação racional, e a segunda, o da persuasão.

No ensino tradicional a ciência é retratada como uma atividade extremamente objetiva, coerente, não-problemática, a-histórica e claramente diferente de atividades não-científicas, veiculando um modelo de racionalidade científica que leva os alunos a pensar que existe um método científico universal e infalível que revela, de maneira repetida, única e sem ambiguidades, a verdade sobre os fenômenos da natureza.

Todavia, a atividade científica possui algumas facetas que, na maioria das vezes, é omitida. Allan Chalmers destaca que a atividade científica também é consideravelmente competitiva e conflituosa. A alegada neutralidade e isenção de valores da ciência é percebida como não-autêntica, ideia estimulada pelo fenômeno, cada vez mais comum, do desacordo entre especialistas, em lados opostos de uma discussão politicamente suscetível acerca da substância do fato científico (Chalmers, 1994, p. 11).

Por outro lado, a concepção de ciência que atende sua dimensão como processo, e não apenas como produto, introduz mudanças significativas nesse panorama. Desse modo, a ciência ainda é considerada como um diálogo, mas não entre um sujeito objetivo e a natureza, mas entre os sujeitos e comunidades que participam de atividades científicas. Dentro dessa perspectiva, a retórica assume um papel importante e a controvérsia surge como um elemento central na construção do pensamento científico. Esse tipo de análise que privilegia a retórica e a persuasão, de acordo com Marcello Pera, leva vantagem sobre uma análise de conteúdo, por exemplo, quando duas teorias têm as mesmas consequências observacionais, pois o conteúdo intrínseco das teorias não ajuda a tomar uma decisão objetiva (Pera, 2000, p. 62).

Nesta pesquisa, foi mostrado que controvérsias, debates e disputas podem estar presentes na atividade científica. A história da ciência revela que a questão de decidir entre teorias rivais não é raro, nem é um processo trivial e que não existem regras ou padrões sob os quais os cientistas podem justificar suas escolhas. O que existem são valores (cognitivos) que influenciam as decisões. Todavia, o mesmo conjunto de valores pode conduzir a tomadas de decisões e escolhas diferentes. Quando uma controvérsia científica se desenvolve em função da escolha entre teorias rivais, a comunidade científica adota um determinado paradigma e procura embasar suas pesquisas com base em experimentos e argumentos que visam persuadir seus oponentes e enfraquecer as implicações das teorias rivais. No entanto, defensores de teorias rivais procuram justificar suas escolhas com base em concepções epistemológicas distintas. Isso significa que as controvérsias não podem ser resolvidas simplesmente recorrendo-se a fatos, dados empíricos ou vivências, pois envolve tanto fatos como questões de valor. Desse modo, a dinâmica das controvérsias científicas envolve fatores epistêmicos e não-epistêmicos.

As peculiaridades apresentadas no *Saggio* são um exemplo bem claro dessa ideia, uma vez que o relato nesse livro é indicativo do esforço persuasivo do autor, de modo a fornecer uma apresentação consistente ao sistema de geração dos seres vivos que Spallanzani queria defender.

Episódios históricos que se desenvolvem em torno de controvérsias científicas fornecem elementos de análise valiosos e permitem perceber que a decisão em favor de uma ou outra hipótese são fortemente influenciadas por

questões não-epistêmicas. O conhecimento que emerge de uma controvérsia científica, não é necessariamente melhor ou mais elaborado que o anterior. Nem mesmo segue uma trajetória contínua em que teorias mais simples são substituídas ou incrementadas por outras mais elaboradas. Uma controvérsia científica nem mesmo garante que uma determinada concepção seja abandonada em detrimento de outra, e isso ocorre, segundo Feyerabend, porque os critérios pelos quais as teorias são avaliadas não seguem sempre ou exclusivamente uma ordem lógica ou racional. Algumas controvérsias persistem durante períodos relativamente longos ou podem mesmo ser retomadas após algumas décadas ou séculos, como se deu no caso da geração espontânea.

Uma controvérsia pode começar com um problema específico, porém rapidamente se expande a outros problemas e revela divergências profundas. Estas envolvem tanto atitudes e preferências opostas como desacordos sobre métodos vigentes para solucionar os problemas [...] “Os contendentes acumulam argumentos que creem aumentar o peso de suas posições frente às objeções do adversário, tendendo assim, se não a decidir a questão, pelo menos a inclinar a ‘balança da razão’ a seu favor”(Dascal, 1994 p. 79; Dascal, 2005 p. 19-22).

Compreender uma controvérsia científica exige o exame da natureza das diferenças que separam os proponentes dos dois lados da contenda. É preciso examinar, além dos experimentos e da lógica que os engendra, as técnicas de argumentação persuasiva que se desenvolvem no interior dos grupos que constituem as comunidades científicas de cada época.

Essas ideias, quando aplicadas às interpretações a que chegaram Needham e Spallanzani diante dos resultados obtidos, permitem compreender que ambas as explicações eram aceitáveis naquele período, pois os resultados obtidos por meio de longas séries de experiências foram interpretados com base em concepções epistemológicas distintas. Needham partilhava da concepção epigenética, Spallanzani, do pré-formacionismo. Após analisar os experimentos apresentados por Lazzaro Spallanzani em resposta às objeções de John T. Needham, bem como o contexto em que se desenvolveu a controvérsia, pode-se perceber que ambos eram experimentadores competentes. Needham desenvolveu experimentos inovadores e Spallanzani introduziu análise de novas variáveis, diversificando as séries experimentais. Ambos acreditaram ter fornecido evidências experimentais a seu

favor, e ambos não abandonaram seus sistemas. No sentido kuhniano pode-se dizer que apesar de terem realizado experimentos semelhantes, os resultados foram interpretados com base em paradigmas incomensuráveis. É por isso que nenhum dos dois abandonou seu sistema de geração. Não foi por falta de evidências experimentais, mas porque eles possuíam ideias incompatíveis com os resultados experimentais de seus adversários. Portanto, ainda que os experimentos de Needham e Spallanzani fossem bem concebidos, a controvérsia sobre a geração epigenética ou preformacionista dos seres vivos não se resolveu no século XVIII porque haviam pressupostos teóricos diferentes assumidos pelos dois investigadores – premissas essas que não estavam sendo testadas pelos experimentos executados. Mesmo após as evidências experimentais que um e outro acreditaram ter fornecido, o debate não se encerrou naquele século. A contenda se estendeu ao longo do século XIX, “revivida” mais tarde por Félix Pouchet e Louis Pasteur, sendo que este último costuma ser lembrado por ter realizado uma série de experimentos “brilhantes” que teriam mostrado que a geração espontânea não é possível. Sobre esta questão cabe lembrar que o aparato experimental montado por Louis Pasteur e seus famosos frascos de pescoço-de-cisne seguiu de perto os experimentos de Spallanzani, publicado nos *Opúsculos* em 1776. Além disso, como mencionado anteriormente, é importante reconhecer que a controvérsia sobre a geração espontânea não foi resolvida nem mesmo com Pasteur, pois outros pesquisadores continuaram se dedicando ao tema, como o médico escocês Charlton Bastian (1837-1915) (Martins, 2009, p. 96).

Controvérsias científicas podem ser analisadas sob diferentes perspectivas e embora seja possível criar categorias que facilitem a compreensão e o estudo de episódios que envolvam controvérsias, elas não podem ser tomadas de modo rígido, uma vez que controvérsias exibem propriedades epistêmicas e não epistêmicas e não ficam restritas aos problemas que as deflagram.

Quando refletimos sobre as implicações das controvérsias no ensino de biologia, percebemos que estas possuem um grande potencial, uma vez que permitem expor o modo como a ciência funciona, revelando componentes não-epistêmicos mais evidentes em situações de conflito do que nas de consenso, contribuindo para uma melhor compreensão de aspectos da Natureza da Ciência (NdC).

A partir do estudo de episódios históricos como o que foi aqui tratado, pode-se perceber que a ciência não é uma atividade isolada, praticada por uma minoria de “gênios”. Além disso, ao mostrar que o conhecimento científico não é construído por meio de uma sequência de aquisições contínuas e lineares, o ensino de ciências sob a ótica das controvérsias sugere aos estudantes que a versão normalmente apresentada pelos livros didáticos não é, necessariamente, a verdade última sobre o assunto estudado. Permite que o estudante perceba que é possível haver diferentes interpretações em relação aos resultados de um experimento, e que nem sempre os pesquisadores adotam uma posição neutra ao desenvolver seus experimentos.

Entretanto, é importante esclarecer que essas características da atividade científica, por exemplo, quando cientistas assumem interpretações diferentes diante de resultados semelhantes, não devem ser entendidas e nem implicam em um relativismo cognitivo. Diante dessa situação, muitos estudantes poderiam entender a atividade científica como destituída de valor. Entretanto, as decisões dos cientistas envolvidos em controvérsias científicas não são arbitrárias, visto que os critérios para julgar os méritos das teorias dependerão dos valores cognitivos ou dos interesses do indivíduo ou da comunidade.

Desse modo, a crítica de Feyerabend às tentativas de codificar a racionalidade científica mediante certo conjunto de regras metodológicas que guiam a atividade científica pode ajudar a compreensão de que, a partir de evidências históricas, as preferências por certos padrões de investigação, por certos valores cognitivos variam com o tempo e dependem do contexto considerado. E mais do que isso, os juízos científicos, sua validade e autoridade dependem da prática estabelecida no interior de uma comunidade.

Referências Bibliográficas

- AMADOR, Filomena. As controvérsias científicas na História da Ciência. *Revista de Estudos Universitários* (REU), Sorocaba-SP, v. 35, n. 2, Pp. 17-31, 2009.
- ALLCHIN, Douglas. Pseudohistory and Pseudoscience. *Science & Education*, v. 13. Pp. 179–195, 2004.
- APPLE, Michael W. *Ideologia e Currículo*. 3º ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- ARISTOTLE; *The Complete Works of Aristotle*. The Revised Oxford Translation. Volume 1. Princeton University Press. Bollingen series LXXI 2, 1984.
- BEAUCHAMP, Tom L. Ethical theory and the problem of closure. Pp. 27-48. in: ENGELHARDT Jr., H. Tristram; CAPLAN, Arthur L. *Scientific Controversy: Case studies in the resolution and closure of disputes in Science and technology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- BERNARDI, Walter; Spallanzani e il dibattito italiano sulla generazione. Pp. 201-211. in: *Lazzaro Spallanzani e la biologia del Settecento. Teorie, esperimenti, istituzioni scientifiche*. Atti del convegno di studi. Vol. XXII. Firenze: Leo S. Olschki Editore, 1982.
- BOWLER, Peter; Preformation and Pre-Existence in the Seventeenth Century: A Brief Analysis. *Journal of the History of Biology*, v. 4, n. 2, Pp. 221-244, 1971. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/4330559>. Acesso: 01/07/2011.
- BRASIL; *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+EM) - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, 2003.
- BUTTERFIELD, Herbert. *The whig interpretation of history*. London: G. Bell, 1931.
- BRAGA, Marco. GUERRA, Andreia. REIS, José Claudio. The role of historical-philosophical controversies in teaching sciences: the debate between Biot and Ampère. *Science & Education* (Dordrecht). v. 21, Pp. 921-934, 2012.
- BUFFON, *Histoire naturelle générale et particulière: avec la description du Cabinet du Roy*. Paris: Impr. Royale, 1749. Tome Premier. 612 p. Paris: Numérisation Électronique de la Bibliothèque nationale de France, 1995. Disponível em: <http://www.buffon.cnrs.fr/ice/modules/ice2pdf/pdf/extraitPDF31-01-2013_22-57-02.pdf> Acesso em: 12/10/2011
- CACHAPUZ, António; GIL-PÉREZ, Daniel; CARVALHO, Ana Maria Pessoa de; PRAIA, João; VILCHES, Amparo; *A Necessária Renovação no Ensino das Ciências*. São Paulo: Cortez, 2005.
- CALDEIRA, Ana Maria de Andrada. CALUZI João José (Org.). *Filosofia e História da Ciência: contribuições para o ensino de ciência*. 1 ed. Ribeirão Preto: Kayrós, 2005.

- CARNEIRO, Maria Helena da Silva; Gastal, Maria Lúcia. História e Filosofia das Ciências no Ensino de Biologia. *Ciência & Educação*, v. 11, n.1, Pp. 33-39, 2005.
- CASOLARI, Antonio; *Spallanzani e Pasteur: La teoria della generazione spontanea è stata confutata da Spallanzani, non da Pasteur*. Collana di Storia della Scienza, 2007.
- CASTAÑEDA, Luzia Aurélia; História natural e as ideias de reprodução e herança no século XVIII: Buffon e Bonnet. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, v. 2, n. 2, Pp. 33-50, 1995.
- CASTELANI, Carlo; *Un itinerario culturale: Lazzaro Spallanzani*. Firenze: Olschki, 2001.
- _____. Introduzione. In: SPALLANZANI, Lazzaro. *Opere scelte di Lazzaro Spallanzani*. A cura di Carlo Castellani. Torino: Unione Tipografico-Editrice Torinese, 1978. Pp. 9-55.
- CHALMERS, Alan F. *O que é Ciência Afinal?* Trad. Raul Fiker: 7ª reimpressão. São Paulo: Brasiliense, 1993.
- _____. *A Fabricação da Ciência*. São Paulo: Editora Unesp, 1994.
- CHARLES, Joseph Eick. Inquiry, Nature of Science, and Evolution: The Need for a More Complex Pedagogical Content Knowledge in Science Teaching. *Electronic Journal of Science Education*, v. 4, n. 3, 2000. Disponível em: <<http://wolfweb.unr.edu/homepage/crowther/ejse/eick.html>>. Acesso em: 25 jan. 2010.
- CZUBAROFF, Jeanine; The public dimension of scientific controversies. *Argumentation* 11: 51–74, 1997.
- DASCAL, Marcelo. Epistemologia, Controvérsias e Pragmática. *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, n. 12, Pp. 73 – 98, 1994.
- _____. A dialética na construção coletiva do saber científico. pp. 15 – 31 in: REGNER, Anna Carolina K; ROHDEN, Luiz (Org); *A Filosofia e a Ciência redesenham horizontes*. São Leopoldo, RS: Editora Unisinos, 2005.
- _____. Compreendendo as controvérsias. Pp. 301-313 in: DASCAL, Marcelo; *Interpretação e Compreensão*. São Leopoldo – RS: Editora Unisinos – Coleção Filosofia e Ciência, 2006.
- DELIZOICOV, Nadir Castilho; Ensino do sistema sanguíneo humano: a dimensão histórico-epistemológica. Pp. 265-286 in: SILVA, Cibelle Celestino (org). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.
- DURBANO, João Paulo Di Monaco.; CARVALHO, Eduardo Crevelário de.; PRESTES, Maria Elice. B. Controvérsias Científicas Como Recurso Para

Discutir O Papel Da Subjetividade Na Ciência. In: *V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia e IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências*. Londrina, 2011.

EL-HANI, Charbel Niño; *Controvérsias sobre o Conceito de Gene e suas Implicações para o Ensino de Genética*. in: V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 2005. *Anais...* Bauru: ABRAPEC, 2006.

_____. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. pp. 3-21, in: SILVA, Cibelle Celestino (org). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

ENGELHARDT Jr., H. Tristram; CAPLAN, Arthur L ; Patterns of controversy and closure: the interplay of knowledge, values, and political factors. Pp. 1-23. in: ENGELHARDT Jr., H. Tristram; CAPLAN, Arthur L. *Scientific Controversy: Case studies in the resolution and closure of disputes in Science and technology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

FARLEY, John; The Spontaneous Generation Controversy (1700-1860): The Origin of Parasitic Worms. *Journal of the History of Biology*, v. 5, n. 1, Pp. 95-125, 1972. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/4330570>. Acesso em: 07/10/2010.

FEYERABEND, Paul K. *Contra o Método*. São Paulo: Editora UNESP, 2007.

_____. *Contra o Método*. Tradução de Octanny S. da Mota e Lonidas Hegenberg. Rio de Janeiro: F. Alves, 1977.

_____. *Adeus à Razão*. São Paulo: Editora UNESP, 2010.

FORATO, Thais Cyrino de Mello; MARTINS, Roberto de Andrade. PIETROCOLA, Maurício. Prescrições historiográficas e saberes escolares: alguns desafios e riscos. VII Enpec – Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Florianópolis, 2009. ISSN: 21766940

_____. Enfrentando obstáculos na transposição didática da história da ciência para a sala de aula. Pp. 123-154. in: PEDUZZI, Luiz O. Q.; MARTINS, André Ferrer P.; FERREIRA, Juliana Mesquita Hidalgo (Org.). *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*. Natal: EDUFRRN, 2012.

FOUREZ. Gérard; *A Construção das Ciências: Introdução à Filosofia e à Ética das Ciências* [tradução de Luiz Paulo Rouanet]. São Paulo: Editora UNESP, 1995.

GALVÃO, Cecília; REIS, Pedro; Os professores de Ciências Naturais e a discussão de controvérsias sociocientíficas: dois casos distintos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. v. 7, n. 3, Pp. 746-772, 2008.

- GIL-PÉREZ, Daniel; CACHAPUZ, Antonio; MONTORO, Isabel Fernández; PRAIA, João; ALÍS, Jaime Carrascosa; Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, v. 7, n.2, Pp.125-153, 2001.
- GIL-PÉREZ, Daniel. CARVALHO, Anna M. Pessoa de. *Formação de Professores de Ciências*. 6º edição. São Paulo: Cortez, 2001.
- HELLMAN, Hal; Voltaire contra Needham: A controvérsia sobre a geração. Pp. 91-110. *in: Grandes debates da ciência: dez das maiores contendas de todos os tempos*. São Paulo: Editora UNESP, 1999.
- HENRY, John; *A Revolução Científica e as Origens da Ciência Moderna*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.
- HILÁRIO, Tereza; REIS, Pedro Rocha dos; Potencialidades e limitações de sessões de discussão de controvérsias sociocientíficas como contributos para a literacia científica. *Revista de Estudos Universitários (REU)*, Sorocaba, SP, v. 35, n. 2, Pp. 167-183, 2009.
- JACOB, François; *A lógica da vida: uma história da hereditariedade*. Rio de Janeiro: Graal, 1983.
- JAPIASSÚ, Hilton; MARCONDES, Danilo; *Dicionário Básico de Filosofia*. 3º Ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.
- JENSEN, Gerda Maisa & PRESTES, Maria Elice Brzezinski. Regnier de Graaf e a descoberta dos ovos feminos. *Boletim de História e Filosofia da Biologia* v. 5, n. 4, Pp. 15-20, 2011. Disponível em: <<http://www.abfhib.org/Boletim/Boletim-HFB-05-n4-Dez-2011.pdf>>. Acesso em 08/10/2012.
- KHISHFE, Rola; LEDERMAN, Norman; Teaching Nature of Science within a Controversial Topic: Integrated versus Nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*. v. 43, n. 4, Pp. 395–418, 2006.
- KIPNIS, Nahum; Scientific Controversies in Teaching Science: The Case of Volta. *Science & Education*. v. 10, n. 1-2, Pp. 33–49, 2001.
- KITCHER, Philip; Patterns of scientific controversies. pp. 40-50. *In: MACHAMER, Peter; PERA, Marcello; BALTAS, Aristides (editors). Scientific Controversies: Philosophical and Historical Perspectives*. New York, Oxford. Oxford University Press, 2000.
- KUHN, Thomas S.; *A Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo: Perspectiva, 2007.
- _____. Objetividade, juízo de valor e escolha de teoria. pp. 339-360. *in: A Tensão Essencial: estudos selecionados sobre a tradição e a mudança científica*. São Paulo: Editora UNESP, 2011.
- LACEY, H. *Valores e atividade científica I*. 2º ed. – São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia/Editora 34, 2008.

- LACEY, H. Relações entre fatos e valores. *Cadernos de Ciências Humanas*. v. 9, n. 16, Pp. 251-266, 2006.
- LAUDAN, Larry. *O progresso e seus problemas: rumo a uma teoria do conhecimento científico*. São Paulo: Editora Unesp. 2011.
- LEDERMAN, Norman G. Nature of Science: Past, Present, and Future. Pp. 831-880. In: ABELL, Sandra K.; LEDERMAN, Norman G. (Ed.). *Handbook of research on science education*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2007.
- MARTINS, André Ferrer P. *História e filosofia da ciência no ensino: Há muitas pedras nesse caminho...* Caderno Brasileiro de Ensino Física, v. 24, n. 1, Pp. 112-131, abr. 2007.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira; MARTINS, Roberto de Andrade; Geração espontânea: dois pontos de vista. *Perspicillum*. v. 3, n. 1, Pp. 5-32, 1989.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira; *A teoria da progressão dos animais de Lamarck*. Rio de Janeiro: Booklink; São Paulo: FAPESP: GHTEC/UNICAMP, 2007.
- _____. História da Ciência: objetos, métodos e problemas, v. 11, n. 2, Pp. 305-317, 2005
- _____. Pasteur e a geração espontânea: uma história equivocada. in: *Filosofia e História da Biologia*. v. 4, Pp. 65-100. Campinas-SP: ABFHIB; São Paulo: FAPESP; Rio de Janeiro: Booklink, 2009.
- _____. Aristóteles e a geração espontânea. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*. [série 2] v. 2, n. 2, Pp. 213-37, 1990.
- MARTINS, Roberto de Andrade. Sobre O Papel da História da Ciência no Ensino. *Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro, RJ, n. 9, Pp. 3-5, 1990.
- _____. A história das ciências e seus usos na educação. pp. xxi-xxxiv, in: SILVA, Cibelle Celestino (ed.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física, 2006.
- _____. Seria possível uma história da ciência totalmente neutra, sem qualquer aspecto whig? *Boletim de História e Filosofia da Biologia*. v. 4, n. 3, Pp. 4-7, set. 2010. Versão online disponível em: <<http://www.abfhib.org/Boletim/Boletim-HFB-04-n3-Set-2009.pdf>>. Acesso em 21/01/2012.
- MATTEWS, Michael R. Science teaching: the role of history and philosophy of science. New York: Routledge, 1994.
- _____. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 12, n. 3, Pp. 164-214, 1995.

- MAUPERTUIS, Pierre-Louis Moreau de. *Vênus Física*, 1745. Tradução Maurício de Carvalho Ramos. *Scientiae Studia – Revista Latino-Americana de Filosofia e História da Ciência*. São Paulo, v. 3, n. 1, Pp. 103-148, 2005.
- MCMULLIN, Ernan. Scientific controversy and its termination. P. 49-92. in: ENGELHARDT Jr., H. Tristram; CAPLAN, Arthur L. *Scientific Controversy: Case studies in the resolution and closure of disputes in Science and technology*. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.
- NARASIMHAN, M. G. Controversy in science. *Journal of Biosciences*. v. 26, n. 3, Pp. 299-304. 2001.
- MONTALENTI, Giuseppe; Spallanzani nella polemica fra vitalisti e meccanicisti. pp. 3-16. in: *Lazzaro Spallanzani e la biologia del Settecento. Teorie, esperimenti, istituzioni scientifiche*. Atti del convegno di studi. Vol. XXII. Firenze: Leo S. Olschki Editore, 1982.
- NEEDHAM, John Turberville. *Observations upon the generation, composition, and decomposition of animals and vegetables substances*, London, [s.e.], 1749.
- NEEDHAM, John Turberville 1769 (Ver Spallanzani, 1769).
- PARASKEVOPOULOU, Eleni; KOLIOPOULOS, Dimitris; Teaching the Nature of Science Through the Millikan-Ehrenhaft Dispute. *Science & Education*, v. 20, n. 10, Pp. 943-960, 2010.
- PEDUZZI, Luiz O. Q.; MARTINS, André Ferrer P.; FERREIRA, Juliana Mesquita Hidalgo (Org.). *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*. Natal: EDUFRN, 2012.
- PERA, Marcello; Rhetoric and Scientific Controversies. Pp. 50-66. in: MACHAMER, Peter; PERA, Marcello; BALTAS, Aristides (editors). *Scientific Controversies: Philosophical and Historical Perspectives*. New York, Oxford. Oxford University Press, 2000.
- PINTO-CORREIA, Clara. *O ovário de Eva: a origem da vida*. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- PRESTES, Maria Elice Brzezinski; *A biologia experimental de Lazzaro Spallanzani (1729-1799)*. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2003.
- _____. Parâmetros Metodológicos da Pesquisa de Lazzaro Spallanzani. *Circumscribere. International Journal for the History of Science*. v. 2, Pp. 26-33, 2007.
- _____. Definição e classificação de “insetos” por René-Antoine Ferchault de Réaumur. *Filosofia e História da Biologia*, v. 3, Pp. 263-284, 2008.

- PRESTES, Maria Elice Brzezinski. CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. *Filosofia e História da Biologia*. v. 4, 2009.
- PRESTES, Maria Elice Brzezinski; JENSEN, Gerda Maísa. Lazzaro Spallanzani e o debate sobre a ocorrência de fósseis de organismos marinhos sobre as montanhas (1). *Boletim de História e Filosofia da Biologia*. v. 3, n. 4, Pp. 4-8, dez. 2009. Versão online disponível em: <<http://www.abfhib.org/Boletim/Boletim-HFB-03-n4-Dez-2009.pdf>>. Acesso em 03/12/2012.
- PRESTES, Maria Elice Brzezinski; MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira; História da Biologia e Ensino: Needham, Spallanzani e a Geração Espontânea. p. 80-91. in: CALDEIRA, Ana Maria de Andrade; ARAÚJO, Elaine S. Nicolini Nabuco de (Org.); *Introdução à Didática da Biologia*. São Paulo: Escrituras, 2010.
- RAMOS, Mariana B.; SILVA, Henrique César da. Discutindo controvérsias científicas em sala de aula sob o enfoque ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. I Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra, 2007.
- RAMOS, Maurício de Carvalho; *A geração dos corpos organizados em Maupertuis*. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia: Editora 34, 2009.
- REDI, Francesco; Esperienze intorno alla Generazione degl' Insetti, Pp. 77-208, 1688. in: *Opere di Francesco Redi: Opusculi di Storia Naturale di Francesco Redi*. Firenze: 1858.
- REGNER, Ana Carolina Krebs Pereira; Controvérsias darwinianas. p. 46-46 in: VI Encuentro de AFHIC, 2008, Montevideo. *VI Encuentro AFHIC - Congreso Internacional de la Asociación de Filosofía e historia de la Ciencia del Cono Sur* - Programa y Libro de resúmenes. Montevideo : AFHIC, 2008a.
- _____. Controvérsias filosóficas darwinianas. . p. 79-80 In: *XIII Encontro Nacional de Filosofia da ANPOF*, 2008, Canela, RS. Livro de Atas. Canela, RS : Editora da UNISINOS, 2008b.
- Reis, P.; O ensino das ciências através da discussão de controvérsias: realidade ou ficção? in: B. D. Silva e L. S. Almeida (Org.), *Actas do VI Congresso Galaico-Português de Psicopedagogia* (pp. 367-379). Braga: Centro de Estudos em Educação e Psicologia da Universidade do Minho, 2001.
- _____. Os professores e a controvérsia em ciências. in A. Neto, J. Nico, J.C. Chouriço, P. Costa & P. Mendes (Eds.), *Didáticas e metodologias da educação: Percursos e desafios* (Pp. 723-731). Évora: Universidade de Évora, Departamento de Pedagogia e Educação, 2003.
- _____. *Controvérsias sócio-científicas: Discutir ou não discutir? Percursos de aprendizagem na disciplina de Ciências da Terra e da Vida*. Lisboa: Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Tese de doutoramento, 2004.

- _____. Uma Iniciativa de desenvolvimento profissional para a discussão de controvérsias sociocientíficas em sala de aula. *Revista Interações*. n. 4, Pp. 64-107, 2006. Disponível em: <<http://nonio.eses.pt/interaccoes/artigos/D4.pdf>> Acesso em: 20/04/2010.
- _____. Ciência e controvérsia. Editorial. *Revista de Estudos Universitários (REU)*, Sorocaba-SP, v. 35, n. 2, Pp. 09-15, 2009.
- ROE, Shirley A. John Turberville Needham and the Generation of Living Organisms. *Isis*, v. 74, n. 2, Pp. 158-184, 1983. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/233101>. Acesso em: 27/10/2010.
- _____. Voltaire Versus Needham: Atheism, Materialism, and the Generation of Life. *Journal of the History of Ideas*, v. 46, n. 1, Pp. 65-87, 1985. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2709776> Acesso em: 17/11/2010.
- RUESTOW, Edward G.; Leeuwenhoek and the campaign against spontaneous generation. *Journal of the History of Biology*. v. 17, n. 2, Pp. 225-248, 1984.
- SILVA, Cibelle Celestino (org). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.
- SHINN, Terry; RAGOUET, Pascal; *Controvérsias sobre a Ciência*. (tradução de Pablo Rubén Mariconda; Sylvia Gemignani) São Paulo: Associação Filosófica Scientia Studia: Editora 34, 2008.
- SPALLANZANI, Lazzaro. *Dissertationi due dell'Abate Spallanzani. Saggio di osservazioni microscopiche concernenti il sistema della generazione dei Signori di Needham, e Buffon. De Lapidibus ab aqua resilientibus Dissertatio*. Modena: Eridi Bart. Soliani, 1765.
- _____. *Opuscoli di fisica animale e vegetabile dell' abate Spallanzani*; aggiuntevi alcune lettere relative ad essi Opuscoli dal celebre Signor Carlo Bonnet di Ginevra, e da altri scritte all'autore. Modena: Società Tipografica, 1776. 2 v.
- _____. *Edizione nazionale delle opere di Lazzaro Spallanzani*. Parte quarta: Opere edite direttamente dall'autore. Volume primo (1760-1768). Ed. por Pericle Di Pietro. Modena: Mucchi, 1996. 260 p.
- _____. _____. Parte quarta: Opere edite direttamente dall'autore. Volume III (1776-1779). Unito: Secondo Supplemento Carteggi. Modena: Mucchi, 1998. 342 p.
- _____. *Nouvelles recherches sur les découvertes microscopiques, et la génération des corps organisés. Ouvrage traduit de l'italien de M. l'abbé Spallanzani par M. l'abbé Regley [...] Avec des notes, des recherches physiques et métaphysiques sur la nature et la religion, et une nouvelle théorie de la terre. Par M. de Needham*, Londres, Paris, chez Lacombe, 1769. Disponível em: <http://archive.org/details/nouvellesrecherc00spal>. Acesso em: 03/07/2011.

STEFANI, Marta. *Corruzione e generazione: John T. Needham e l'origine del vivente*. Firenze: Olschki, 2002.

TREMBLEY, Abraham. *Mémoires pour servir à l'histoire d'un genre de polypes d'eau douce, à bras en forme de cornes*, par A. Trembley, de la Société Roïale. Leide: Jean & Herman Verbeek, 1744. In-4º. XV, 13 plates, 324p.

VALVERDÚ, Jordi; ¿Como finalizan las controversia? Um nuevo modelo de análisis: La controvertida historia de la sacarina. *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad – CTS*. Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior Buenos Aires, Argentina. v. 02, n. 5. Pp. 19-50, 2005.

VIDAL, Paulo Henrique Oliveira; PORTO, Paulo Alves. Investigando a história da ciência presente em dois livros didáticos de química do ensino médio. 30ª *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. 2007.

SILVA FILHO, Waldomiro José da (Org.). *Epistemologia e ensino de ciências*. Salvador: Arcadia, 2002.